



# MESTRADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre  
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais  
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

## AVALIAÇÃO DE RISCO DE CHEIAS NO RIO DOURO

Rita Sofia Baldaia Alves

**Orientador:** Professor Doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)  
**Coorientador:** Professora Doutora Jaqueline Castelo Branco da Silva (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)  
**Arguente:** Professor Doutor Paulo Antero Alves de Oliveira (Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Politécnico do Porto)  
**Presidente do Júri:** Professor Mário Augusto Pires Vaz (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

2022



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt    ISN: 3599\*654



Telefone: +351 22 508 14 00



Fax: +351 22 508 14 40



URL: <http://www.fe.up.pt>



Correio Electrónico: [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)



## **AGRADECIMENTOS**

O fim do meu percurso académico não podia ter acontecido sem o apoio de quem me acompanhou e esteve ao meu lado. Assim, dirijo o meu sincero agradecimento:

Ao Professor Baptista por se ter disponibilizado para me acompanhar neste trabalho e por todas as suas contribuições.

À Professora Jaqueline, por todo o tempo despendido, todo o feedback e palavras de apoio.

A todos os professores do DEM pelos conhecimentos transmitidos ao longo do meu percurso académico.

A todos os meus colegas de Minas que me acompanharam ao longo desta jornada, em especial à Ana Rita e ao Tiago que partilharam comigo este momento e ao João por todo o seu apoio.

Ao GEM-FEUP, que me ajudou a crescer como estudante para além das aulas.

Aos meus pais por todo o apoio incondicional e por serem pessoas inalcançáveis que estiveram comigo nos piores e melhores momentos.

À Mia e à Bunny, por me terem acompanhado todos os anos da minha vida académica (sem nunca deixarem de me aquecer o colo).

À Sofia, a minha mana, que já me atura há longos anos e que contribuiu para o meu trabalho. As coisas lamechas deixo para os nossos postais.

Ao Miguel, por se ter sentado ao meu lado naquele jantar de curso e ao meu lado ter permanecido desde então. Por todos os momentos que já vivemos e por todos aqueles que ainda viveremos.



## **DESTAQUES**

1. Revisão de literatura acerca das técnicas de análise de risco de cheias fluviais.
2. Revisão de literatura acerca das principais medidas de emergência em caso de cheias.
3. Perspetiva dos riscos naturais sobre uma ótica de segurança ocupacional.
4. Validação de índice de risco que tem em conta quer a suscetibilidade física, quer a vulnerabilidade social do rio Douro.
5. Protocolo de atuação interno para uso ocupacional em caso de emergência provocada por cheias fluviais.

## **HIGHLIGHTS**

1. Literature review of fluvial flood risk analysis techniques.
2. Literature review of the main emergency measures applied during fluvial flooding.
3. Occupational Safety perspective over natural risks.
4. Validation of a risk index that includes physical susceptibility and social vulnerability of the Douro River.
5. Development of a protocol for occupational use in the event of emergency caused by fluvial flooding.



## RESUMO

As cheias fluviais são um dos riscos naturais que mais danos causam globalmente e em particular na Europa. Em Portugal, as cheias são um fenómeno recorrente associado a episódios meteorológicos, sendo as bacias hidrográficas de grandes rios as mais afetadas. É o caso do Rio Douro. Este rio, devido às suas características, apresenta ao longo do seu percurso zonas críticas que são mais suscetíveis a cheias capazes de causar grandes impactos na envolvente. A jusante da Barragem de Lever-Crestuma, o rio Douro corre numa zona envolvida num contexto urbano com pouca capacidade de drenagem natural e com elevada população. Nesse sentido, as avaliações de risco são importantes para se perceber o risco real ao qual estão expostas as empresas e população. Existe um grande número de empresas que veem os seus trabalhadores afetados sempre que existe uma cheia fluvial. Em caso de emergência, os trabalhadores das empresas têm os riscos profissionais agravados, uma vez que são eles que fazem a evacuação dos equipamentos e proteção do seu local de trabalho, em tarefas fora da sua rotina diária. Deste modo, os principais objetivos desta dissertação são a utilização de uma técnica de análise de risco que tenha em conta não só as suscetibilidades físicas do local, como também a vulnerabilidade da população afetada e o desenvolvimento de um protocolo que possa ser utilizado pelas empresas para proteção dos seus trabalhadores em caso de emergência. Para isso foi utilizado um software de Sistema de Informação Geográfica (o QGIS) para avaliação do índice de risco e foram consultados documentos para auxílio na elaboração de um Protocolo de Atuação Interno com aplicação nas empresas afetadas pelas cheias do rio Douro. Das doze zonas consideradas para avaliação do nível de risco, constatou-se que a maioria destas apresentam um grau de risco intermédio, sendo que existem quatro que apresentam um nível de risco elevado e uma apresenta risco baixo. O Protocolo de Atuação Interno conta com diferentes procedimentos para serem realizados antes, durante e após a cheia e representa uma inovação na atuação de emergência a nível ocupacional. A utilização de uma técnica de análise de risco que contempla a vulnerabilidade de uma população é um contributo para uma limitação encontrada na literatura e a elaboração do Protocolo de Atuação Interno representa um avanço para a gestão de riscos naturais em contexto ocupacional.

**Palavras-chave:** Avaliação de Riscos, Cheia Fluvial, Emergência, Segurança Ocupacional



## ABSTRACT

Fluvial floods are one of the natural hazards that cause the most damage globally and particularly in Europe. In Portugal, floods are a recurrent phenomenon associated with meteorological phenomena, with the hydrographic basins of large rivers being the most affected, as is the case of the Douro River. This river, due to its characteristics, presents critical areas along its course that are more susceptible to floods capable of causing major impacts on the surroundings. Downstream of the *Lever-Crestuma* Dam, the Douro River flows in an area surrounded in an urban context with little natural drainage capacity and a high population density. In this sense, risk assessments are important to understand the risk to which the companies and the population are exposed. Also, in some areas there is a strong presence of economic activities that see their workers affected whenever there is a fluvial flood. In case of emergency, it is the companies' workers who have their occupational risks aggravated, since they are the ones who evacuate equipment and protect their workplace, in tasks outside their daily routine. Thus, the main objectives of this work are the use of a risk analysis technique that considers not only the physical susceptibilities of the site, but also the vulnerability of the affected population, and the development of a protocol that can be used by companies to protect their workers, in case of emergency. For this, a Geographic Information System software was used (QGIS) to assess the risk index and documents were consulted to help in the development of an Internal Action Protocol. Of the twelve zones considered for risk level evaluation, it was found that most zones present an intermediate risk level, with four presenting a high level of risk and two with low risk. The Internal Action Protocol has different procedures to be carried out before, during and after the flood and represents an innovation in emergency response at the occupational level. The validation of a risk analysis technique that considers the vulnerability of a population is a contribution to a limitation found in the literature and the development of the Internal Action Protocol represents an advance for the management of natural risks in occupational context.

**Keywords:** Risk Assessment, Fluvial Flood, Emergency, Occupational Safety



## ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	3
2	Fundamentação do trabalho.....	5
2.1	Cheias .....	5
2.2	Apresentação do local em estudo .....	7
2.3	Avaliação de risco .....	10
2.4	Emergência .....	13
2.5	Enquadramento Legal e Normativo.....	16
2.6	Conhecimento Científico.....	18
2.6.1	Descrição da metodologia de revisão bibliográfica .....	18
2.6.2	Resultados da pesquisa.....	20
2.7	Objetivos da Dissertação .....	29
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
3.1	Materiais e Métodos .....	31
3.2	Avaliação de Risco .....	32
3.2.1	Aplicação no QGIS .....	33
3.2.2	Aplicação do IRI .....	34
3.3	Atuação em caso de emergência.....	39
4	RESULTADOS .....	45
4.1	Avaliação de risco .....	45
4.2	Atuação em caso de emergência.....	48
4.2.1	Levantamento de Problemas .....	48
4.2.2	Protocolo de atuação interno .....	49
5	DISCUSSÃO.....	53
5.1	Avaliação de risco .....	53
5.2	Atuação em caso de emergência.....	56
5.3	Limitações e vieses .....	57
6	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS .....	59
6.1	Conclusões.....	59
6.2	Perspetivas Futuras .....	60

7	BIBLIOGRAFIA.....	61
---	-------------------	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Representação de um sistema de risco de cheias (Schröter et al., 2021).....	6
Figura 2 - <i>Flow Diagram</i> (Moher et al., 2009) .....	19
Figura 3 - Local de aplicação do índice de risco.....	32
Figura 4 - Local de aplicação do Protocolo de Atuação Interno .....	39
Figura 5 - Mapa correspondente à vulnerabilidade social ( $I_{vul}$ ) .....	47
Figura 6 - Mapa correspondente à suscetibilidade ( $I_{sus}$ ).....	47
Figura 7 - Mapa de risco de cheias correspondente ao IRI .....	48
Figura 8 – Antes da cheia.....	49
Figura 9 - Durante a cheia.....	50
Figura 10 - Após a cheia .....	51



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Características da Bacia Hidrográfica do Douro (adaptado de APA, 2016).....	9
Tabela 2 - Área e caudal máximo na zona crítica do Porto/Vila Nova de Gaia (adaptado de APA, 2016).....	9
Tabela 3 - Metodologias e mecanismos de monitorização, alerta e aviso (adaptado de ANEPC, 2019).....	13
Tabela 4 - Níveis de alerta (adaptado de Município de Vila Nova de Gaia, 2012) .....	14
Tabela 5 - Palavras-chave e critério de pesquisa.....	19
Tabela 6 - Índices de Risco .....	25
Tabela 7 - Cenários de risco .....	26
Tabela 8 - Identificação das zonas .....	34
Tabela 9 - Pesos correspondentes a cada parâmetro .....	34
Tabela 10 - Nível de escolaridade (adaptado de Pereira et al, 2020) .....	35
Tabela 11 - Idade (adaptado de Pereira et al., 2020).....	35
Tabela 12 - Salário médio (adaptado de Pereira et al, 2020) .....	36
Tabela 13 - Densidade Demográfica (Pereira et al., 2020) .....	36
Tabela 14 - Vegetação (adaptado de Pereira et al., 2020).....	37
Tabela 15 - Altimetria (Pereira et al., 2020) .....	37
Tabela 16 - Declive (Pereira et al., 2020) .....	38
Tabela 17 - Rocha-mãe (adaptado de Santos et al., 2019).....	38
Tabela 18 - Escala .....	39
Tabela 19 - Densidade Demográfica de cada zona .....	45
Tabela 20 - Valoração dos parâmetros de $I_{vul}$ .....	45
Tabela 21 - Valoração dos parâmetros de $I_{sus}$ .....	46
Tabela 22 - Valoração dos subíndices e IRI.....	46
Tabela 23 - Problemas identificados .....	49



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Anos de registos de cheias no rio Douro (1739-2006) .....	8
Gráfico 2 - Número trabalhadores previstos na zona crítica do Porto/VNG (adaptado de APA, 2020).....	9
Gráfico 3 - Volume de negócios previsto na zona crítica de Porto/VNG (adaptado de APA, 2020) .....	10
Gráfico 4 - Distribuição dos artigos por países .....	21
Gráfico 5 - Distribuição dos artigos por área de estudo .....	22
Gráfico 6 - Distribuição da envolvente do rio em estudo por artigo.....	23
Gráfico 7 - Distribuição dos artigos por método de análise de risco .....	24



## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo do subíndice de vulnerabilidade social ( $I_{vul}$ ).....	35
Equação 2 - Cálculo da Densidade Demográfica.....	36
Equação 3 - Cálculo do subíndice de suscetibilidade ( $I_{sus}$ ).....	37
Equação 4 – Cálculo do IRI .....	39

## **GLOSSÁRIO**

Análise de risco – processo destinado a compreender a natureza do risco e a determinar o nível do risco (ISO Guide 73:2009);

Avaliação do risco – processo de comparação dos resultados da análise do risco com os critérios do risco para determinar se o risco e/ou a respetiva magnitude é aceitável ou tolerável (ISO Guide 73:2009);

Evento (de risco) - Ocorrência ou alteração de um conjunto particular de circunstâncias (ANEPC, 2016);

Exposição - Grau com que uma pessoa, organização ou parte interessada está sujeito a um evento (ANEPC, 2016);

Fonte de risco – o elemento que, por si só ou em combinação com outros, tem o potencial intrínseco de originar um risco (ISO Guide 73:2009);

Gestão do risco – Atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização no que respeita ao risco (ISO Guide 73:2009);

Inundação - cobertura temporária por água de uma parcela do terreno fora do leito normal, resultante de cheias provocadas por fenómenos naturais correspondendo estas a cheias fluviais, ou de sobre-elevação do nível das águas do mar nas zonas costeiras (Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro);

Perceção do risco – ponto de vista da parte interessada relativamente a um risco (ISO Guide 73:2009);

Região hidrográfica - área de terra e de mar constituída por uma ou mais bacias hidrográficas contíguas e pelas águas subterrâneas e costeiras que lhes estão associadas (Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro);

Resiliência - Capacidade adaptativa de uma organização, comunidade ou sistema, num ambiente complexo e em mudança. Capacidade de resistir, absorver e recuperar de eventos de risco de uma forma eficiente e atempada, preservando ou restaurando as suas estruturas básicas, funções e identidade (ANEPC, 2016);

Rio - massa de água interior que corre, na maior parte da sua extensão, à superfície, mas que pode também escoar-se no subsolo numa parte do seu curso (Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro);

Risco - Efeito da incerteza nos objetivos. Os objetivos podem ter diferentes critérios (financeiros, de saúde e segurança, ambientais, entre outros) e podem ser aplicados a diferentes níveis de decisão e escalas. O risco é frequentemente caracterizado por referência a eventos potenciais, com a sua probabilidade e consequências (ISO 31000:2019);

Risco de inundação - combinação da probabilidade de inundações, tendo em conta a sua magnitude, e das suas potenciais consequências prejudiciais para a saúde humana, o ambiente, o património cultural, as infraestruturas e as atividades económicas, sendo as suas consequências

prejudiciais avaliadas através da identificação do número e tipo de atividade afetada, podendo por vezes ser apoiada numa análise quantitativa (Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro);

Zona ameaçada pelas cheias - área contígua à margem de um curso de água que se estende até à linha alcançada pela cheia com período de retorno de 100 anos ou pela maior cheia conhecida no caso de não existirem dados que permitam identificar a anterior (Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro);

Vulnerabilidade - Propriedades intrínsecas de algo que resultam na sua suscetibilidade a uma fonte de risco ou perigo e que pode resultar num evento com consequências (ANEPC, 2016).



## **SIGLAS**

ANEPC – Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil

ANMP - Associação Nacional de Municípios Portugueses

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

APS - Associação Portuguesa de Seguradores

ARPSI - das Áreas de Risco Potencial Significativo de Inundação

CAOP – Carta Administrativa Oficial de Portugal

CNGRI - Comissão Nacional da Gestão dos Riscos de Inundações

COS – Carta de Uso e Ocupação de Solos

CRED – *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters*

DGT - Direção-Geral do Território

INE – Instituto Nacional de Estatística

NAO - *North Atlantic Oscillation*

PGRI - Plano de Gestão do Risco de Inundações

RH3 – Região Hidrográfica do Douro

UNDRR - *United Nations Office for Disaster Risk Reduction*

UNISDR – *United Nations Office for Disaster Risk Reduction*

VNG – Vila Nova de Gaia

WMO – *World Meteorological Organization*



# PARTE 1

---



# 1 INTRODUÇÃO

Os riscos naturais são, muitas vezes, subvalorizados e a perceção da potencial ocorrência deste tipo de fenómenos é baixa (UNDRR, 2022). No entanto, são responsáveis por milhões de perdas humanas e danos económicos por todo o mundo. Dentro dos riscos naturais, as cheias são o tipo de evento natural que apresenta maior frequência de ocorrência que pode causar uma devastação generalizada, com perda de vidas humanas, danos económicos, sociais e com impactos no ambiente<sup>1</sup>. Entre 1995 e 2015, de todos os riscos naturais considerados (cheias, tempestades, sismos, temperaturas extremas, deslizamentos de terra, secas, incêndios florestais e atividade vulcânica), 43% corresponderam a cheias. Estas afetaram 2.3 mil milhões de pessoas e causaram 157 000 mortes globalmente. Estima-se que os danos económicos causados pelas cheias rondem os 662 mil milhões de dólares (US\$) no mundo e 262 mil milhões de dólares (US\$) na Europa (CRED & UNISDR, 2015). Na Europa, entre 1970 e 2019, dos riscos naturais considerados (secas, temperaturas extremas, cheias, deslizamentos de terra e incêndios florestais), 38% corresponderam a cheias, sendo que 44% dos danos económicos nesse período foram causados por este fenómeno (WMO, 2020). Este é um dos riscos naturais mais prejudiciais para o continente europeu<sup>2</sup>.

Estudos recentes sugerem que as alterações climáticas podem levar a condições meteorológicas extremas que, por sua vez, produzem um aumento no risco de cheia (Ivčević et al., 2019; Xia et al., 2019; He et al., 2020). Nesse sentido, é importante desenvolverem-se estratégias que permitam gerir este tipo específico de risco e que aumentem a resiliência das áreas potencialmente afetadas (Xia et al., 2019; Zhuo & Han, 2020).

A gestão de risco apresenta várias componentes, sendo a avaliação de risco uma delas. Esta avaliação permite identificar fontes de risco, ameaças, perigos e oportunidades; compreender como estas podem ocorrer e quais podem ser as suas consequências; representar e expressar incertezas e riscos; e determinar o significado do risco utilizando critérios relevantes (Aven, 2018). O processo de apreciação de risco engloba a identificação, a análise e a avaliação do risco (ISO Guide 73:2009). Com uma análise de risco é possível compreender a natureza do mesmo, as suas características e o seu nível (ISO 31000:2018). O nível de risco é importante para se ter conhecimento do risco real e é sobre este que vai ser decidido a abordagem do tratamento do risco. No caso dos riscos naturais, este não pode ser eliminado e o foco recai sobre medidas de mitigação para que o impacte das suas consequências seja minimizado e na resiliência das populações afetadas. Nos riscos naturais, é importante ter em conta para além da probabilidade de ocorrência, a suscetibilidade física e a vulnerabilidade dos locais e da população afetada (UNISDR, 2017).

As cheias no rio Douro são um fenómeno cíclico que afeta a população e as atividades económicas existentes (Velhas, 1997). Segundo o Plano de Gestão do Risco de Inundações (PGRI), na zona do Porto/Vila Nova de Gaia, considerada uma zona crítica, já foram registadas 5135 pessoas afetadas, evacuadas ou desalojadas e 17 perdas de vidas humanas ou desaparecidas (APA, 2016).

---

<sup>1</sup> <https://apambiente.pt/prevencao-e-gestao-de-riscos/inundacoes> (consultado a 03/01/2022)

<sup>2</sup> <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/river-floods-3/assessment> (consultado 25/05/2022)

No que diz respeito à segurança e saúde ocupacionais, a percepção dos riscos naturais e, particularmente das cheias, complica-se ainda mais. São poucas as empresas que verificam se os seus locais de trabalho se encontram expostos a este tipo de risco. Embora não haja uma obrigatoriedade legal para que isto aconteça (exceto em estabelecimentos que contenham substâncias perigosas), a entidade empregadora deve garantir a segurança dos seus trabalhadores e assegurar que os planos de emergência se encontrem atualizados (APA, 2016). Numa situação de emergência, quando o risco é materializado, são os trabalhadores que têm um papel fundamental na proteção do local de trabalho e que, por isso, veem os riscos profissionais, aos quais estão expostos, agravados. Esta situação constata-se em zonas críticas do curso do rio Douro, nomeadamente nas empresas localizadas nas margens da cidade de Vila Nova de Gaia (VNG) e do Porto, no distrito do Porto (APA, 2016).

Na avaliação de risco de cheias é importante perceber o nível de risco e vulnerabilidade de um dado local e população e definir procedimentos a serem realizados em caso de emergência provocada por este risco. Para isto, foi efetuada uma revisão da literatura para se conhecerem quais os principais métodos de análise de risco e procedimentos de emergência adotados num contexto ocupacional.

Neste sentido, o principal objetivo deste trabalho é utilizar uma técnica de análise de risco que permita avaliar o nível de vulnerabilidade da população afetada no local em estudo e, ao mesmo tempo, desenvolver um guia que auxilie as empresas afetadas por inundações fluviais a garantir a segurança dos seus trabalhadores em caso de emergência.

Deste modo, esta dissertação começa por abordar os aspetos teóricos essenciais para a compreensão deste tema (Capítulo 2). Segue-se a descrição e a justificação da metodologia utilizada (Capítulo 3). De seguida, são apresentados os resultados encontrados (Capítulo 4), bem com a sua análise e discussão (Capítulo 5). Para terminar, apresentam-se as conclusões e sugestões de estudos futuros (Capítulo 6) e a bibliografia consultada ao longo da realização da dissertação (Capítulo 7).

## 2 FUNDAMENTAÇÃO DO TRABALHO

Para melhor compreensão do tema abordado, seguem-se os seguintes subcapítulos que pretendem explicar de forma sucinta os conceitos abordados ao longo desta dissertação: uma breve explicação acerca de inundações fluviais, a caracterização do local em estudo, a descrição do processo de avaliação de riscos, emergência num contexto ocupacional e o estado da arte.

### 2.1 Cheias

Segundo o Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro, que transpõe para a legislação nacional, a Diretiva Europeia 2007/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro, referente à avaliação e gestão do risco de inundações, sendo que inundação define-se como *“a cobertura temporária por água de uma parcela do terreno fora do leito normal, resultante de cheias provocadas por fenómenos naturais como a precipitação, incrementando o caudal dos rios, torrentes de montanha e cursos de água efémeros correspondendo estas a cheias fluviais, ou de sobrelevação do nível das águas do mar nas zonas costeiras”*.

As inundações são fenómenos naturais, extremos e temporários, que podem ser provocados por fenómenos meteorológicos moderados ou repentinos e de elevada intensidade. Por outro lado, podem ser causados por outros mecanismos geradores, tais como: falhas nas infraestruturas (como a rutura de barragens), obstruções causadas por avalanches, movimentos de massa, irrupções lacustres ou glaciais e subida das águas subterrâneas devido a situações prolongadas de precipitação (Poljanšek et al., 2019). As inundações podem afetar áreas extensas de terreno, ultrapassando múltiplas bacias hidrográficas provocando danos regionais e nacionais (He et al., 2020; Schröter et al., 2021).

Deste modo, existem diferentes tipo de inundações, tais como:

- inundações fluviais, que resultam da precipitação intensa e constante sob um solo saturado dentro de uma bacia hidrográfica e que originam o transborde do leito normal e a inundação das margens e áreas próximas<sup>3</sup>;
- inundações urbanas, que correspondem a cheias rápidas resultantes da ação combinada da precipitação intensa localizada e solo impermeável (APS, 2014);
- inundações costeiras, quando a água do mar galga as zonas costeiras (APS, 2014).

O foco desta dissertação será nas inundações fluviais, doravante designadas por cheias.

Um sistema de risco de cheia compreende uma cadeia de processos meteorológicos, hidrológicos, de fluxo de canal aberto, de inundação e de danos (Schröter et al., 2021). Em muitos casos, as cheias ocorrem como resultado de mais de um dos mecanismos geradores que ocorrem simultaneamente tornando a previsão dos perigos e impactos das cheias mais desafiadora (Poljanšek et al., 2019). O risco de inundação surge destes processos, geralmente desencadeados

---

<sup>3</sup> <http://www.prociv.pt/pt-pt/RISCOSPREV/RISCOSNAT/CHEIAS/Paginas/default.aspx> (consultado a 04/01/2022)

pela chuva, que formam escoamento nas bacias hidrográficas afetadas, dependendo das condições climáticas, topográficas, de cobertura do solo e das condições do solo. O escoamento das bacias concentra-se em riachos e propaga-se dentro da rede fluvial. Muitas vezes, são construídas barragens e outros elementos de engenharia para regular o escoamento das bacias hidrográficas. No entanto, as descargas acima da capacidade total da bacia induzem cheias e afetam os elementos expostos (população, património, infraestruturas essenciais, entre outros). O facto destes elementos se encontrarem nas zonas de inundação aumenta a sua exposição às cheias. O desenvolvimento socioeconómico das cidades leva a que haja um aumento da vulnerabilidade da sua população, devido ao aumento do número de pessoas expostas e potenciais perdas económicas. Dado que não é possível impedir a ocorrência de um risco natural, a principal aposta está na diminuição da vulnerabilidade que a população está exposta. Esta pode ser feita através da existência de pré-avisos de cheias, gestão de emergência, sensibilização da população, entre outros. (Schröter et al., 2021). Na figura 1, é possível observar-se uma representação esquemática dos diferentes elementos que contribuem para uma cheia.

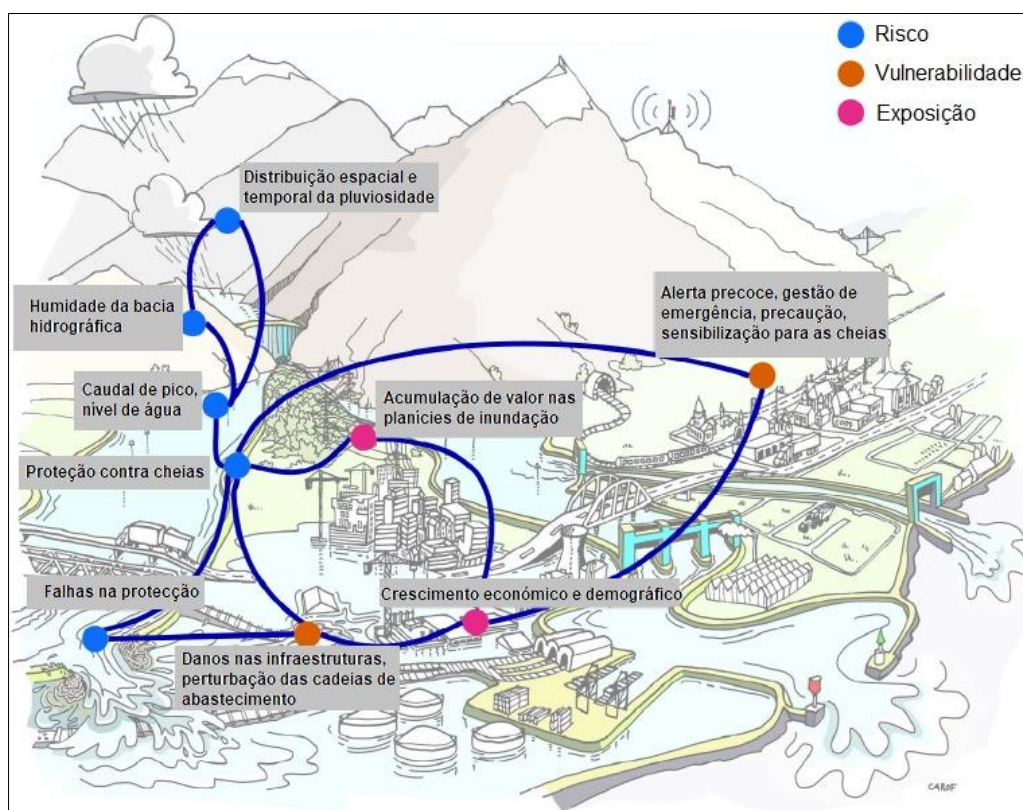


Figura 1 - Representação de um sistema de risco de cheias (Schröter et al., 2021)

Alguns dos mecanismos geradores de cheia incluem a intensidade da precipitação, declive, altimetria, uso do solo, capacidade de drenagem do solo, entre outros (Vojtek & Vojtekova, 2018; Dung et al., 2020). As características destes mecanismos podem fazer aumentar a suscetibilidade de um dado local às cheias. Por exemplo, a altura em relação a um curso de água e a proximidade deste influencia a suscetibilidade às cheias: terrenos baixos que se encontrem perto de um rio, têm um nível mais elevado de risco do que uma área de maior elevação que está muito afastada do rio (Elshorbagy et al., 2017; Seejata et al., 2018). Uma área plana associada a um declive reduzido é geralmente mais propícia à ocorrência de cheias (Seejata et al., 2018). Combinando estes dois

fatores (altura e declive), associa-se que a um declive mais baixo e uma elevação mais baixa se observa um grau de risco de cheias mais elevado (Seejata et al., 2018; Dung et al., 2020). Outro fator que é de salientar é o uso do solo, dado que este controla o grau de infiltração: normalmente a solos que contêm mais vegetação (como uma floresta) estão associados níveis de infiltração mais elevados, comparados com uma área urbana (Fohrer et al., 2001). Uma rápida urbanização leva uma maior impermeabilização do solo o que faz com que a altura atingida pelas cheias seja maior, o que leva a um aumento do nível de risco (Farahmand et al., 2021). A níveis mais elevados de infiltração, estão associados níveis mais reduzidos de risco de cheias (Fohrer et al., 2001; Seejata et al., 2018; Farahmand et al., 2021).

A gestão eficaz do risco de inundações é um desafio vasto e global. Os decisores políticos, em todo o mundo, estão conscientes dos atuais riscos para vidas, infraestruturas e comunidades que as ameaças das alterações climáticas, riscos naturais e sistemas de drenagem envelhecidos são suscetíveis de exacerbar. Contudo, e apesar da compreensão estabelecida das ameaças futuras, novos dados indicam que o âmbito e a escala destes desafios têm sido sistematicamente subestimados e que, de facto, estas ameaças são suscetíveis de representarem um desafio ainda maior do que anteriormente previsto. A juntar a esta ameaça sempre crescente estão as pressões económicas enfrentadas pelos decisores e uma tendência crescente para a migração de populações para as cidades (Gigović et al., 2017; Hammond et al., 2018; Webber et al., 2021; Arosio et al., 2021; Yin et al., 2021; UNDRR, 2022).

## 2.2 Apresentação do local em estudo

Em Portugal Continental, as cheias estão associadas a condições de instabilidade atmosférica e ocorrem, geralmente, do outono à primavera. Estas inundações ocorrem um pouco por todo o país, sendo que as bacias hidrográficas dos médios e grandes rios, como a bacia hidrográfica do Douro, têm um longo historial de cheias que são frequentemente reportadas na comunicação social<sup>4</sup>.

As cidades de Porto e VNG são frequentemente assoladas por cheias que resultam do transbordo das águas do rio Douro. Estas cidades localizam-se na foz do rio onde as marés, a sobrelevação meteorológica e as tempestades, quando conjugadas com os caudais, têm influência na altura da água do rio. As cheias que se verificam atualmente têm um menor impacto que as registadas no passado, visto que o caudal do Douro está fortemente regularizado pelas barragens existentes (APS, 2014). Porém, a construção destas, fez com que a perceção do risco de cheias se reduzisse, provocando uma falsa sensação de segurança na população afetada, o que fez com que os hábitos de prevenção e adaptação ao fenómeno diminuíssem (Velhas, 2009). Ainda, segundo a Avaliação Nacional de Risco realizada pela Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC) as cidades do Porto e VNG continuam a ser uma região com um risco de inundação potencial significativo em Portugal Continental (ANEPC, 2019) e que provocam elevado impacto no tecido socioeconómico das zonas ribeirinhas (ANEPC, 2011). Neste sentido, os planos diretores

---

<sup>4</sup> <http://www.prociv.pt/pt-pt/RISCOSPREV/RISCOSNAT/CHEIAS/Paginas/default.aspx> (consultado a 04/01/2022)

municipais do Porto<sup>5</sup> e VNG<sup>6</sup> contemplam medidas de mitigação das cheias provocadas pelo rio Douro, como a proibição da construção de edifícios em leito de cheia, proibição da armazenagem ou produção de matérias químicas ou biológicas perigosas, prever que a cota dos pisos inferiores seja superior à cota local da máxima cheia conhecida, entre outros.

No gráfico 1 é possível observar a altura máxima que foi atingida pelas águas do rio Douro em cheias significativas que ocorreram ao longo dos séculos. De realçar que a maior cheia do rio Douro, registada no último século, ocorreu no ano de 1909, entre 17 e 25 de dezembro, que provocou a morte de 120 pessoas. No entanto, existem diversos relatos de eventos extremos anteriores à data referida. Neste século, uma das inundações mais significativas ocorreu a 25 de novembro de 2006 (APS, 2014) e, embora, não presente no gráfico, em 2019 as águas do rio Douro voltaram a atingir níveis comparáveis à cheia de 2006<sup>7</sup>.

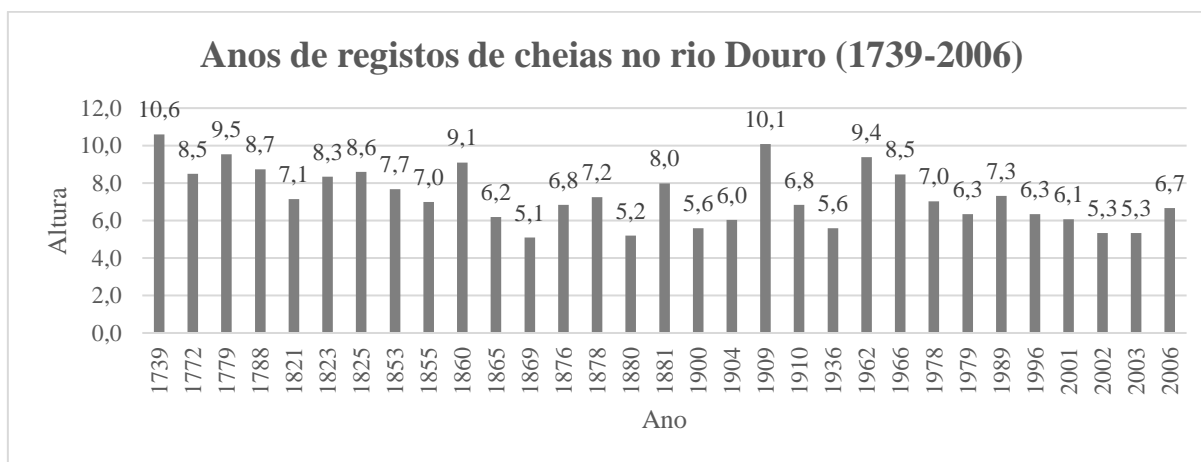


Gráfico 1 - Anos de registos de cheias no rio Douro (1739-2006)<sup>8</sup>

O rio Douro faz parte da Bacia Hidrográfica do Douro, denominada pelo Plano de Gestão de Risco de Inundações (PGRI), como RH3 (APA, 2016). A RH3 está regularizada através de barragens capazes de regular o volume de cheias, atenuando, por conseguinte, os caudais de ponta de cheia (ponto máximo atingido pela cheia). O efeito de amortecimento é tanto maior quanto maior for o volume de encaixe, de que resulta um menor caudal de ponta descarregado pela barragem, pelo que as zonas ribeirinhas estão menos expostas a cheias com menores magnitudes (APA, 2016). No entanto, o curso inferior do rio Douro corre num vale extremamente encaixado, fazendo com que as vulnerabilidades deste rio às inundações residam, principalmente, nos aglomerados urbanos existente nas zonas ribeirinhas, facilmente inundáveis<sup>3</sup>. Na tabela 1 apresentam-se algumas características da Bacia Hidrográfica do Douro.

<sup>5</sup> <https://pdm.cm-porto.pt/> (consultado a 20/05/2022)

<sup>6</sup> <https://www.gaiurb.pt/pages/742> (consultado a 20/05/2022)

<sup>7</sup> <https://www.publico.pt/2019/12/20/sociedade/fotogaleria/cheias-douro-399234> (consultado a 01/06/2022)

<sup>8</sup> [https://www.riscos.pt/wp-content/uploads/2018/Encontros/ICIRVENR/Aprst/ICIR\\_VENR\\_ppt15.pdf](https://www.riscos.pt/wp-content/uploads/2018/Encontros/ICIRVENR/Aprst/ICIR_VENR_ppt15.pdf) (consultado a 03/06/2022)

Tabela 1 - Características da Bacia Hidrográfica do Douro (adaptado de APA, 2016)

Bacia Hidrográfica (BH)	Área nacional da BH (km <sup>2</sup> )	Área total da BH (km <sup>2</sup> )	Comprimento nacional (km)	Comprimento total (km)	Declive médio da BH (%)	Caudal médio anual (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Instantâneo máximo histórico (m <sup>3</sup> /s)
Douro	18 245	97 667	330	927	9.4	903	20 000

Na tabela 2 são apresentados a área máxima atingida e o caudal máximo em 3 cenários de cheia do rio Douro na zona crítica do Porto/VNG. A um período de retorno de 20 anos está associado o caudal máximo que poderá ocorrer em média a cada 20 anos e assim sucessivamente para os outros cenários considerados.

Tabela 2 - Área e caudal máximo na zona crítica do Porto/Vila Nova de Gaia (adaptado de APA, 2016)

Zona crítica do Porto/Vila Nova de Gaia	Cenário Hidrológico			
	Período de retorno	1 000 anos	100 anos	20 anos
Área (km <sup>2</sup> )		5,8	5,5	5,1
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)		24 600	17 700	12 700

Relativamente às atividades económicas desenvolvidas na área em estudo, a maioria encontra-se na zona crítica referida anteriormente do Porto/VNG. Nos últimos anos, houve um aumento da atividade económica nas zonas ribeirinhas e com o aumento de turismo na cidade do Porto, o que leva a que haja mais infraestruturas e pessoas expostas ao risco<sup>9</sup>. Numa previsão do relatório das Áreas de Risco Potencial Significativo de Inundação (ARPSI), que corresponde à primeira fase do PGRI para o 2º ciclo de 2022-2027, está previsto um aumento das atividades económicas neste local tendo em conta 3 cenários de 20, 100 e 1000 anos, respetivamente. (APA, 2020). Este aumento é traduzido no número de trabalhadores expostos ao risco de cheias. O gráfico 2 mostra a previsão do número de trabalhadores das diversas atividades económicas da zona crítica mencionada.

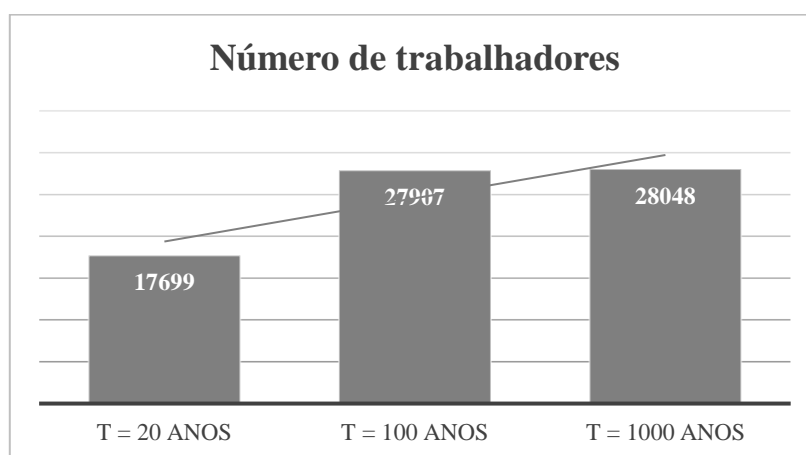


Gráfico 2 - Número trabalhadores previstos na zona crítica do Porto/VNG (adaptado de APA, 2020)

A previsão demonstra um aumento do volume de negócios na zona crítica do Porto/VNG, o que reflete a importância económica desta região. Esta pode observar-se no gráfico 3. Um aumento do volume de negócios leva a que, se estas empresas forem afetadas pelas cheias, a perda económica será mais elevada.

<sup>9</sup><https://www.jn.pt/local/noticias/porto/porto/autarca-do-centro-historico-do-porto-defende-melhor-gestao-e-controlo-das-cheias-13335930.html> (consultado a 10/02/2022)

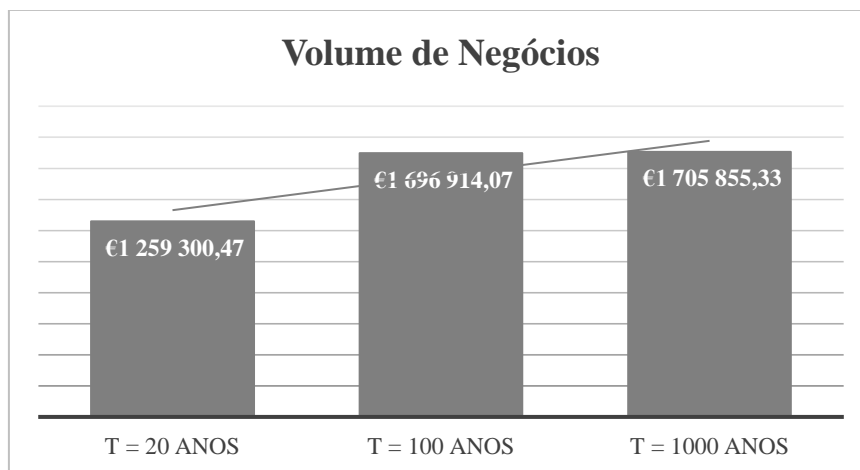


Gráfico 3 - Volume de negócios previsto na zona crítica de Porto/VNG (adaptado de APA, 2020)

As cheias nestes locais provocam danos materiais aos locais de trabalho e deixam os comerciantes com prejuízos económicos decorrentes destes eventos<sup>1011</sup>. No entanto, a maioria dos estudos sobre as cheias do Rio Douro focam-se essencialmente na proteção da população e na atuação em caso de emergência, deixando de parte os prejuízos económicos e materiais causados às empresas, deixadas muitas vezes sem apoio por parte das seguradoras ou entidades públicas<sup>12</sup>.

### 2.3 Avaliação de risco

Como referido anteriormente, a avaliação de risco é um processo sistemático para identificar fontes de risco, ameaças, perigos e oportunidades; compreender como estas podem ocorrer e quais podem ser as suas consequências; representar e expressar incertezas e riscos e determinar o significado do risco utilizando critérios relevantes (Aven, 2018).

As avaliações de riscos naturais contemplam, ainda, uma revisão da cartografia técnica das características do risco, tais como a sua localização, intensidade, frequência e probabilidade; uma análise de exposição e vulnerabilidade incluindo uma caracterização social, ambiental, económica, física e saúde da população afetada; e a avaliação da eficácia das medidas existentes no que diz respeito aos diferentes cenários de risco considerados (UNISDR, 2009).

Na norma ISO 31000:2018 é descrita “*uma abordagem comum à gestão de qualquer tipo de risco e não é específica de qualquer indústria ou setor*”. Esta norma apresenta um processo de gestão de risco geral que pode ser adaptado a várias áreas (Lalonde & Boiral, 2012), nomeadamente aos riscos naturais (Poljanšek et al., 2019). No entanto, o foco deste trabalho não incide sobre a gestão do risco de cheias, mas sim na avaliação do mesmo. Deste modo, apenas algumas partes do

<sup>10</sup> <https://www.publico.pt/2003/01/01/jornal/comerciantes-das-ribeiras-receiam-novas-cheias-do-douro-196799> (consultado a 10/02/2022)

<sup>11</sup> <https://expresso.pt/sociedade/2019-12-20-Moradores-e-comerciantes-de-Miragaia-no-Porto-ja-nao-estranham-as-cheias> (consultado a 10/02/2022)

<sup>12</sup> <https://www.publico.pt/2003/01/01/jornal/comerciantes-das-ribeiras-receiam-novas-cheias-do-douro-196799> (consultado a 10/02/2022)

processo de gestão de risco descritas na ISO 31000:2018 serão abordadas para melhor compreensão dos conceitos abordados, nomeadamente a avaliação e análise do risco.

A avaliação de risco envolve a comparação do nível de risco encontrado durante o processo de análise, com os critérios de risco estabelecidos quando o contexto a ser estudado foi considerado. Com base nesta comparação, a necessidade de tratamento pode ser considerada (ISO Guide 73:2009). O objetivo da avaliação de risco é ajudar na tomada de decisões sobre quais os riscos que necessitam de tratamento e qual a prioridade deste (ISO 31000:2018).

Para que uma avaliação de riscos seja efetuada é necessário primeiramente proceder a uma análise do risco. A análise de risco pode ser realizada com diferentes graus de detalhe e complexidade, dependendo do objetivo da análise, da disponibilidade e fiabilidade da informação, e dos recursos disponíveis. As técnicas de análise podem ser qualitativas, quantitativas ou uma combinação das mesmas, dependendo das circunstâncias e da utilização pretendida. Existem situações que podem influenciar esta análise tais como divergência de opiniões, preconceitos, perceções de risco, julgamentos, qualidade da informação utilizada, os pressupostos e exclusões feitas, quaisquer limitações das técnicas e a forma como são executadas. Estas influências devem ser consideradas, documentadas e comunicadas aos decisores (ISO 31000:2018). O objetivo da análise de risco é compreender a natureza do risco e as suas características, incluindo, quando apropriado, o nível de risco. A análise de risco envolve uma consideração detalhada das incertezas, fontes de risco, consequências, probabilidade, eventos, cenários, controlos e a sua eficácia. Um evento pode ter múltiplas causas e consequências e pode afetar múltiplos objetivos (ISO 31000:2018).

A análise de risco engloba diferentes momentos, nomeadamente (ISO 31010:2019):

- Consequências - uma consequência é o resultado de um evento que afeta objetivos. Uma consequência pode ser certa ou incerta e pode ter efeitos positivos ou negativos. Podem ser expressas qualitativa ou quantitativamente. Qualquer consequência pode escalar através de efeitos em cascata e cumulativos. As consequências podem ser expressas em termos de impactos tangíveis e intangíveis (ISO Guide 73:2009)
- Verosimilhança – possibilidade de algo ocorrer. Na terminologia da gestão do risco, a palavra "verosimilhança" é utilizada para se referir à probabilidade de algo acontecer, quer definida, medida ou determinada objetiva ou subjetivamente, qualitativa ou quantitativamente, e descrita usando termos gerais ou matematicamente (como uma probabilidade ou uma frequência durante um dado período). (Na sua versão em inglês este conceito – *likelihood* - não tem uma tradução direta, sendo a tradução mais aproximada a de probabilidade, porém o conceito de probabilidade está limitado à sua interpretação matemática) (ISO Guide 73:2009).
- Nível de risco – magnitude de um risco ou combinações de risco, expressa pela combinação de consequências e verosimilhança (ISO Guide 73:2009). A forma como é feita esta combinação para determinar um nível de risco deve refletir o tipo de risco, a informação disponível e o objetivo para o qual o resultado da avaliação do risco deve ser utilizado. As consequências e a sua verosimilhança podem ser determinadas pela modelização dos resultados de um evento ou conjunto de eventos, ou por extrapolação a partir de estudos experimentais ou de dados disponíveis (ISO 31000:2018). O nível de risco pode ser

apresentado de diferentes formas (por vezes chamado de representação do risco) e o seu objetivo é ajudar a dar prioridade a diferentes riscos ou consequências. Alguns dos exemplos mais comuns são matrizes de risco, risco individual, risco social, consequências esperadas (Bier, 2001). A forma como é representado o risco tem um impacto na perceção do mesmo, devendo esta comunicação ser feita de forma clara e explicativa para o público-alvo. Uma boa comunicação de risco pode aumentar a sua perceção o que, por sua vez, pode levar a que a população atingida por um risco natural, tenha conhecimento sobre o mesmo e sobre as práticas a serem implementadas em caso de emergência, facilitando os procedimentos a serem adotados (Bier, 2001; Sheppard et al., 2012).

Relativamente aos riscos naturais, estes representam ocorrências naturais que se tornam desastrosos quando criam grandes perdas humanas e patrimoniais e que impedem o desenvolvimento social e económico. Os riscos naturais ocorrem global e frequentemente e representam uma ameaça à sociedade humana, aos sistemas naturais e às principais infraestruturas. Estes são de variados tipos e são afetados por vários fatores, tais como a geodinâmica, as alterações climáticas, as condições meteorológicas e as condições de superfície subjacentes (Cui et al., 2021). Embora existam dados que confirmam que este tipo de riscos a aumentar, isto não é refletido na perceção de risco individual, sendo que a população desvaloriza este tipo de ameaças e tem uma atitude otimista e de invencibilidade, principalmente no que toca a riscos que são uma ameaça a longo prazo (UNDRR, 2022).

Numa análise quantitativa de riscos naturais, o risco (R) é geralmente expresso como função da probabilidade de ocorrência (P), exposição causada pelo risco (E) e a vulnerabilidade dos objetos ou pessoas expostas (V), seguindo a expressão  $R=P \times E \times V$ . Com o intuito de se elaborarem avaliações de risco fiáveis, é necessário compreender como vários fatores vão influenciar cada um dos componentes que contribuem para o risco, de modo a aumentar a compreensão das interações entre a sociedade e o risco natural considerado (Granh & Nyberg, 2017; UNISDR, 2017).

Em comparação com outros tipos de risco, as cheias sofrem de um desequilíbrio muito forte ao nível de maturidade na avaliação dos diferentes elementos: enquanto a modelação do risco está bem avançada, a caracterização da exposição e a análise da vulnerabilidade estão subdesenvolvidas. A vulnerabilidade representa um passo crucial na avaliação adequada do impacto das cheias. O primeiro passo para esta avaliação é a caracterização dos danos físicos através de uma curva ou tabela de vulnerabilidade. No entanto, o nível de exatidão e disponibilidade de dados continua a ser a principal limitação. A abordagem mais utilizada passa por uma avaliação subjetiva de peritos. Contudo, como a vulnerabilidade das cheias é afetada por fatores como as condições dos assentamentos, infraestruturas, política e capacidades das autoridades, desigualdades sociais e padrões económicos, o juízo dos peritos é por vezes incapaz de captar todos estes aspetos. Por isso, uma combinação de avaliações de peritos verificados por dados de campo, parece ser a metodologia mais robusta para obter curvas de vulnerabilidade quantitativas (UNISDR, 2017).

Especificamente, em relação à avaliação do risco de cheias, esta está regulada através da Diretiva Europeia 2007/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro que foi transposta para a legislação nacional pelo Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro. Esta regulamentação

comporta 3 principais trabalhos, sendo eles uma avaliação de riscos preliminar, uma avaliação de riscos e planos de gestão do risco. É, ainda, aconselhado que a representação do risco seja feita recorrendo a Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (Poljanšek et al., 2019). Os mapas de risco para Portugal encontram-se acessíveis através do Sistema Nacional de Informação Ambiente (SNIAMB)<sup>13</sup> criado pela APA e os restantes trabalhos requeridos encontram-se nos Planos de Gestão do Risco de Inundações<sup>14</sup>. Esta avaliação de risco tem em conta parâmetros como a probabilidade de ocorrência, extensão da cheia, profundidade da cheia, velocidade de fluxo, quantidade de sedimentos e poluentes. Apesar desta análise, não foi encontrada em literatura uma avaliação de riscos que tivesse em conta a vulnerabilidade da população afetada para a região em estudo, apenas o número de habitantes afetados.

## 2.4 Emergência

Com o avanço tecnológico (como os satélites de alta-resolução, os veículos aéreos não pilotados, os robôs de pesquisa e resgate e tecnologias de comunicação) a capacidade de resposta em caso de emergência em situações de desastre aumentou. Com a crescente digitalização a avaliação dos impactos causados por riscos naturais apresentou uma grande melhoria. Porém, continua a ser importante apostar na investigação acerca da dinâmica e distribuição de recursos de socorro, bem como nas decisões de transporte, dado que se apresentam como essenciais nos processos de resposta a emergências (Cui et al., 2021).

A nível nacional, a ANEPC apresenta um conjunto de metodologias que devem ser seguidas para a monitorização, alerta e aviso para cada tipo de risco natural. Os mecanismos utilizados para as cheias apresentam-se na tabela 3.

Tabela 3 - Metodologias e mecanismos de monitorização, alerta e aviso (adaptado de ANEPC, 2019)

Risco	Sistemas de Monitorização	Mecanismos de comunicação à ANEPC	Mecanismos de Alerta aos agentes de Proteção Civil	Mecanismos de Aviso à População
<b>Cheias e Inundações</b>	Observação meteorológica do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA); Sistema de avisos meteorológicos do IPMA; Sistema de Vigilância e Alerta de Recursos Hídricos (SVARH); Boletins dos gestores das barragens; Centro de Previsão e Prevenção de Cheias do Rio Douro (CPPC-Douro)	SVARH; APA (telefone fixo e móvel, e-mail, fax, videoconferência); Informação Capitania	Comunicados da autoridade territorialmente competente de proteção civil ou das Capitania; Telemóvel ou telefone fixo; Fax; E-mail; Rádio; Notificação SMS	Página ANEPC; Serviço Municipal de Proteção Civil (SMPC); Comunicação social (comunicados, briefings e conferências de imprensa); Redes Sociais

No caso de ocorrência de cheias no rio Douro, é ativado o Centro de Previsão e Prevenção de Cheias do Rio Douro (CPPC-Douro), com sede na Capitania do Porto do Douro, que mantém a monitorização da situação e emite comunicados de situação hidrológica às autoridades de proteção civil e avisos à navegação local sobre as condições de navegabilidade do Rio Douro (Câmara

<sup>13</sup> <https://sniamb.apambiente.pt/content/geo-visualizador?language=pt-pt> (consultado a 28/05/2022)

<sup>14</sup> <https://apambiente.pt/agua/planos-de-gestao-dos-riscos-de-inundacoes> (consultado a 28/05/2022)

Municipal do Porto, 2015) São utilizados diferentes níveis de alerta que se encontram na tabela 4. O alerta deve ser emitido através de diferentes meios de difusão de informação com o objetivo de garantir a fiabilidade da comunicação. Este pode ser emitido através de fax, email, mensagem escrita ou telefone (Município de Vila Nova de Gaia, 2012).

Tabela 4 - Níveis de alerta (adaptado de Município de Vila Nova de Gaia, 2012)

Níveis de Alerta	Medidas de Atuação
<b>Azul</b>	Os serviços devem garantir uma prontidão imediata de 10% do seu efetivo. Os serviços devem garantir que os seus responsáveis e funcionários estão facilmente contactáveis para possíveis acionamentos. Este nível de alerta existirá sempre que, de acordo com a matriz do risco tipificado, o grau de risco seja moderado.
<b>Amarelo</b>	Os serviços devem garantir uma prontidão de 25% do seu efetivo até duas horas. Os serviços devem garantir as condições mínimas de operacionalidade para previsíveis acionamentos. Deverão prever a manutenção de algumas equipas/brigadas em estado de prevenção. Este nível de alerta existirá sempre que, de acordo com a matriz do risco tipificado, o grau de risco é moderado com gravidade moderada e probabilidade média-alta.
<b>Laranja</b>	Os serviços devem garantir uma prontidão de 50% do seu efetivo a seis horas. Os serviços devem garantir o reforço do estado de prontidão operacional, constituindo de imediato equipas/brigadas indispensáveis para fazer face à emergência. Este nível de alerta existirá sempre que, de acordo com a matriz do risco tipificado, o grau de risco é elevado.
<b>Vermelho</b>	Os serviços devem garantir uma prontidão de 100% do seu efetivo a 12 horas. Os serviços devem garantir o estado de prontidão operacional. O Presidente da Câmara deve coordenar todas as operações, deve ser convocada a CMPC e decidido ativar o Plano Municipal de Emergência. Este nível de alerta existirá sempre que, de acordo com a matriz do risco tipificado, o grau de risco é extremo. A informação do nível de alerta deve ser sempre comunicada à estrutura de nível superior, CDOS Porto.

A nível ocupacional, não está previsto legalmente que as empresas contemplem o risco de cheias nos seus relatórios de segurança, à exceção de estabelecimentos contendo substâncias perigosas de acordo com o Decreto-Lei n.º 150/2015, de 5 de agosto, que estabelece o regime de prevenção de acidentes graves que envolvem substâncias perigosas e de limitação das suas consequências para a saúde humana e para o ambiente.

Segundo a Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro que corresponde ao Regime Jurídico da Promoção da Segurança e Saúde no Trabalho, e ANEPC (2016), as empresas têm a responsabilidade de assegurar a segurança e proteção dos seus trabalhadores e a gestão da emergência, sendo que os planos de emergência e o estabelecimento de medidas de autoproteção são uma das maneiras de concretizá-la.

Ainda, segundo a Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro, artigo 15.º, o empregador deve, entre outros deveres, assegurar que:

- “(...) as medidas de prevenção implementadas devem ser antecedidas e corresponder ao resultado das avaliações dos riscos associados às várias fases do processo produtivo (...);
- (...) adotar medidas e dar instruções que permitam ao trabalhador, em caso de perigo grave e iminente que não possa ser tecnicamente evitado, cessar a sua atividade ou afastar-se imediatamente do local de trabalho, sem que possa retomar a atividade enquanto persistir esse perigo, salvo em casos excepcionais e desde que assegurada a proteção adequada (...);
- (...) estabelecer em matéria de primeiros socorros, de combate a incêndios e de evacuação as medidas que devem ser adotadas e a identificação dos trabalhadores responsáveis pela

*sua aplicação, bem como assegurar os contactos necessários com as entidades externas competentes para realizar aquelas operações e as de emergência médica.*

- *Na aplicação das medidas de prevenção, o empregador deve organizar os serviços adequados, internos ou externos à empresa, estabelecimento ou serviço, mobilizando os meios necessários, nomeadamente nos domínios das atividades técnicas de prevenção, da formação e da informação, bem como o equipamento de proteção que se torne necessário utilizar (...)*”.

Por sua vez, segundo o artigo 17.º, o trabalhador deve:

- *“Cumprir as prescrições de segurança e de saúde no trabalho estabelecidas nas disposições legais e em instrumentos de regulamentação coletiva de trabalho, bem como as instruções determinadas com esse fim pelo empregador;*
- *Zelar pela sua segurança e pela sua saúde, bem como pela segurança e pela saúde das outras pessoas que possam ser afetadas pelas suas ações ou omissões no trabalho, sobretudo quando exerça funções de chefia ou coordenação, em relação aos serviços sob o seu enquadramento hierárquico e técnico (...);*
- *(...) Cooperar ativamente na empresa, no estabelecimento ou no serviço para a melhoria do sistema de segurança e de saúde no trabalho, tomando conhecimento da informação prestada pelo empregador e comparecendo às consultas e aos exames determinados pelo médico do trabalho;*
- *Comunicar imediatamente ao superior hierárquico ou, não sendo possível, ao trabalhador designado para o desempenho de funções específicas nos domínios da segurança e saúde no local de trabalho as avarias e deficiências por si detetadas que se lhe afigurem suscetíveis de originarem perigo grave e iminente, assim como qualquer defeito verificado nos sistemas de proteção;*
- *Em caso de perigo grave e iminente, adotar as medidas e instruções previamente estabelecidas para tal situação, sem prejuízo do dever de contactar, logo que possível, com o superior hierárquico ou com os trabalhadores que desempenham funções específicas nos domínios da segurança e saúde no local de trabalho (...)*”.

Relativamente à informação dos trabalhadores e segundo o artigo 19.º da lei referida anteriormente, *“o trabalhador, assim como os seus representantes para a segurança e para a saúde na empresa, estabelecimento ou serviço, deve dispor de informação atualizada sobre (...) as medidas de emergência e primeiros socorros, de evacuação de trabalhadores e de combate a incêndios, bem como os trabalhadores ou serviços encarregues de as pôr em prática”.*

Relativamente à elaboração do plano de emergência interno, este recai sobre o serviço de segurança e saúde no trabalho nomeado pela empresa. Segundo o artigo 73.º-B *“O serviço de segurança e de saúde no trabalho deve tomar as medidas necessárias para prevenir os riscos profissionais e promover a segurança e a saúde dos trabalhadores, nomeadamente (...) participar na elaboração do plano de emergência interno, incluindo os planos específicos de combate a incêndios, evacuação de instalações e primeiros socorros”* e artigo 75.º *“a empresa ou o estabelecimento, qualquer que seja a modalidade do serviço de segurança e saúde no trabalho,*

*deve ter uma estrutura interna que assegure as atividades de emergência e primeiros socorros, de evacuação de trabalhadores e de combate a incêndios”.*

Após consulta de alguns planos de emergência de várias empresas foi possível constatar que não há um esforço para se perceber se o local de trabalho está exposto a algum tipo de risco natural. Sendo que o risco natural mais indicado é o sismo. Por outro lado, constatou-se que as empresas localizadas nas zonas ribeirinhas, nem sempre têm nomeado um ou mais responsáveis pela segurança e saúde no trabalho.

Especificamente na zona crítica do Porto/VNG, que apresenta um elevado nível de atividades económicas do setor de Alojamento e Restauração (APA, 2020), foi possível perceber que a maioria das empresas e respetivos colaboradores confiam na atuação da ANEPC e nos serviços municipais de proteção civil aquando da ocorrência deste evento. No entanto, a atuação da ANEPC na gestão do risco de cheias foca-se em abordagens metodológicas que têm em conta diferentes escalas, nomeadamente, regional, estratégica (englobando um planeamento urbano ou municipal) e específica (aplicável para um local em particular) (ANEPC, 2016), não tendo esta a responsabilidade de agir sobre as empresas.

Ainda, após recolha de notícias jornalísticas<sup>15</sup> e relatos dos trabalhadores da empresa que colaborou neste trabalho, foi possível perceber que nem sempre as empresas são avisadas atempadamente pelas entidades responsáveis. O facto deste aviso ser dado tardiamente (e em algumas situações, nem sequer ser dado), faz com que os prejuízos para as empresas sejam maiores afetando de forma negativa os trabalhadores, quer a nível psicológico, uma vez que existe um aumento da apreensão e stress, quer a nível de riscos profissionais a que os trabalhadores ficam expostos aquando da limpeza do local de trabalho e reparação do espaço e/ou equipamentos.

É necessário que as empresas e os seus trabalhadores participem de forma mais ativa na promoção da segurança em situação de emergência causada pelo risco de cheias no rio Douro e que sejam nomeados responsáveis pela segurança e saúde no trabalho ou que sejam contratadas empresas externas para o efeito.

## **2.5 Enquadramento Legal e Normativo**

Para enquadramento legal do trabalho desenvolvido nesta dissertação, segue-se uma compilação dos principais diplomas legais e normas que se relacionam com os temas abordados. Note-se que alguns deles, já foram mencionados ao longo do texto.

Relativamente à gestão e avaliação de riscos:

- Foi utilizada a norma ISO 31000:2018. *Risk Management – Guidelines* como base de um processo de gestão de risco e foram utilizados alguns conceitos explicados nesta norma, para enquadrar o trabalho relativamente à avaliação e análise de risco;

---

<sup>15</sup> <https://expresso.pt/sociedade/2019-12-20-Moradores-e-comerciantes-de-Miragaia-no-Porto-ja-nao-estranham-as-cheias> (consultado a 10/02/2022)

- A ISO/IEC 31010:2019. *Risk Management – Risk Assessment Techniques* e o ISO *Guide 73:2009. Risk Management – Vocabulary* foram utilizados para explicitar alguns conceitos abordados no capítulo 2.3.

Relativamente à gestão de inundações, surgem dois principais documentos importantes:

- A Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro (alterada pelos Decretos-Lei n.ºs 245/2009, de 22 de setembro; 60/2012, de 14 de março e 130/2012, de 22 de junho e pelas Leis n.º 42/2016, de 28 de dezembro e n.º 44/2017, de 19 de junho) que aprova a Lei da Água, transpondo para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro, e estabelecendo as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas;
- O Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro que estabelece um quadro para a avaliação e gestão dos riscos de inundações, com o objetivo de reduzir as suas consequências prejudiciais, e transpõe a Diretiva n.º 2007/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro, relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações. No seguimento deste Decreto-Lei, foi elaborado o Plano de Gestão dos Riscos de Inundações (PGRI) para as várias bacias hidrográficas de Portugal. Este plano abrange todos os aspetos da gestão dos riscos de cheias e inundações, tem como objetivo reduzir o risco nas áreas de possível inundação. O PGRI comporta dois ciclos de planeamento: de 2016-2021 e 2022-2027. Para acompanhar a aplicação da Diretiva 2007/60/CE, de 23 de outubro foi criada a Comissão Nacional da Gestão dos Riscos de Inundações (CNGRI) que engloba representante da APA, ANEPC, Direção-Geral do Território (DGT), da Região Autónoma dos Açores, da Região Autónoma dos Madeira e da Associação Nacional de Municípios Portugueses (ANMP).

Ambos os diplomas transpõem para a legislação nacional, diretivas europeias que foram criadas com o intuito de fazer a gestão sustentável da água e a gestão do risco de inundações. Estas diretivas tiveram como base o facto de considerarem que “*a água não é um produto comercial como outro qualquer, mas um património que deve ser protegido, defendido e tratado como tal*” (Diretiva 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro) e o agravamento do fenómeno de cheias no território europeu que provocou perdas humanas e económicas consideráveis.

Como diplomas legais que regulam a atividade em caso de emergência foram consultados:

- Lei n.º 27/2006, de 03 de julho (alterada pela Rectificação n.º 46/2006, de 07/08, Lei Orgânica n.º 1/2011, de 30/11 e Lei n.º 80/2015, de 03/08) que corresponde à Lei de Bases da Proteção Civil;
- Decreto-Lei n.º 134/2006, de 25 de julho, relativo ao Sistema Integrado de Operações de Proteção e Socorro;
- Lei n.º 65/2007, de 12 de novembro que define o enquadramento institucional e operacional da proteção civil no âmbito municipal, estabelece a organização dos serviços municipais de proteção civil e determina as competências do comandante operacional municipal.

Ainda relativamente à emergência e para elaboração da metodologia neste trabalho, foram consultados outros documentos considerados essenciais, nomeadamente:

- Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Vila Nova de Gaia (setembro, 2012);
- Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Câmara Municipal do Porto (setembro, 2012);
- Guia de Orientação para a elaboração do Plano de Emergência Interno Simplificado (agosto, 2016) – ANEPC e APA;
- Guia de orientação para a elaboração do Relatório de Segurança – APA, 2020;
- Avaliação Nacional de Risco – julho 2019 (ANEPC, 2019).

Relativamente à promoção da segurança e saúde no trabalho, foram consultados:

- Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro, - Regulamenta o regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho e que foi alterada pela Lei n.º 42/2012, de 28 de agosto, Lei n.º 3/2014, de 28 de janeiro, Decreto-Lei n.º 88/2015, de 28 de maio, Lei n.º 146/2015, de 09 de setembro, Lei n.º 28/2016, de 23 de agosto, Lei n.º 79/2019, de 02 de setembro e Decreto-Lei n.º 20/2020, de 1 de maio;
- Resolução n.º 25/2008, de 18 de julho (Diretiva da Comissão Nacional de Proteção Civil relativa aos Critérios e Normas Técnicas para a Elaboração de Planos de Emergência de Proteção Civil).

## 2.6 Conhecimento Científico

### 2.6.1 Descrição da metodologia de revisão bibliográfica

A revisão de literatura seguiu as diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analysis (PRISMA) Statement* (Page et al., 2021). A pesquisa foi efetuada nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*. Na base de dados *Scopus*, a pesquisa foi efetuada utilizando a combinação de “*Title+Abstract+Keywords*” na base de dados *Web of Science* foi feita a pesquisa em “*All Fields*”. As palavras-chave utilizadas encontram-se enumeradas na tabela 5.

Em todas as pesquisas foi adicionado os seguintes critérios de pesquisa: “*risk assessment*”, “*risk evaluation*” e “*risk management*” separados pelo operador Booleano “OR”. Os filtros utilizados na pesquisa foram os seguintes:

- 1) data – foram considerados apenas os artigos datados de 2017 a 2022;
- 2) tipo de documento – apenas foram considerados artigos de pesquisa;
- 3) tipo de fonte – foram considerados apenas artigos provenientes de jornais;
- 4) língua – foram considerados apenas artigos em inglês.

Tabela 5 - Palavras-chave e critério de pesquisa

Nº	Palavras-chave
1	"flood risk assessment" + "fluvial flood"
2	"flood risk" + "civil protection"
3	"flood risk" + "municipal emergency planning"
4	"flood risk management" + "urban susceptibility"
5	"flood risk management" + "emergency planning"
6	"flood risk management" + "fluvial flood"
7	"flood risk management" + "urban vulnerability"
8	"flood risk" + "risk management" + "emergency planning"
9	"risk management" + "river flood"
10	"urban flood resilience" + "risk management"
<b>Critério</b>	"keyword" + and("risk assessment"or"risk evaluation"or"risk management")

O critério de elegibilidade estabelecido foi “avaliação de risco” (“*risk assessment*”, em inglês). Após a aplicação dos critérios de exclusão, os artigos foram analisados por títulos e resumos. Foram selecionados para leitura integral os artigos que estavam de acordo com o critério de elegibilidade. O resultado desta pesquisa encontra-se sintetizado na figura 2.

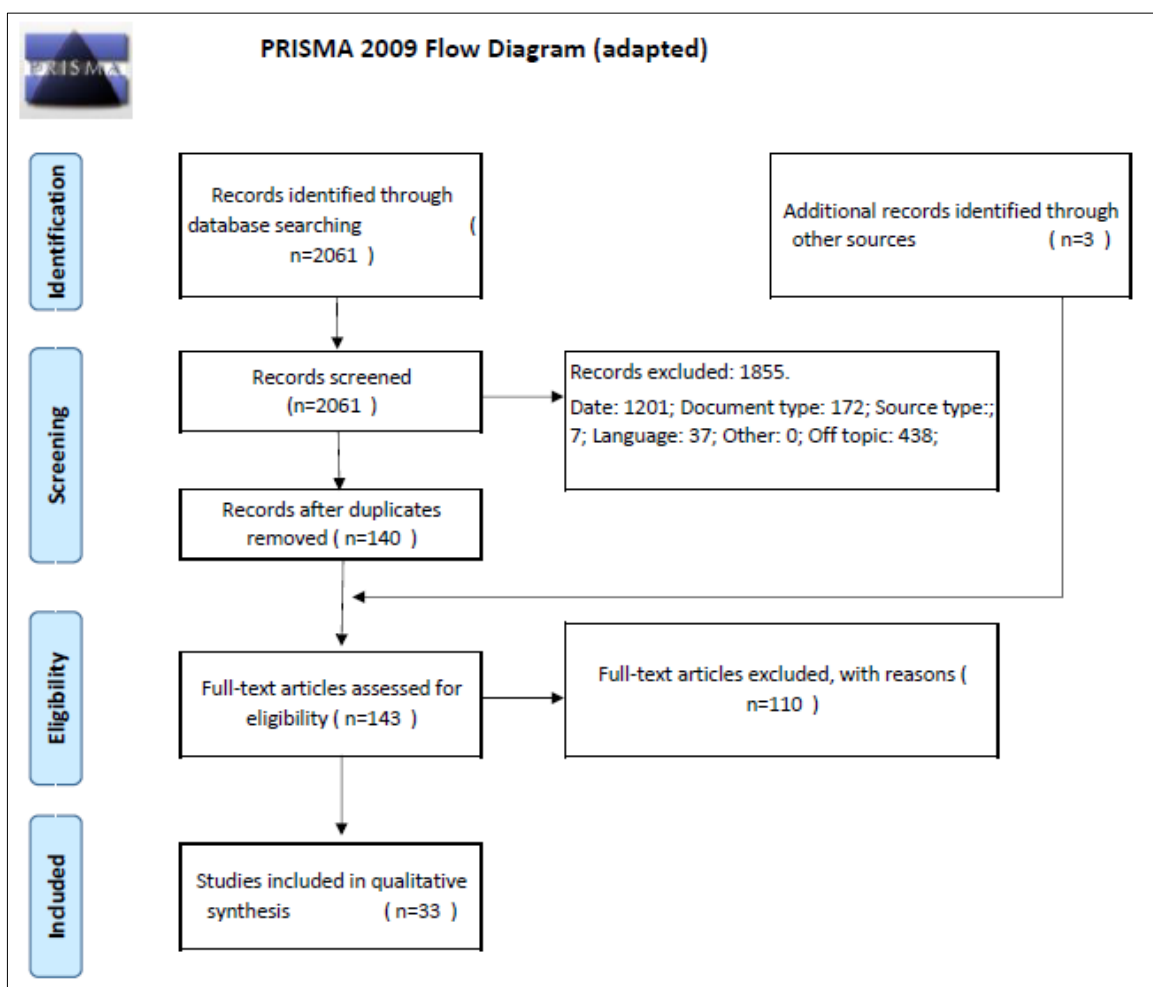


Figura 2 - Flow Diagram (Moher et al., 2009)

Após pesquisa nas bases de dados, foi possível obter 2061 resultados dos quais 1417 foram removidos após a aplicação dos filtros de pesquisa. Após a primeira análise, 438 artigos foram excluídos, uma vez que não estavam de acordo com o tema, resultando assim em 206 artigos restantes. Depois da remoção dos artigos duplicados, obteve-se 143 artigos. Resultaram 34 artigos, que foram lidos na íntegra, após a aplicação dos critérios de elegibilidade. De seguida, procedeu-se à leitura na íntegra, onde 4 artigos foram eliminados, uma vez que não se enquadravam no tema, resultando em 30 artigos. Após a análise destes, foi utilizada a técnica de *snowballing*. A partir desta análise foi possível obter 3 novos artigos que foram lidos integralmente uma vez que tinham potencial para a técnica de risco ser testada neste trabalho (Zonensein et al, 2008, Pereira et al., 2020) ou porque serviram de auxílio para valoração dos parâmetros do índice de risco testado (Santos et al., 2019). Assim, resultaram 33 artigos que foram utilizados na revisão de literatura.

### **2.6.2 Resultados da pesquisa**

Os 33 artigos analisados foram divididos pela sua distribuição geográfica e a representação gráfica desta distribuição encontra-se no gráfico 4. Os países enumerados de seguida, correspondem à ordem decrescente do número de artigos:

- Itália (Arrighi et al., 2018; Dottori et al., 2018; Cuca, 2020; Minucci et al., 2020; Tiepolo et al., 2021; Arosio et al., 2021);
- Brasil (Zonensein et al., 2008; Miguez et al., 2019; Veról et al., 2019; Rezende et al., 2020; Pereira et al., 2020);
- Reino Unido (Speight et al., 2017; Hammond et al., 2018; Webber et al., 2021; Yin et al., 2021);
- Portugal (Santos et al., 2018, Santos et al., 2019; Figueiredo et al., 2020);
- China (Liu et al., 2020; Wang et al., 2020);
- Alemanha (Bhola et al., 2020; Schröter et al., 2021);
- Grécia (Papaioannou et al., 2018; Diakakis et al., 2020);
- Japão (Kinoshita et al., 2018);
- Polónia (Borowska-Stefańska et al., 2019);
- Sérbia (Gigović et al., 2017).

Constata-se que mais de metade dos artigos selecionados foram produzidos na Europa. Nenhum dos artigos analisados foram escritos pelo mesmo autor, porém existem alguns autores que são coautores de outros artigos (Arrighi et al., 2018; Dottori et al., 2018; Miguez et al., 2019; Veról et al., 2019; Arosio et al., 2021).

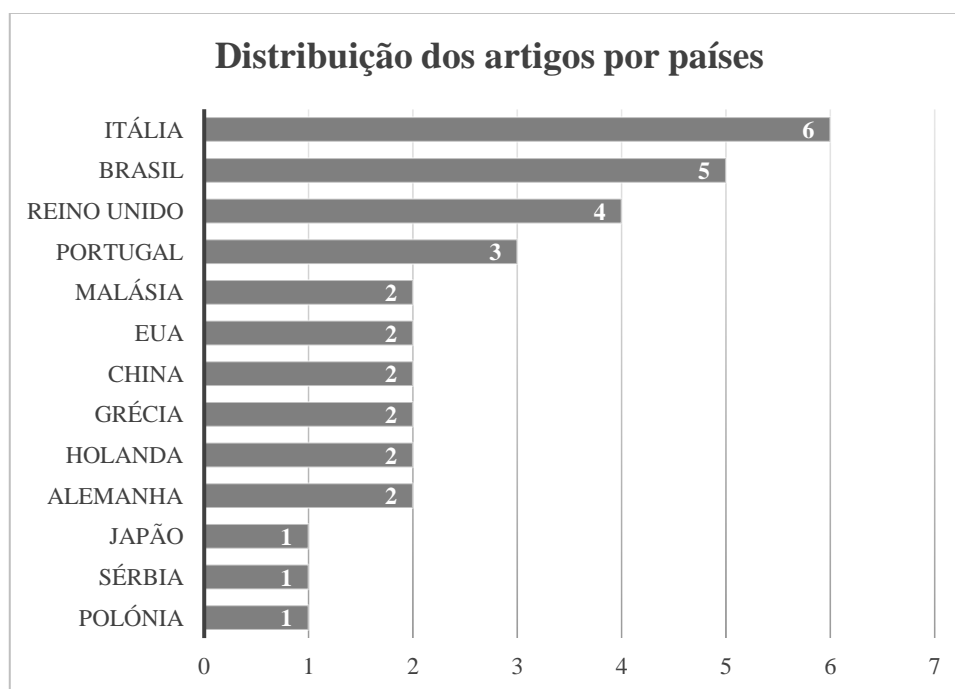


Gráfico 4 - Distribuição dos artigos por países

De seguida, os artigos foram divididos pela área de estudo, cuja distribuição é visível no gráfico 5. Esta análise é relevante uma vez que existem diferentes abordagens do mesmo tema dependendo da área de estudo. A área de estudo a que correspondem mais artigos é a seguinte, por ordem decrescente:

- Gestão do Risco de Cheias (Zonensein et al., 2008; Speight et al., 2017; Dottori et al., 2018; Miguez et al., 2019; Minucci et al., 2020; Bhola et al., 2020; Omar et al., 2020; Wang et al., 2020; Zevenbergen et al., 2020; Webber et al., 2021; Tiepolo et al., 2021);
- Ambiente (Xu et al., 2017; Arrighi et al., 2018; Kinoshita et al., 2018; Borowska-Stefańska et al., 2019; Ignjacevic et al., 2020; Rezende et al., 2020; Pereira et al., 2020; Yin et al., 2021);
- Hidrologia (Papaioannou et al., 2018; Rehan, 2018; Sadegh et al., 2018; Liu et al., 2020; Arosio et al., 2021);
- Geografia (Santos et al., 2018; Santos et al., 2019);
- Engenharia (Hammond et al., 2018);
- Arquitetura (Veról et al., 2019);
- Gestão de Emergência (Cuca, 2020);
- Geologia (Diakakis et al., 2020);
- Geociências (Schröter et al., 2021);
- Gestão de Risco (Figueiredo et al., 2020);
- Gestão da Água (Gigović et al., 2017).

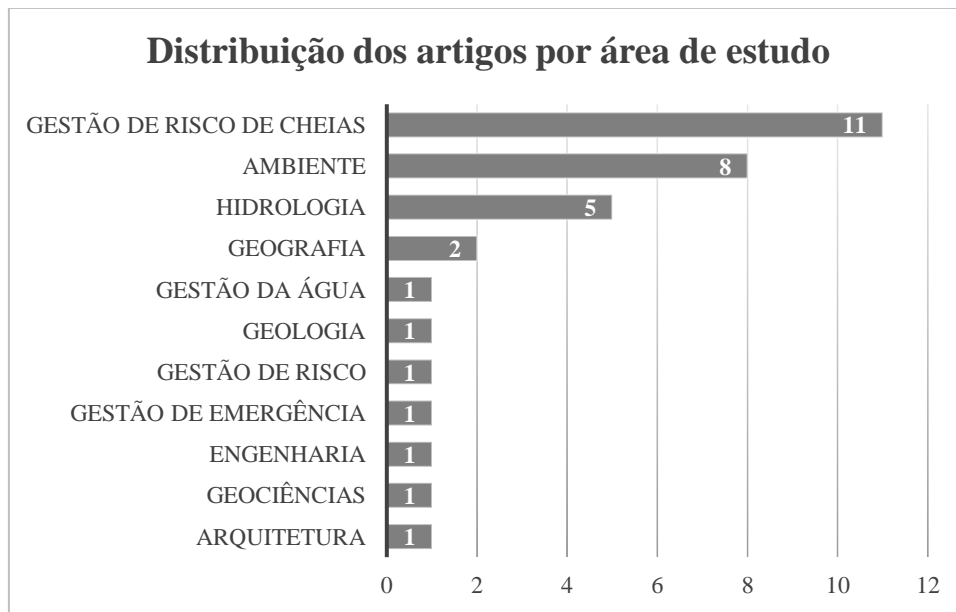


Gráfico 5 - Distribuição dos artigos por área de estudo

A maioria dos artigos analisados consideram rios ou bacias hidrográficas nos seus estudos de caso (Zonensein et al., 2008; Speight et al., 2017; Xu et al., 2017; Gigović et al., 2017; Rehan, 2018; Sadegh et al., 2018; Santos et al., 2018; Veról et al., 2019; Miguez et al., 2019; Santos et al., 2019; Bholá et al., 2020; Cuca, 2020; Liu et al., 2020; Rezende et al., 2020; Pereira et al., 2020; Tiepolo et al., 2021; Arosio et al., 2021). Dos artigos analisados, os rios ou bacias hidrográficas encontram-se num contexto urbano (Zonensein et al., 2008; Gigović et al., 2017; Arrighi et al., 2018; Rehan, 2018; Hammond et al., 2018; Sadegh et al., 2018; Borowska-Stefańska et al., 2019; Santos et al., 2019; Cuca, 2020; Bholá et al., 2020; Liu et al., 2020; Minucci et al., 2020; Rezende et al., 2020; Pereira et al., 2020; Arosio et al., 2021; Webber et al., 2021) ou num contexto considerado misto, uma vez que porções do rio ou bacia hidrográfica se encontram tanto num contexto urbano como rural ou suburbano (Xu et al., 2017; Speight et al., 2017; Dottori et al., 2018; Papaioannou et al., 2018; Santos et al., 2018; Veról et al., 2019; Miguez et al., 2019; Figueiredo et al., 2020; Wang et al., 2020; Zevenbergen et al., 2020; Schröter et al., 2021; Tiepolo et al., 2021) e é possível observar-se esta distribuição no gráfico 6. Alguns artigos não puderam ser classificados desta maneira, uma vez que os autores tiveram outros tipos de abordagem, nomeadamente o risco de cheias ser tratado de forma teórica (Kinoshita et al., 2018; Ignjacevic et al., 2020; Yin et al., 2021) ou medidas de emergência (Diakakis et al., 2020; Omar et al., 2020).

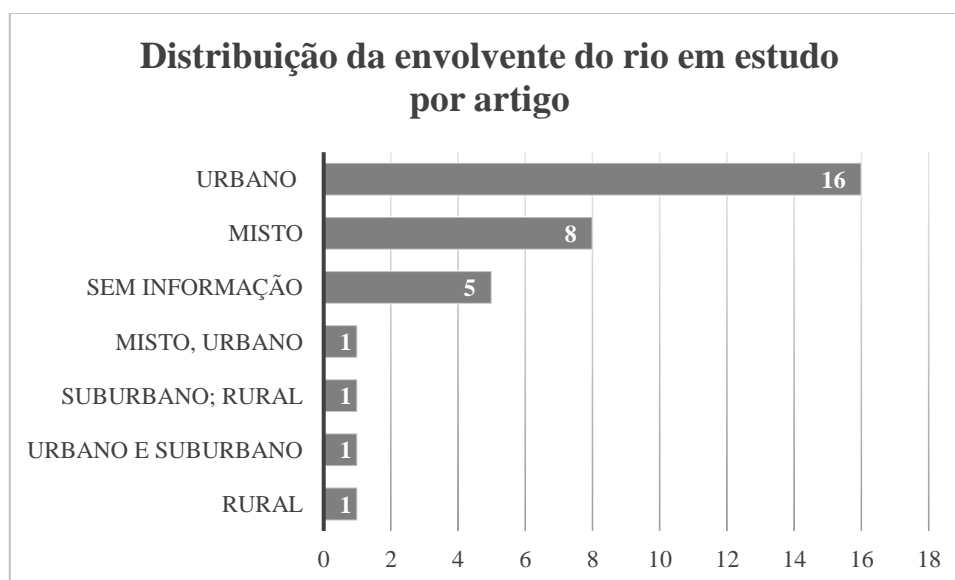


Gráfico 6 - Distribuição da envolvente do rio em estudo por artigo

De forma geral, no que toca às cheias que afetam a região Norte de Portugal Continental, foi possível perceber que estas estão associadas a fenómenos meteorológicos nomeadamente a Oscilação do Atlântico Norte (NAO, do original *North Atlantic Oscillation*) que desempenha um papel fundamental no tempo e clima europeus, incluindo a temperatura e os extremos de precipitação. A variabilidade a longo prazo do NAO tem estado associada à tendência descendente da precipitação, no Inverno, no Sudoeste da Europa e no Noroeste de África, durante as últimas quatro décadas. Durante a fase negativa do NAO, a faixa de tempestade atlântica desloca-se para sul e leva a uma instabilidade atmosférica anormalmente elevada e a condições húmidas no Sul da Europa, na Bacia do Mediterrâneo e no Norte de África. Por conseguinte, nestas regiões, anos com grandes inundações ou com um número anormalmente elevado de cheias tendem a ocorrer quando o NAO se encontra na sua fase negativa. O padrão do Atlântico Este é também um padrão proeminente em grande escala dentro do sector euro-atlântico, particularmente durante o Inverno, e é conhecido por controlar significativamente os padrões de precipitação e temperatura do ar em várias áreas da Europa, incluindo Portugal. Relativamente aos mecanismos de desencadeamento de cheias em Portugal, foi demonstrado que o tipo de tempo de circulação ciclónica (tipo C) é o mais favorável a ocorrências de cheias prejudiciais no Norte de Portugal. O tipo C está geralmente associado a fluxos do sudoeste e condições atmosféricas instáveis em Portugal, devido aos transportes e ao avanço das massas de ar húmidas do Atlântico sobre o país, condições que tipicamente favorecem os processos geradores de chuva (Santos et al., 2018).

No estudo de Santos et al. (2018), de um universo de 2318 cheias que provocaram estragos, ocorridas de 1865 a 2016 na região Norte de Portugal Continental, 48% ocorreram na Área Metropolitana do Porto, apresentado o Rio Douro o maior número de cheias catastróficas. A grande concentração de população e a existência de áreas artificializadas fazem com que a exposição ao risco de cheias desta zona seja maior.

Segundo Ignjacevic et al. (2020), que analisou diferentes cenários de alterações climáticas para a construção de um modelo de risco de cheias e relacionou os impactos económicos provocados por estas, aponta a cidade do Porto como a segunda cidade europeia com mais perdas económicas

advindas deste risco provocadas pelas alterações climáticas, uma vez que se considera que existe espaço insuficiente para medidas de adaptação às cheias.

### 2.6.2.1 Avaliação de risco

Foi feita uma análise relativamente aos métodos de análise de risco mais utilizadas e este encontra-se ilustrado no gráfico 7.

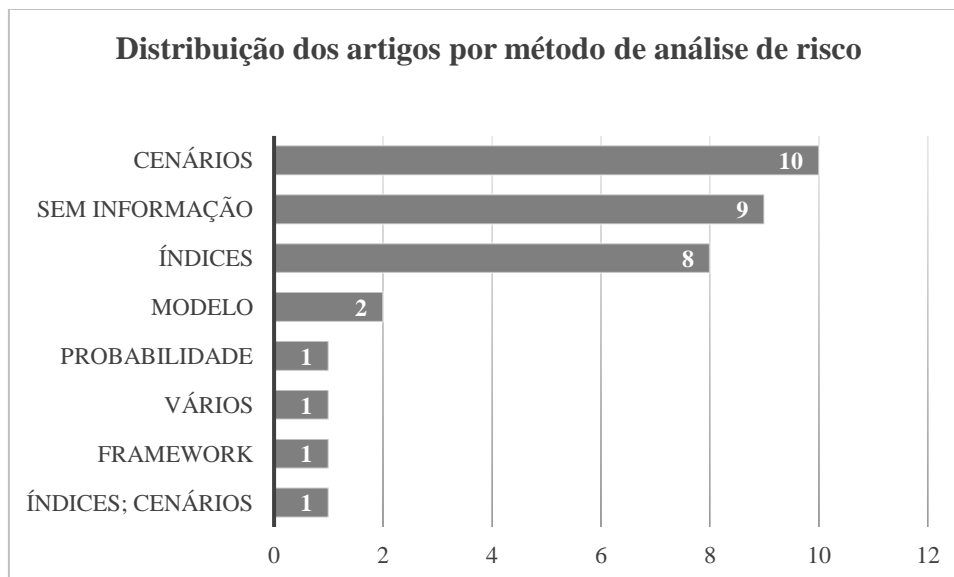


Gráfico 7 - Distribuição dos artigos por método de análise de risco

Relativamente aos artigos que não têm informação neste parâmetro, estes referem-se a estudos que se focam principalmente em medidas de emergência e em que não é feita uma quantificação do risco (Borowska-Stefańska et al., 2019; Diakakis et al., 2020; Omar et al., 2020; Wang et al., 2020); outros autores falam sobre medidas de resiliência (Zevenbergen et al., 2020); outros falam sobre o risco de cheias, mas sem quantificarem o risco ou utilizarem uma técnica específica (Cuca, 2020; Gigović et al., 2017; Minucci et al., 2020; Veról et al., 2019).

As técnicas mais utilizadas são os índices de risco e os cenários de risco (ou uma combinação dos dois). Para além destes métodos, são também utilizados modelos estatísticos – Rehan (2018) utilizou a probabilidade de uma descarga extrema para avaliar o risco de cheias – ou *frameworks* de risco – onde são estudadas diferentes formas de abordar o risco (Speight et al., 2017; Hammond et al., 2018; Ignjacevic et al., 2020).

Em relação aos índices de risco, alguns autores validam os índices estudados por outrem (Xu et al., 2017; Santos et al., 2018; Miguez et al., 2019; Santos et al., 2019; Pereira et al., 2020) ou são testados os índices da sua própria autoria (Zonensein et al., 2008; Dottori et al., 2018; Figueiredo et al., 2020; Rezende et al., 2020). Os índices de risco são uma técnica que serve para quantificar o nível de risco de cheia numa dada localização. Para isto, são utilizados diferentes parâmetros que diferem de artigo para artigo ou são adaptados de outros trabalhos para se ajustarem ao caso de estudo específico (Xu et al., 2017; Santos et al., 2018; Figueiredo et al., 2020). Um resumo dos artigos que utilizam os índices de risco encontra-se na tabela 6.

Tabela 6 - Índices de Risco

Referência	Técnica de análise de risco	Índice	Parâmetros do índice	Comentários
Zonensein et al., 2008	Índice	FRI ( <i>Flood Risk Index</i> )	Propriedades da cheia (profundidade, duração, velocidade) e consequências (densidade, salinidade, tráfego, condições de saneamento)	Autoria Própria
Xu et al., 2017	Índice	<i>Flood Regulation Index and Flood Hazard Index</i> (adaptado)	Probabilidade de Excedência de Cheias; Índice de duração das cheias; Índice de Magnitude da Inundação; Índice de frequência das cheias	Modificado de Cheng et al., (2013); Logsdon & Chaubey, (2013)
Santos, Fragoso & Santos, 2018	Índice	FSI ( <i>Flood Severity Index</i> )	Classificação da severidade das cheias	Modificado de Schroeder et al. (2016)
Dottori, Martina & Figueiredo, 2018	Índice	Iw ( <i>Flood Intensity Index</i> )	Inclinação da superfície da água, velocidade do fluxo, profundidade da água; processo de iteração para fontes de inundação simples ou complexas	Autoria própria (Dottori, 2012)
Miguez, Raupp & Veról, 2019	Índice	FRI ( <i>Flood Risk Index</i> ) (adaptado)	Propriedades de inundação (profundidade, fator de duração); consequências (densidade habitacional, rendimento per capita, saneamento inadequado)	Autoria própria (Zonensein et al., 2008)
Santos et al., 2019	Índice	SFS ( <i>Stream Flood Susceptibility</i> )	Permeabilidade relativa, uso do solo, ângulo médio de declive	Autoria própria
Pereira et al., 2020	Índice	IRI ( <i>Inundation Risk Index</i> )	Suscetibilidade (vegetação, pedologia, altimetria, declive) e Vulnerabilidade (educação, idade, salário, aglomerados anormais, densidade demográfica)	Modificado de Zonensein et al., 2008
Figueiredo, Romão & Paupério, 2020	Índice; cenários	HFR ( <i>Heritage Flood Risk</i> )	Cenários de risco, probabilidade anual de ocorrência do cenário de risco, índice de valor do património cultural, profundidade da água e impacto das cheias	Autoria própria
Rezende et al., 2020	Índice; cenários	Ri-SoRCI ( <i>Risk to Socioeconomic Recovery Capacity Index</i> )	Indicador de valor relativo, indicador de suscetibilidade de construção, indicador de vulnerabilidade social, um indicador de pessoas vulneráveis, fator de velocidade	Autoria própria

Os cenários de risco consideram eventos com determinadas características que servem para avaliar que consequências uma determinada cheia provocaria num determinado local. Normalmente, são utilizados diferentes períodos de retorno. Os cenários de risco são utilizados pelos autores diretamente para quantificarem o nível de risco numa dada localização (Arrighi et al., 2018; Sadegh et al., 2018; Arosio et al., 2021; Tiepolo et al., 2021) ou para avaliar a disrupção causada por uma cheia (como disrupção de serviços ou fecho de estradas) (Arrighi et al., 2018; Liu et al., 2020; Arosio et al., 2021). Alguns autores utilizam cenários de alterações climáticas para tentar perceber como estas alterariam o risco de cheias (Xu et al., 2017; Ignjacevic et al., 2020; Webber et al., 2021; Yin et al., 2021). Outros utilizam os cenários de risco como complemento à modelação de cheias (Kinoshita et al., 2018; Papaioannou et al., 2018; Bhola et al., 2020; Ignjacevic et al., 2020; Liu et al., 2020). A tabela 7 mostra um resumo dos artigos analisados que utilizam esta técnica.

Tabela 7 - Cenários de risco

Referência	Cenários	Período de retorno (anos)	Explicação breve	Comentários
Papaioannou et al., 2018	Baixos, médios, altos (correspondem aos cenários hidrológicos médios); 2 cenários extremos (fornecendo os limites de incerteza inferior e superior)	50, 100, 1000	Para cada período de retorno, calcula-se a extensão média, mínima e máxima da inundação; também se calculam cenários considerando as condições hidrológicas (precipitação de entrada, condições de humidade do solo e coeficientes de rugosidade dos períodos de retorno), o que dá um total de 9 cenários	Os cenários dão origem a 3 mapas de risco de inundação para cada cenário; os autores estudaram 3 rios que incorporam a cidade em estudo
Kinoshita et al., 2018	os cenários de vulnerabilidade foram desenvolvidos de acordo com 3 cenários socioeconómicos	Sem informação	Os autores estimaram futuras consequências potenciais de inundações, combinando futuras simulações de inundações, vias socioeconómicas partilhadas e cenários de vulnerabilidade associados a estas. Os autores obtiveram 105 cenários para uma avaliação dos danos potenciais das cheias	Os autores estimaram o impacto futuro potencial das inundações à escala global de acordo com um modelo dinâmico de inundação e cenários modelados de vulnerabilidade às cheias; consideraram também o efeito das alterações climáticas (aumento de temperatura de 1,5°C e 2°C)
Sadegh et al., 2018	Quadro geral para cenários de conceção e avaliação de riscos e suas correspondentes probabilidades	25, 50, 100, 200	Os autores introduzem um novo cenário de limiar médio ponderado baseado em cópulas para um evento esperado com múltiplos impulsionadores	É aplicável a vários eventos (cheia oceânica e fluvial, seca e ondas de calor)
Arrighi et al., 2018	Cenários de referência	30, 100	Os cenários de base foram utilizados para avaliar a segurança dos peões, o tráfego e a disponibilidade de emergência no caso de uma inundação	Mapa de risco mostrando o risco para os residentes e a vulnerabilidade dos peões
Bhola, Leandro & Disse, 2020	Cenários de probabilidade de excedência (alta, média, baixa)	Sem informação	Os autores conceberam três cenários com probabilidades de ultrapassagem diferenciadas, cada um referindo-se à classificação subjetiva de edifícios com impacto variável de cheias	O objetivo do trabalho é diferenciar os impactos das cheias em função da utilização dos edifícios, permitindo, portanto, uma maior flexibilidade para o perfil de perceção de risco variável dos interessados
Liu et al., 2020	Cada cenário considera a profundidade máxima de cheia	2, 5, 10, 20	Os cenários considerados destinavam-se a explorar a estratégia de controlo de cheias mais eficaz para rios de pequena e média escala em zonas altamente urbanizadas	-
Yin et al., 2021	Os cenários de base são comparados com 6 cenários que consideram as alterações climáticas o desenvolvimento socioeconómico	Sem informação	Cenários consideram diferentes aumentos de temperatura e desenvolvimentos socioeconómicos	Os cenários foram considerados em 6 países
Arosio et al., 2021	Cenários probabilísticos	10, 100, 200	Para cada cenário considerado, foram calculados os impactos (acessibilidade das estradas e a ligação entre fornecedores e utilizadores de serviços numa cidade)	Os cenários visam avaliar o risco de acessibilidade do serviço de uma cidade
Tiepolo et al., 2021	Frequente, moderado, raro	10, 30, 100	para cada cenário, foram consideradas duas linhas de base, uma sem redução do risco e outra com redução do risco, resultando em 12 cenários	Foi também realizada uma análise custo-benefício das medidas implementadas
Webber et al., 2021	Comparação de 2 cenários com diferentes períodos de retorno	Cenário base: 20, 100, 200; Cenário futuro 20, 200, 1000	comparação de um cenário de base (circunstâncias presentes) e um cenário futuro considerando as alterações climáticas	A utilização de cenários é para avaliar os benefícios da redução de cheias da resiliência às cheias dos bens materiais

Para representar o nível de risco, o elemento gráfico mais utilizado são os mapas de risco. Os mapas de risco são, não só uma ferramenta que permite facilmente comunicar o risco, como também é algo que passou a ser exigido com a Diretiva Europeia 2007/60/CE (Minucci et al., 2020). Para a elaboração destes, as ferramentas mais utilizadas são os SIG (Xu et al., 2017; Gigović et al., 2017; Glenis et al., 2018; Santos et al., 2018; Santos et al., 2019; Pereira et al., 2020; Figueiredo et al., 2020) e a deteção remota (Arosio et al., 2021; Cuca, 2020). Outras formas de representação do nível de risco são os gráficos (Dottori et al., 2018, Rehan, 2018, Sadegh et al., 2018; Speight et al., 2017) resultantes de modelos estatísticos ou matemáticos.

Relativamente às consequências, estas são divididas em 4 categorias: diretas (causados pelo contacto direto da água com humanos, propriedades ou outros objetos), indiretas (induzidos pelos efeitos dos danos diretos e podem ocorrer – quer no espaço e no tempo – fora do evento da inundação, por exemplo, interrupção do tráfego, do transporte e dos serviços públicos) e tangíveis (podem ser avaliados em termos monetários) e intangíveis (não pode ser avaliado em termos monetários) (Hammond et al., 2018; Santos et al., 2018). Esta classificação, embora seja frequentemente utilizada, pode ser aplicada a trabalhos que não a utilizem.

Dependendo do tipo de consequência considerada, o nível de risco encontrado varia de estudo para estudo. Algumas das consequências identificadas pelos autores são os impactos de uma cheia em diferentes tipos de edifícios (Bhola et al., 2020; Rehan, 2018; Webber et al., 2021), danos ao património cultural material (Cuca, 2020; Figueiredo et al., 2020; Papaioannou et al., 2018), danos em vias ou transportes (Arrighi et al., 2019; Hammond et al., 2018), danos em veículos (Arrighi et al., 2019), danos na saúde ou vida humana (Hammond et al., 2018; Kinoshita et al., 2018; Papaioannou et al., 2018; Zevenbergen et al., 2020), danos económicos (Ignjacevic et al., 2020; Kinoshita et al., 2018; Rezende et al., 2020; Zevenbergen et al., 2020) e danos ambientais (Papaioannou et al., 2018; Zevenbergen et al., 2020).

### **2.6.2.2 Emergência**

A principal medida de prevenção adotada é a evacuação preventiva da população exposta à cheia (Arrighi et al., 2019; Borowska-Stefańska et al., 2019; Wang et al., 2020). Outra medida, apresentada por Santos et al., (2018) e Omar et al. (2020), é a existência de sistemas de alerta prévio ou a vigilância de condições meteorológicas específicas, uma vez que as cheias se encontram associadas a fenómenos meteorológicos específicos, como já foi referido anteriormente. Borowska-Stefańska et al. (2019) refere que a prevenção dos danos causados pelas inundações pode ser obtida através da abolição da construção de habitações residenciais e instalações industriais nas zonas ameaçadas pelas cheias, procedimentos de evacuação e planeamento de procedimentos de emergência. Rehan (2018) defende que a existência de uma avaliação de vulnerabilidade e uma avaliação de custos de medidas, quer individuais quer coletivas, permitem traçar mais eficazmente medidas capazes de diminuir os impactos em edifícios residenciais, que foi o foco do estudo. Outros autores referem que um bom conhecimento dos impactos das cheias é também importante para delinear estratégias para a sua prevenção (Arrighi et al., 2019; Borowska-Stefańska et al., 2019).

Durante a ocorrência da cheia, as principais medidas concentram-se na concretização das medidas de emergência previamente definidas, bem como evacuações de emergência (Arrighi et al., 2019; Borowska-Stefańska et al., 2019; Wang et al., 2020).

Após o evento de cheia, Borowska-Stefańska et al. (2019) afirmam que se deve reestabelecer o funcionamento normal e a rápida mitigação dos efeitos causados pelas cheias, tanto social como economicamente.

### **2.6.2.3 Medidas de Mitigação do Risco de Cheias**

Como medidas de mitigação, a principal apontada são as medidas de engenharia (como a construção de barragens) (Borowska-Stefańska et al., 2019; Cuca, 2020; Liu et al., 2020; Zevenbergen et al., 2020). Recentemente, tem sido discutida a transição para medidas de mitigação naturais (como a existência de espaços verdes perto dos cursos de água, para facilitar a drenagem da água) e evitar a construção de edifícios perto de rios ou zonas que possam ser vulneráveis a cheias (Borowska-Stefańska et al., 2019; Miguez et al., 2019; Zevenbergen et al., 2020). Já outros autores (Kinoshita et al., 2018; Rehan, 2018), defendem a elaboração de avaliações de vulnerabilidade para se perceber que medidas se adaptam melhor ao local em estudo. As principais medidas existentes são compiladas por Hammond et al. (2018) nas tabelas 3 e 4 do seu artigo (pp. 432-433, Hammond et al., 2018).

Como alternativa, surge a restauração fluvial (*river restoration*, em inglês). Esta é uma estratégia que serve para controlar as cheias e restaurar a qualidade do ambiente fluvial. O conceito de restauração fluvial refere-se a uma grande variedade de medidas e práticas ecológicas, físicas, espaciais e de gestão para restaurar o estado natural e o funcionamento do sistema fluvial em apoio à biodiversidade, recreação, gestão de cheias e desenvolvimento paisagístico. O fator-chave para a restauração fluvial num contexto urbano é encontrar o ponto de equilíbrio entre a coexistência da cidade e do rio num melhor estado de qualidade ecológica, levando a uma solução de compromisso entre a paisagem natural e o ambiente construído. No entanto, esta estratégia nem sempre se revela economicamente viável (Miguez et al., 2019; Veról et al., 2019).

Por fim, e como abordagem mais recente, surge a resiliência às cheias. Embora seja amplamente utilizada nas políticas de gestão de riscos de inundação, é ainda largamente conceptual. O conceito de resiliência, por oposição à resistência (frequentemente definida como a capacidade de um sistema permanecer inalterado quando sujeito a perturbações), representa uma nova forma de pensar sobre a gestão dos riscos de cheias expandindo o seu objetivo de ir além da capacidade de "resistir" quando exposto a níveis de água elevados que foram previstos na conceção, no sentido da capacidade de "recuperar" de um evento de inundação (e/ou reduzir os impactos que surgem quando ocorrem fluxos que excedem a norma de conceção) e de "adaptar" ou "transformar" a abordagem existente com base no reconhecimento de que as condições foram ou irão mudar no futuro. Para este fim, o conceito de resiliência na gestão dos riscos de inundação contribuiu para a noção de que as sociedades devem aprender a viver com as inundações e devem mitigar as consequências desastrosas e não procurar evitá-las completamente. Resulta do acima exposto que uma estratégia resiliente de gestão dos riscos de inundação deve abranger a implementação de medidas de redução do risco de inundação através de uma combinação de proteção, prevenção e

preparação abrangendo uma vasta gama de probabilidades de inundação (desde eventos de inundação regulares a raras) para reduzir o risco de inundação e as consequências associadas (Zevenbergen et al., 2020).

## 2.7 Objetivos da Dissertação

Após a recolha de toda a informação que complementa o conhecimento teórico acerca do tema, revisão de literatura para conhecimento dos mais recentes métodos de análise de risco de cheias e medidas de emergência e enquadramento legal e normativo, foram encontrados algumas lacunas, nomeadamente: a escassez de literatura referente à atuação em caso de emergência provocadas por cheias em contexto ocupacional; literatura que apenas se foca na avaliação de risco ou na vertente de emergência, sem contemplar ambos; falta de estudos que contemplem a atuação dos trabalhadores em caso de emergência e problemas identificados pelos mesmos; escassez de documentação legal que garanta a segurança dos trabalhadores cujo local de trabalho se encontre em risco de ser afetado por cheias e o facto do local em estudo ser considerado uma zona crítica com risco considerável de cheias. Neste sentido foram estabelecidos objetivos gerais e específicos que pretendem dar resposta aos problemas encontrados.

A presente dissertação pretende dar resposta aos seguintes objetivos gerais:

- Aplicação de uma técnica de análise de risco que contenha como parâmetro a vulnerabilidade social e suscetibilidade física da área em estudo;
- Desenvolvimento de um guia que garanta a segurança dos trabalhadores das empresas afetadas por cheias, em caso de emergência.

A presente dissertação pretende dar resposta aos seguintes objetivos específicos:

- Perceber, através da revisão da literatura, os principais métodos de avaliação de risco de inundações fluviais em contexto urbano, medidas de emergência e medidas de mitigação;
- Perceber quais as necessidades das empresas no local em estudo;
- Perceber a que fatores de risco os trabalhadores de uma empresa estão expostos em caso de cheias;
- Aplicação de um índice de risco que tenha em conta a vulnerabilidade social do local em estudo;
- Desenvolvimento de um protocolo de atuação interno que possa ser aplicado nas empresas do local em estudo e que tenha como objetivo a proteção dos seus trabalhadores, em caso de emergência;
- Análise e desenvolvimento de medidas de atuação em caso de emergência, com aplicação nas empresas.



### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para dar resposta aos objetivos propostos, foi testado um índice de risco que contempla dois subíndices referentes à suscetibilidade física e vulnerabilidade social da área em estudo. Estes subíndices contemplam diversos parâmetros que permitem caracterizar a área em estudo quanto à sua suscetibilidade e vulnerabilidade a cheias. Foi utilizado um SIG, neste caso o *software* QGIS, que auxiliou na criação do mapa de risco de cheias. O índice testado, permite ainda que sejam criados mapas de suscetibilidade e vulnerabilidade para auxiliar a visualização das avaliações realizadas quanto a estes parâmetros. Neste sentido, foram produzidos 3 mapas.

Foi, ainda, desenvolvido um Protocolo de Atuação Interno, que tem como objetivo garantir a segurança dos trabalhadores em caso de emergência. Este protocolo foi desenvolvido para ser aplicado a empresas que se encontrem em risco de serem afetadas pelas cheias do rio Douro.

No subcapítulo 3.1, são apresentados os materiais e métodos utilizados ao longo da metodologia. No subcapítulo 3.2, é descrita a metodologia seguida na aplicação do índice que engloba: os critérios que levaram à escolha do índice; a adaptação ou criação de tabelas que auxiliam na valoração dos subíndices; cálculos para os subíndices e índice; e aplicação no QGIS da criação dos mapas de suscetibilidade, vulnerabilidade e risco de cheias. No subcapítulo 3.3, é descrita a metodologia seguida para a criação do Protocolo de Atuação Interno.

#### 3.1 Materiais e Métodos

Para desenvolvimento da avaliação de risco que é descrita no subcapítulo 3.2, foram utilizados os seguintes elementos:

- o Índice do Risco de Inundação (IRI, do original *Inundation Risk Index*) de Pereira et al. (2020);
- o software QGIS versão 3.22.4 Białowieża;
- a Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP)<sup>16</sup> de 2021;
- a Carta de Ocupação de Solos (COS)<sup>17</sup> de 2020;
- o modelo digital de superfície de Portugal (DEM, do original, *Digital Elevation Model*) (comunicação pessoal, 17 de março de 2022).

Para auxílio ao desenvolvimento das instruções de segurança e protocolo de atuação interno para proteção dos trabalhadores, que se encontra descrita no subcapítulo 3.3, foram consultados os seguintes documentos:

- Gestão do Risco de Inundação – Documento de Boas Práticas – ANEPC (2016)
- Plano de Emergência Municipal da Câmara Municipal do Porto (2015)
- Plano de Emergência Municipal da Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia (2012)

---

<sup>16</sup> <https://www.dgterritorio.gov.pt/cartografia/cartografia-tematica/caop> consultado no dia 11/04/2022.

<sup>17</sup> <https://www.dgterritorio.gov.pt/cartografia/cartografia-tematica/COS-CLC-COPERNICUS> consultado no dia 11/04/2022.

- Plano Nacional de Emergência – ANEPC (2019)
- OFB-EZ *toolkit* – Stitch (2021)

### 3.2 Avaliação de Risco

Para aplicação do índice de avaliação de risco, foi delimitada da bacia hidrográfica do rio Douro compreendida a jusante da Barragem de Lever-Crestuma, envolvendo parte dos municípios do Porto, VNG e Gondomar. Foram considerados as freguesias que têm pelo menos um limite como margem do rio. Na figura 3, é possível observar as freguesias consideradas. O ponto A, na figura 3, corresponde à localização da Barragem de Lever-Crestuma.

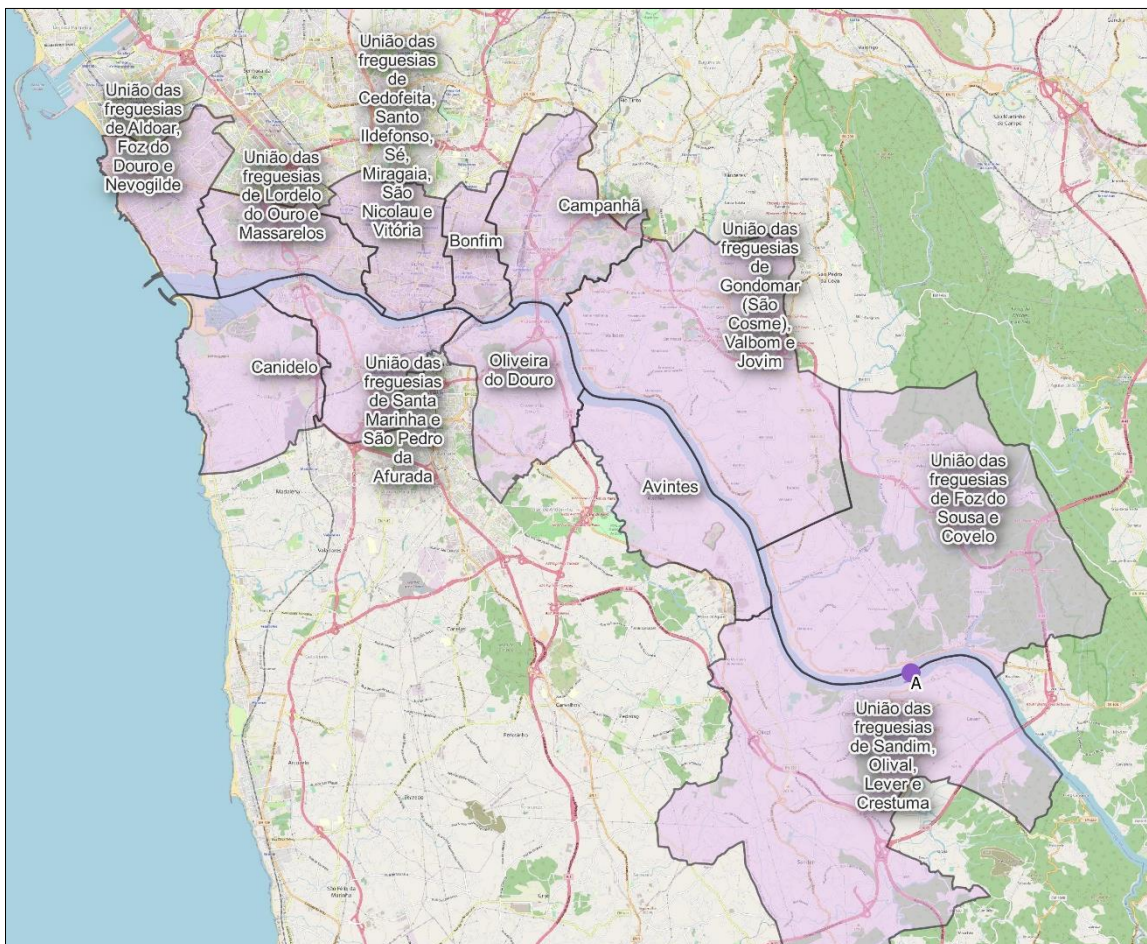


Figura 3 - Local de aplicação do índice de risco

Como referido anteriormente, embora a modelação do risco esteja bem avançada, a caracterização da exposição e a análise da vulnerabilidade estão subdesenvolvidas (UNISDR, 2017). Neste sentido foi selecionado um índice de risco que tivesse em conta a vulnerabilidade da população afetada do local em estudo. Para além deste fator, outros foram considerados:

- Ser reproduzível no local em estudo;
- Os dados necessários estarem disponíveis e acessíveis;
- Ser de aplicação simples;
- O nível de risco ser representado por mapas de risco;
- A técnica poder ser aplicada a um contexto urbano.

Para este efeito, o único índice de risco identificado que cumpria estes requisitos e que advinha da revisão de literatura efetuada, foi o Índice do Risco de Inundação (IRI) (Pereira et al., 2020).

O IRI foi desenvolvido para identificar, de uma forma relativamente simples e rápida, as áreas de risco de inundação de uma bacia hidrográfica. O IRI é composto por dois subíndices, um correspondendo à suscetibilidade física às inundações ( $I_{sus}$ ) e o outro representa as vulnerabilidades do sistema social ( $I_{vul}$ ). Cada subíndice consiste em vários parâmetros, cada um apresentando uma informação específica e podendo ser ajustados a diferentes locais. A cada parâmetro está associado um peso no cálculo final, que permite que diferentes utilizadores do índice os adaptem a um trabalho particular (Pereira et al., 2020).

A escolha dos indicadores tem em conta os danos e constrangimentos que podem ser causados pelas cheias, tais como fatalidades, danos diretos e indiretos à saúde e integridade física dos indivíduos, e danos físicos à estrutura dos edifícios (Pereira et al., 2020). No capítulo 3.2.1. é feita uma descrição da metodologia seguida no QGIS e no capítulo 3.2.2. o cálculo do índice bem como a valoração dos parâmetros considerados.

### 3.2.1 Aplicação no QGIS

Como referido anteriormente, foi utilizado o QGIS (versão 3.22.4 Białowieża) para produção dos mapas de suscetibilidade, vulnerabilidade e risco de cheias.

Inicialmente, a CAOP e COS foram importadas para o programa e foram criadas novas *layers* apenas com a informação correspondente às freguesias que estão na margem do rio Douro. Para este passo, foi feito um recorte da CAOP recorrendo à “seleção de atributos” na tabela de atributos; e o recorte da COS foi feito recorrendo à opção de “recortar uma *layer* em função de outra” (neste caso, a função de input foi a COS e a output a função previamente obtida da exportação da CAOP).

Com a CAOP foi possível obter informação relativamente às áreas das freguesias e limites das mesmas. Com a COS, foi possível obter informação relativamente ao uso do solo (desde a presença de florestas à existência de áreas urbanizadas), o mapa obtido encontra-se no apêndice A. Estas informações foram utilizadas direta e indiretamente no cálculo dos subíndices.

Com o ficheiro DEM foi feito um recorte por atributo para se obter informação relativa à altitude das freguesias consideradas anteriormente. Foi feito um mapa de declives recorrendo a um *raster* de análise. Foi escolhida a opção de exprimir o declive como uma percentagem. Esta informação foi utilizada para cálculo do subíndice de suscetibilidade. Foram seguidas atribuídas uma escala de cor a cada intervalo tendo das tabelas 15 e 16 tendo em conta o parâmetro a ser valorado. Foram identificados os pixéis correspondentes a cada intervalo e atribuído uma classificação. Estas informações foram utilizadas para cálculo dos subíndices. O mapa de altimetria pode ser consultados no apêndice B e o mapa de declives no apêndice C.

Após cálculo dos subíndices e índice, foi acrescentado à tabela de atributos da *layer* previamente obtida como recorte da CAOP, 3 colunas correspondentes à valoração de cada zonas dos subíndices e IRI. Foi atribuída uma escala de cores para corresponder a cada um dos níveis de

risco e foram produzidos três mapas resultantes desta operação que podem ser visualizados no capítulo 4.1.1.

### 3.2.2 Aplicação do IRI

Foram definidas zonas para aplicação deste índice. Cada zona corresponde a uma freguesia que contacta com o rio Douro, dos concelhos do Porto, VNG e Gondomar, compreendendo a região a jusante da Barragem de Lever-Crestuma até à foz do rio. Na figura 3 é possível observar-se as freguesias consideradas, sendo que o ponto A corresponde à localização da Barragem, como referido anteriormente. A divisão das freguesias por zonas encontra-se na tabela 8.

Tabela 8 - Identificação das zonas

Zona	Freguesia	Concelho
1	Canidelo	Vila Nova de Gaia
2	União das freguesias de Santa Marinha e São Pedro da Afurada	Vila Nova de Gaia
3	Oliveira do Douro	Vila Nova de Gaia
4	Avintes	Vila Nova de Gaia
5	União das freguesias de Sandim, Olival, Lever e Crestuma	Vila Nova de Gaia
6	União das freguesias de Aldoar, Foz do Douro e Nevogilde	Porto
7	União das freguesias de Lordelo do Ouro e Massarelos	Porto
8	União das freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória	Porto
9	Bonfim	Porto
10	Campanhã	Porto
11	União das freguesias de Gondomar (São Cosme), Valbom e Jovim	Gondomar
12	União das freguesias de Foz do Sousa e Covelo	Gondomar

Cada subíndice engloba indicadores cujo peso no cálculo final corresponde a um valor entre 0 e 1. Estes pesos podem ser ajustados conforme a apreciação do avaliador.

A cada subíndice foi atribuído um peso de 0,50, ou seja, cada subíndice contribui para o IRI em 50%. A cada parâmetro dentro de cada subíndice foram atribuídos os pesos que se encontram na tabela 9. A soma dos pesos de cada parâmetro de cada subíndice deve ser igual a 1. A cada parâmetro foi atribuído uma percentagem de 0,25, à exceção dos parâmetros vegetação e rocha-mãe, em que o primeiro teve uma valoração maior e o segundo uma valoração menor. O parâmetro vegetação corresponde não só à existência de vegetação, mas também à existência de zonas artificializadas e uma vez que as zonas críticas previamente identificadas se encontram em terreno artificializado, considerou-se pertinente majorar a importância deste parâmetro em detrimento do parâmetro rocha-mãe.

Tabela 9 - Pesos correspondentes a cada parâmetro

Subíndice	Indicadores	Pesos
<b>Vulnerabilidade</b>	Escolaridade (pESC)	0,25
	Idade (pIDA)	0,25
	Salário médio (pSAL)	0,25
	Densidade Demográfica (pDEN)	0,25
<b>Suscetibilidade</b>	Vegetação (pVEG)	0,30
	Rocha-mãe (pROC)	0,20
	Altimetria (pALT)	0,25
	Declive (pDEC)	0,25

### 3.2.2.1 Subíndice: Vulnerabilidade Social

O subíndice de vulnerabilidade social refere-se à exposição de pessoas e bens suscetíveis de serem afetados por uma cheia e pode assumir uma multiplicidade de interpretações e enviesamentos (Pereira et al., 2020). Neste caso, foram considerados os parâmetros de densidade demográfica, salário médio mensal, idade e nível de escolaridade, numa tentativa de caracterizar socialmente o local em estudo. Para cada parâmetro existe uma tabela de apoio à valoração. As tabelas utilizadas foram adaptadas do artigo original e são devidamente referenciadas ao longo do texto.

A equação 1, traduz o cálculo necessário para a valoração deste subíndice.

$$I_{vul} = p_{ESC} \times ESC + p_{IDA} \times IDA + p_{SAL} \times SAL + p_{DEN} \times DEN$$

Equação 1 - Cálculo do subíndice de vulnerabilidade social ( $I_{vul}$ )

Em que  $I_{vul}$  corresponde ao subíndice de vulnerabilidade social que engloba os parâmetros de nível de escolaridade (ESC), idade das pessoas afetadas (IDA), salário médio mensal (SAL) e densidade demográfica (DEN).

A tabela relativa ao nível de escolaridade (ESC) contém 3 classes: Ensino Superior, Educação obrigatória (considerando escolaridade do 1º ao 12º ano) e iliterário (englobando pessoas analfabetas ou pessoas sem o ensino obrigatório completo). Esta corresponde à tabela 10. Para valoração deste parâmetro foi considerado o valor da maior percentagem do nível de ensino da população, para cada zona.

Tabela 10 - Nível de escolaridade (adaptado de Pereira et al., 2020)

Nível de Escolaridade (ESC)	Nota	Nível de Vulnerabilidade Social
Ensino superior	1	Vulnerabilidade Muito Baixa
Ensino Obrigatório	3	Vulnerabilidade Média
Iliterário	5	Vulnerabilidade Muito Alta

Para o parâmetro da idade (IDA), a tabela original foi adaptada para conter 3 faixas etárias. Ao nível de vulnerabilidade mais baixo corresponde a faixa etária dos adultos, ao nível de vulnerabilidade média correspondem as crianças e ao nível de vulnerabilidade alta correspondem os idosos, como se pode observar na tabela 11. Assumiu-se que as crianças e idosos têm maior dificuldade na deslocação o que afeta a velocidade de evacuação e por sua vez aumenta a vulnerabilidade a cheias, daí terem uma valoração mais elevada. Para valoração deste parâmetro foi tido em conta a maior percentagem de população correspondente a uma determinada faixa etária de uma zona.

Tabela 11 - Idade (adaptado de Pereira et al., 2020)

Idade (IDA)	Nota	Nível de Vulnerabilidade Social
15 - 64 anos	1	Vulnerabilidade Muito Baixa
0 - 14 anos	3	Vulnerabilidade Média
65 + anos	5	Vulnerabilidade Muito Alta

Em relação ao salário médio (SAL), a valoração foi adaptada para se enquadrar com a realidade portuguesa e encontra-se na tabela 12. Não foi possível encontrar dados relativos ao salário médio mensal de cada freguesia, pelo que foram utilizados dados correspondentes ao município em que

cada zona se insere. Foi considerado que a uma vulnerabilidade muito baixa correspondem salários mais elevados e a uma vulnerabilidade muito alta, salários muito reduzidos.

Tabela 12 - Salário médio (adaptado de Pereira et al, 2020)

Salário Médio (SAL)	Nota	Nível de Vulnerabilidade Social
mais de 5 salários mínimos	1	Vulnerabilidade Muito Baixa
3 a 5 salários mínimos	2	Vulnerabilidade Baixa
2 salários mínimos	3	Vulnerabilidade Média
1 Salário mínimo	4	Vulnerabilidade Alta
Menos de 1 salário mínimo	5	Vulnerabilidade Muito Alta

Para cálculo da densidade demográfica foi utilizada a equação 2. Os dados relativos à área das freguesias foram obtidos através da CAOP, como referido anteriormente, sendo que foi necessário fazer a conversão da área de hectare para quilómetro quadrado. Os dados relativos ao número de habitantes por freguesia foram obtidos através dos resultados provisórios dos CENSUS<sup>18</sup> de 2021. Os dados utilizados, bem como a informação da densidade demográfica encontram-se na tabela 18 do capítulo 4.1.

$$Densidade\ Demográfica = \frac{Número\ de\ habitantes}{Área\ (km^2)}$$

Equação 2 - Cálculo da Densidade Demográfica

A escala para valoração deste parâmetro encontra-se na tabela 13.

Tabela 13 - Densidade Demográfica (Pereira et al., 2020)

Densidade Demográfica (DEN)	Nota	Nível de Vulnerabilidade Social
0 - 300 habitantes/km <sup>2</sup>	1	Vulnerabilidade Muito Baixa
301 - 600 habitantes/km <sup>2</sup>	2	Vulnerabilidade Baixa
601 - 900 habitantes/km <sup>2</sup>	3	Vulnerabilidade Média
901 - 1200 habitantes/km <sup>2</sup>	4	Vulnerabilidade Alta
Mais de 1200 habitantes/km <sup>2</sup>	5	Vulnerabilidade Muito Alta

Todos os dados relativos ao subíndice da vulnerabilidade social, foram obtidos através da pesquisa na base de dados do Instituto Nacional de Estatística (INE)<sup>19</sup> e os dados utilizados podem ser consultados no anexo i. É de referir que todos os dados retirados do INE provêm dos resultados provisórios dos CENSUS de 2021 e podem sofrer alterações.

### 3.2.2.2 Subíndice: Suscetibilidade

O subíndice de suscetibilidade está associado às características físicas de uma bacia hidrográfica, tais como altimetria, declive, pedologia e vegetação, entre outros (Pereira et al., 2020). O cálculo deste subíndice, presente na equação 3, é feito de forma semelhante ao anterior, mudando unicamente os pesos considerados para cada parâmetro.

<sup>18</sup> [https://www.ine.pt/scripts/db\\_censos\\_2021.html](https://www.ine.pt/scripts/db_censos_2021.html) consultado a 14/04/2022

<sup>19</sup> [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_base\\_dados&contexto=bd&selTab=tab2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_base_dados&contexto=bd&selTab=tab2) consultado a 12/04/2022

$$I_{sus} = p_{VEG} \times VEG + p_{ROC} \times ROC + p_{ALT} \times ALT + p_{DEC} \times DEC$$

Equação 3 - Cálculo do subíndice de suscetibilidade ( $I_{sus}$ )

Em que  $I_{sus}$  corresponde ao subíndice de suscetibilidade que engloba os parâmetros de vegetação (VEG), rocha-mãe (ROC), altimetria (ALT) e declive (DEC).

Para valoração dos parâmetros vegetação (VEG), altimetria (ALT) e declive (SLO) foi feita uma observação direta das escalas de cores atribuídas no QGIS (como foi referido anteriormente no capítulo 3.2.1.).

A tabela 14 corresponde ao parâmetro de vegetação que engloba não só o tipo de vegetação encontrada, mas também a existência de terreno artificializado, como referido anteriormente. Considera-se terreno artificializado toda a área do solo que tenha sofrido de intervenção humana e não preserve as suas características originais (por exemplo, construção de uma estrada). A classificação original foi adaptada para corresponder às designações presentes na COS. Considerou-se que um território artificializado terá uma maior dificuldade na absorção da água das cheias e que um território com presença de vegetação permitirá uma maior absorção (Pereira et al., 2020).

Tabela 14 - Vegetação (adaptado de Pereira et al., 2020)

Vegetação (VEG)	Nota	Nível de Suscetibilidade
<b>Floresta ou matos</b>	1	Suscetibilidade Muito Baixa
<b>Agricultura</b>	2	Suscetibilidade Baixa
<b>Pastagens</b>	3	Suscetibilidade Média
<b>Espaços descobertos ou com pouca vegetação</b>	4	Suscetibilidade Alta
<b>Territórios artificializados</b>	5	Suscetibilidade Muito Alta

A tabela 15 corresponde ao parâmetro de altimetria. Considerou-se que para uma altimetria elevada, a suscetibilidade é baixa dado que as águas das cheias alcançam com mais dificuldade um terreno mais elevado. Por sua vez, uma altimetria baixa, traduz-se numa maior facilidade da água em alcançar terrenos mais baixos, logo numa maior suscetibilidade (Pereira et al., 2020).

Tabela 15 - Altimetria (Pereira et al., 2020)

Altimetria (ALT)	Nota	Nível de Suscetibilidade
<b>&gt; 10 m</b>	1	Suscetibilidade Muito Baixa
<b>7 m &lt; quota &lt;= 10 m</b>	2	Suscetibilidade Baixa
<b>5 m &lt; quota &lt;= 7 m</b>	3	Suscetibilidade Média
<b>2 m &lt; quota &lt;= 5 m</b>	4	Suscetibilidade Alta
<b>&lt; 2 m</b>	5	Suscetibilidade Muito Alta

A tabela 16 corresponde ao parâmetro de declive. Considerou-se que para um declive elevado a suscetibilidade é baixa dado que o escoamento da água se dará de forma mais rápida e há um impedimento da água das cheias de permanecer em zonas de encosta. Por outro lado, um declive mais baixo, permite que o terreno seja facilmente alcançado pelas águas, não permitindo um escoamento rápido (Pereira et al., 2020).

Tabela 16 - Declive (Pereira et al., 2020)

Declive (DEC)	Nota	Nível de Suscetibilidade
> 5,7 %	1	Suscetibilidade Muito Baixa
4,3 % < declive <= 5,7%	2	Suscetibilidade Baixa
2,9 % < declive <= 4,3 %	3	Suscetibilidade Média
1 % < declive <= 2,9 %	4	Suscetibilidade Alta
< 1%	5	Suscetibilidade Muito Alta

No artigo original, é utilizada a classificação do tipo de solo para caracterizar as diferentes zonas (Pereira et al., 2020). No entanto, não foi possível encontrar dados homogêneos para este parâmetro, pelo que se adaptou para o tipo de rocha-mãe, cujos dados estavam acessíveis. Para auxílio da valoração deste parâmetro, recorreu-se a um outro estudo (Santos et al., 2019) semelhante realizado a nível nacional e cujo parâmetro de rocha-mãe fazia parte do cálculo de um índice de risco de cheias a ser testado. Deste modo, para o parâmetro de rocha-mãe a escala de valoração foi adaptada da tabela 1 de Santos et al. (2019) que teve como base a infiltração relativa de água por tipo de rocha. Foi utilizado como referência o mapa geográfico de solos da eurásia<sup>20</sup>, disponível no *European Soil Data Centre*<sup>21</sup> (Panagos et al., 2012). Para rochas com infiltração alta, os níveis de suscetibilidade são reduzidos uma vez que as rochas apresentam facilidade na absorção de água; para rochas com infiltração baixa, a suscetibilidade é alta. A valoração deste parâmetro pode ser observada na tabela 17.

Tabela 17 - Rocha-mãe (adaptado de Santos et al., 2019)

Rocha-mãe (ROC)	Nota	Classificação
Argilas marinhas, de estuários e sedimentos; Argilas fluviais, sedimentos e lodos; Depósitos lacustres; Pedra argilosa; (Meta-)xisto/argilite	5	Suscetibilidade muito alta
Rochas plutónicas intermédias a ácidas; Granito; Diorito; Rochas metamórficas regionais ácidas	4	Suscetibilidade alta
Gabro; Arenito; Marga	3	Suscetibilidade média
Rochas sedimentares clásticas consolidadas; Materiais orgânicos; Calcário	2	Suscetibilidade baixa
Areias marinhas e estuarinas; areias ou cascalhos de terraços fluviais; areias eólicas	1	Suscetibilidade muito baixa

### 3.2.2.3 Cálculo do IRI

Para cálculo do IRI, presente na equação 4, são utilizados os pesos anteriormente definidos (presentes na tabela 9) que são multiplicados pela valoração dos parâmetros de cada subíndice. Cada subíndice, por sua vez, é elevado ao peso correspondente a cada um. O resultado deste cálculo encontra-se no capítulo 4.1 e os mapas resultantes no capítulo 4.1.1.

$$IRI = [p_{ESC} \times ESC + p_{IDA} \times IDA + p_{SAL} \times SAL + p_{DEN} \times DEN]^{p_{Ivul}} + [p_{VEG} \times VEG + p_{ROC} \times ROC + p_{ALT} \times ALT + p_{DEC} \times DEC]^{p_{Isus}}$$

<sup>20</sup> [https://esdac.Poljanšek et al. ec.europa.eu/ESDB\\_Archive/sgdbe/par-mat-doma3.pdf](https://esdac.Poljanšek et al. ec.europa.eu/ESDB_Archive/sgdbe/par-mat-doma3.pdf) consultado a 24/05/2022

<sup>21</sup> <https://esdac.Poljanšek et al. ec.europa.eu/resource-type/european-soil-database-maps#> consultado a 16/05/2022

Equação 4 – Cálculo do IRI

Foram utilizadas as valorações dos parâmetros descritos aos longo deste capítulo. As tabelas originais do artigo encontram-se no anexo ii.

A valoração do índice e de cada subíndice é feita numa escala de 1 a 5, a que foram atribuídas cores para melhor interpretação da informação nos mapas produzidos. Na tabela 18, encontra-se a escala utilizada e as cores atribuídas.

Tabela 18 - Escala

Escala	Ivul	Isus	IRI	Cor
1	Vulnerabilidade Muito Baixa	Suscetibilidade Muito Baixa	Risco de Cheia Muito Baixo	Azul
2	Vulnerabilidade Baixa	Suscetibilidade Baixa	Risco de Cheia Baixo	Verde
3	Vulnerabilidade Média	Suscetibilidade Média	Risco de Cheia Médio	Amarelo
4	Vulnerabilidade Alta	Suscetibilidade Alta	Risco de Cheia Alto	Cor de Laranja
5	Vulnerabilidade Muito Alta	Suscetibilidade Muito Alta	Risco de Cheia Muito Alto	Vermelho

### 3.3 Atuação em caso de emergência

Para a elaboração do protocolo de atuação interno foi considerada a zona crítica do Porto/VNG por apresentar a maior concentração de população, atividades económicas e trabalhadores em risco, presente na figura 4. Este local engloba a União de Freguesias de Santa Marinha e São Pedro da Afurada (Zona 2) e a União de Freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória (Zona 8).

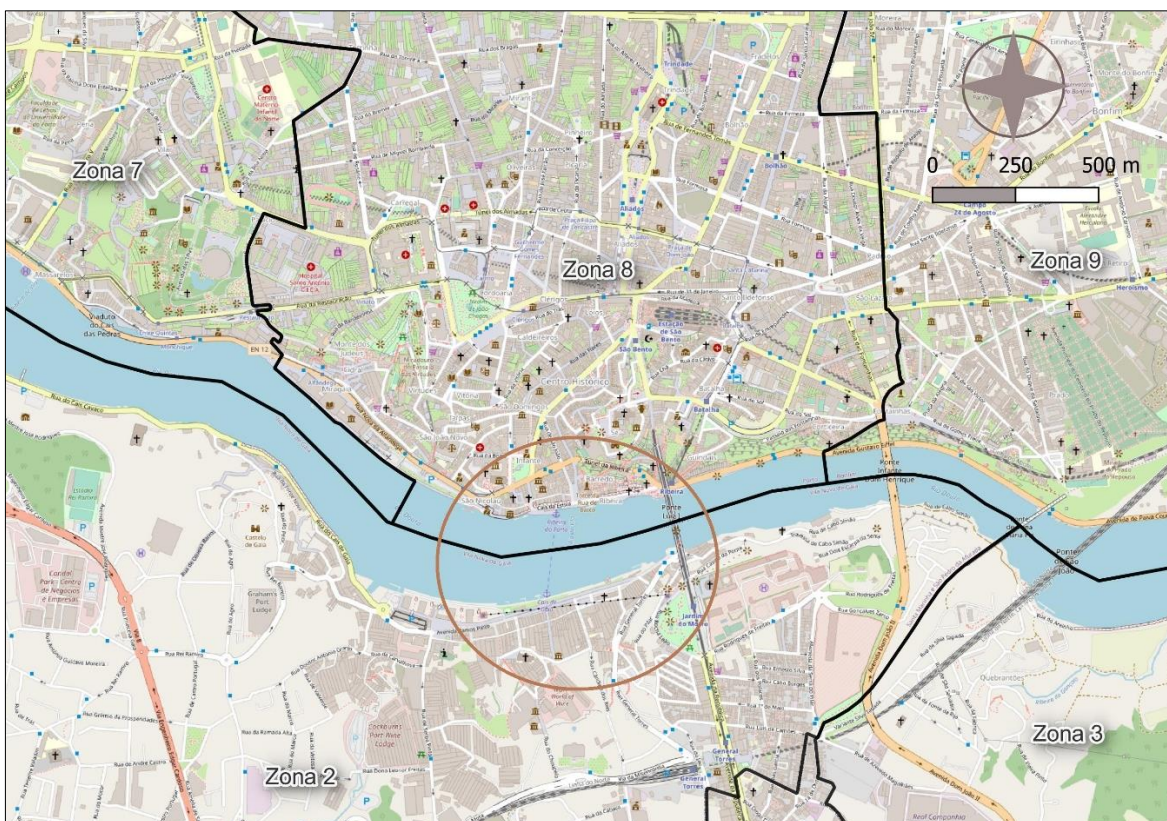


Figura 4 - Local de aplicação do Protocolo de Atuação Interno

O protocolo tem como objetivo auxiliar os trabalhadores das empresas que se encontram em zonas de médio ou alto risco de cheias do rio Douro, nomeadamente a zona do Porto/VNG, porém pode ser adaptado para outros locais e outros riscos naturais.

Na base do desenvolvimento deste Protocolo, esteve um inquérito semiestruturado com cinco trabalhadores de duas empresas do setor da restauração localizadas na ribeira de VNG que aceitou colaborar neste trabalho de forma anónima. Os relatos dos trabalhadores encontram-se no apêndice D, bem como uma análise aos riscos profissionais, que são agravados em caso de cheia, que foi feita tendo como base o relato dos trabalhadores e observação do local de trabalho. Este testemunho validou as notícias jornalísticas anteriormente referidas quanto à forma de atuação em caso de emergência no local em estudo. O principal objetivo desta etapa foi perceber de que forma as empresas do local em estudo atuam em caso de emergência causada por cheias e de que forma o protocolo desenvolvido pode responder às necessidades das empresas afetadas pelas cheias do rio Douro. Os problemas levantados pelos trabalhadores encontram-se na tabela 23 do subcapítulo 4.2.1.

O protocolo encontra-se dividido em 3 fases distintas: antes, durante e após a cheia.

A etapa “Antes da Cheia” inicia-se com o começo da época de cheias, em outubro. Em situação de não emergência é importante que o responsável pela segurança no trabalho reveja os procedimentos a serem adotados em caso de emergência e garanta que estes estão atualizados. Esta fase tem um carácter preventivo, em que são revistos os procedimentos a serem realizados em caso de ocorrência de cheia. As principais medidas de prevenção adotadas pelas empresas, no local em estudo, são a evacuação dos equipamentos e a proteção do local de trabalho. Assim, esta fase do protocolo vem auxiliar no planeamento destas duas medidas. Para o efeito, foram criados 3 documentos de apoio que devem ser revistos nesta fase, para que, em situação de emergência, possam ser postas em prática as ações neles previstas.

- O primeiro documento de apoio (*Documento de Apoio 1 – Proteção de Bens*, que pode ser consultado no apêndice E) tem como objetivo auxiliar os trabalhadores na definição da ordem de evacuação dos equipamentos. Para auxiliar na decisão da ordem de evacuação, é feita uma análise de cada equipamento em relação à sua importância no local de trabalho, facilidade de reparação, revenda ou substituição, ferramentas ou procedimentos que sejam necessários para a sua desmontagem e remoção do local de trabalho. Aconselha-se que sejam definidos locais para o armazenamento quer para equipamentos que vão ser evacuados, quer para equipamentos que fiquem no local de trabalho.
- O segundo documento de apoio (*Documento de Apoio 2 – Proteção dos trabalhadores*, que pode ser consultado no apêndice F) foca-se na proteção dos trabalhadores e contempla uma recolha de informação relativa à saúde dos mesmos. É, ainda, utilizado para se registarem propostas de melhoria e problemas encontrados no local de trabalho relativamente à atuação em caso de emergência, bem como registo de formações, palestras e simulacros.
- Embora a aplicação do terceiro documento (*Documento de Apoio 3 – Procedimentos Após Cheia*, que pode ser consultado no apêndice G) seja feita numa fase posterior à cheia, parte do seu preenchimento deve ser feita na fase preventiva do Protocolo, uma vez que são

definidos os responsáveis pela avaliação e limpeza do local de trabalho, reposição da eletricidade, água e gás e contactos de emergência internos. Após a ocorrência da cheia, são registados os danos ao local de trabalho e danos aos equipamentos que não tenham sido evacuados. São, ainda, descritas as ferramentas para uma eventual reparação e o responsável pela mesma (trabalhadores da própria empresa ou serviços externos).

Dando continuidade à fase “Antes da Cheia”, esta é principalmente definida pela existência ou não do alerta dado pelas autoridades. Se este não for dado, deve ser iniciado o preenchimento dos documentos e a revisão dos procedimentos de emergência, designado como “Procedimento nº1”. Se o alerta for dado e não for aconselhada uma evacuação por parte das autoridades, a empresa deve assegurar que todas as ferramentas necessárias para a retirada dos equipamentos estão em prontidão e que todos os trabalhadores sabem como agir. Se o alerta for dado e for aconselhada uma evacuação do local, a ordem de remoção de equipamentos, previamente estabelecida, deve ser posta em prática, bem como qualquer outro procedimento de emergência previsto pela empresa. Esta fase foi designada como “Procedimento nº 2).

Os procedimentos “Durante a cheia” pressupõem que a cheia está a ocorrer e têm em conta se os trabalhadores conseguiram ou não evacuar o local de trabalho. O “Procedimento nº 3” apresenta indicações para caso o local de trabalho tenha sido evacuado totalmente e o “Procedimento nº 4” caso algum trabalhador se encontre no estabelecimento aquando da cheia. Nesta fase, é importante que as informações gerais de segurança sejam seguidas. Estas encontram-se no apêndice H e apresentam indicações gerais de como agir em situações de cheia.

A fase “Após a cheia” é de grande importância ser mencionada, uma vez que é durante esta etapa que os trabalhadores referem estarem mais expostos a riscos profissionais. Recai sobre estes a verificação, limpeza e reparação do local de trabalho, bem como a reposição dos equipamentos evacuados. Como referido anteriormente, o *Documento de Apoio 3 – Procedimento Após Cheia* serve de auxílio a esta fase. Assim que for autorizado, pelas autoridades competentes, o regresso ao local de trabalho, dá-se a aplicação do terceiro documento de apoio que se insere no “Procedimento nº 5”. É importante que a empresa disponibilize equipamentos de proteção individual aos seus trabalhadores como forma de minimizar os riscos aos quais estão expostos. A contratação de serviços externos para reposição de água, eletricidade, gás e equipamentos pode ser considerada. Caso o regresso ao local de trabalho não seja autorizado, as atividades devem ser suspensas.



# **PARTE 2**

---



## 4 RESULTADOS

No capítulo 4.1 apresentam-se os resultados relativos ao índice de risco testado e no capítulo 4.2 os resultados referentes à atuação em caso de emergência em contexto ocupacional.

### 4.1 Avaliação de risco

Para valoração do subíndice de vulnerabilidade social ( $I_{vul}$ ) foi necessário recorrer ao cálculo da densidade demográfica cujos dados utilizados e resultados obtidos se encontram na tabela 19.

Tabela 19 - Densidade Demográfica de cada zona

Zona	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	Habitantes	Densidade Demográfica (habitantes/km <sup>2</sup> )
1	893,08	8,93	28059	3142
2	691,43	6,91	34035	4922
3	753,62	7,54	22616	3001
4	882,14	8,82	10838	1229
5	3415,6	34,16	15956	467
6	626,79	6,27	29087	4641
7	558,69	5,59	27913	4996
8	543,33	5,43	37434	6890
9	309,63	3,10	22981	7422
10	804,26	8,04	29674	3690
11	2331,8	23,32	47427	2034
12	3023,77	30,24	7040	233

A valoração de cada parâmetro correspondente ao subíndice de vulnerabilidade social ( $I_{vul}$ ) encontra-se na tabela 20. Da esquerda para a direita, os parâmetros correspondentes a cada coluna são a densidade demográfica (DEM), idade (IDA), salário médio (SAL) e nível de escolaridade (ESC), respetivamente.

Tabela 20 - Valoração dos parâmetros de  $I_{vul}$

Zona	DEM	IDA	SAL	ESC
1	5	3	3	3
2	5	3	3	1
3	5	3	3	5
4	5	3	3	5
5	2	3	3	5
6	5	3	3	1
7	5	3	3	1
8	5	3	3	1
9	5	3	3	1
10	5	3	3	5
11	5	3	3	3
12	1	3	3	5

A valoração de cada parâmetro correspondente ao subíndice de suscetibilidade ( $I_{sus}$ ) encontra-se na tabela 21. Da esquerda para a direita, os parâmetros correspondentes a cada coluna são a vegetação (VEG), altimetria (ALT), declive (DEC) e rocha-mãe (ROC), respetivamente.

Tabela 21 - Valoração dos parâmetros de  $I_{sus}$ 

Zona	VEG	ALT	DEC	ROC
1	5	4	1	4
2	5	3	1	4
3	4	4	3	4
4	1	2	3	4
5	1	1	1	4
6	5	5	1	4
7	5	3	4	4
8	5	2	4	4
9	5	1	2	4
10	5	3	4	4
11	3	2	4	4
12	1	3	3	4

O valor dos subíndices e IRI encontra-se na tabela 22. A coluna  $I_{vul}$  corresponde ao cálculo da equação 1, utilizando a valoração de cada parâmetro presente na tabela 20. A coluna  $I_{sus}$  corresponde ao cálculo da equação 2, utilizando a valoração de cada parâmetro presente na tabela 21. A coluna IRI corresponde ao cálculo da presente na equação 3, utilizando os valores dos subíndices calculados e que se apresentam na tabela 22. Para cada zona, são avaliados os subíndices de vulnerabilidade e suscetibilidade e o índice de risco de cheias (IRI).

Tabela 22 - Valoração dos subíndices e IRI

Zona	$I_{vul}$	$I_{sus}$	IRI
1	4	4	4
2	3	3	3
3	4	4	4
4	4	2	3
5	3	2	2
6	3	4	3
7	3	4	4
8	3	4	3
9	3	3	3
10	4	4	4
11	4	3	3
12	3	3	3

Foram produzidos 2 mapas de correspondentes à vulnerabilidade e suscetibilidade (que foram calculados através dos subíndices) e um mapa de risco de cheias, obtido através do cálculo do IRI.

Na figura 5, encontra-se representado o mapa correspondente à vulnerabilidade social ( $I_{vul}$ ) da área em estudo. No apêndice I é possível observar-se este mapa com mais pormenor. Constata-se que as zonas 2, 5, 6, 7, 8, 9 e 12 apresentam um nível de vulnerabilidade médio (correspondente às zonas a amarelo, valorados com o nível 3) e as zonas 1, 3, 4, 10 e 11 apresentam um nível de vulnerabilidade elevado (correspondente às zonas a cor de laranja, valoradas com o nível 4).

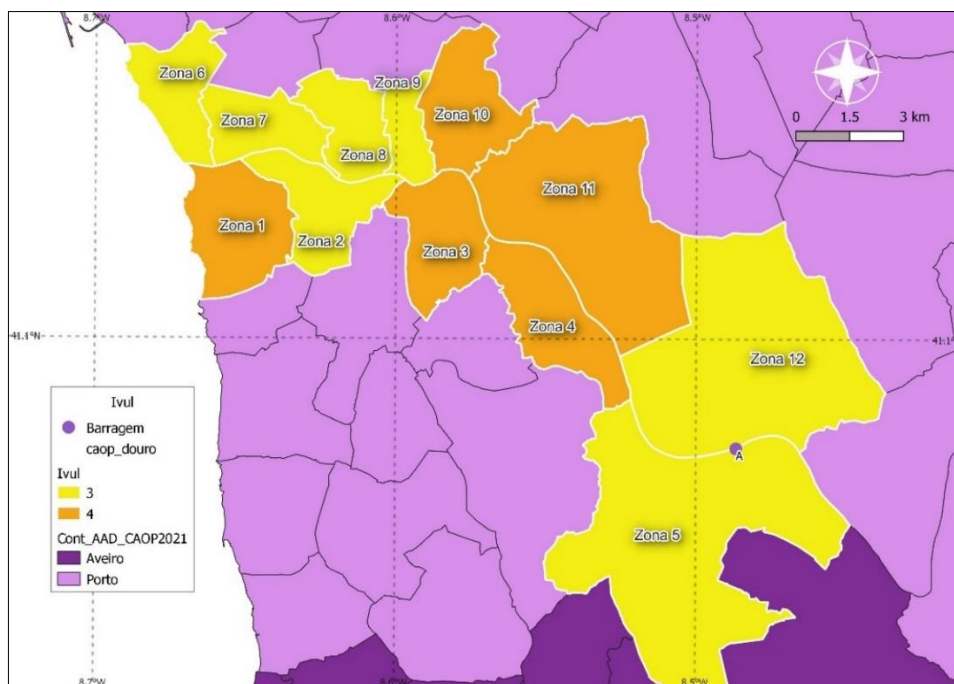


Figura 5 - Mapa correspondente à vulnerabilidade social ( $I_{vul}$ )

Na figura 6, encontra-se representado o mapa de risco correspondente à suscetibilidade ( $I_{sus}$ ) da área em estudo. É possível consultar este mapa com mais pormenor no apêndice J. As zonas 4 e 5 apresentam um nível de suscetibilidade baixa (correspondente às zonas a verde, valoradas com o nível 2), as zonas 2, 9, 11 e 12 apresentam um nível de suscetibilidade médio (correspondente às zonas a amarelo, valoradas com o nível 3) e as zonas 1, 6, 7, 8 e 10 apresentam um nível de suscetibilidade elevado (correspondente às zonas a cor de laranja, valoradas com o nível 4).

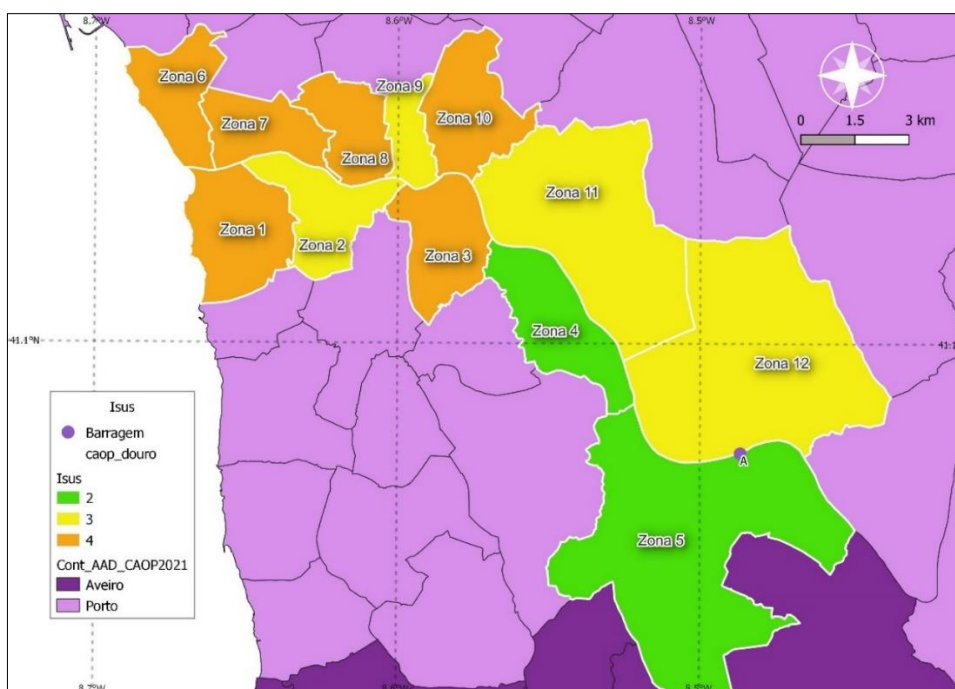


Figura 6 - Mapa correspondente à suscetibilidade ( $I_{sus}$ )

Na figura 7, encontra-se representado o mapa de risco correspondente ao IRI que corresponde ao nível de risco de cheias da área em estudo. No apêndice K, é possível visualizar-se este mapa com maior pormenor. A zona 5 apresenta um baixo nível de risco de cheias (correspondente à zona

verde, valorada com o nível 2), as zonas 2, 4, 6, 8, 9, 11 e 12 apresentam nível médio de risco de cheias (correspondente às zonas a amarelo, valoradas com o nível 3) e as zonas 1, 3, 7 e 10 apresentam risco elevado de risco de cheias (correspondente às zonas a cor de laranja, valoradas com o nível 4).

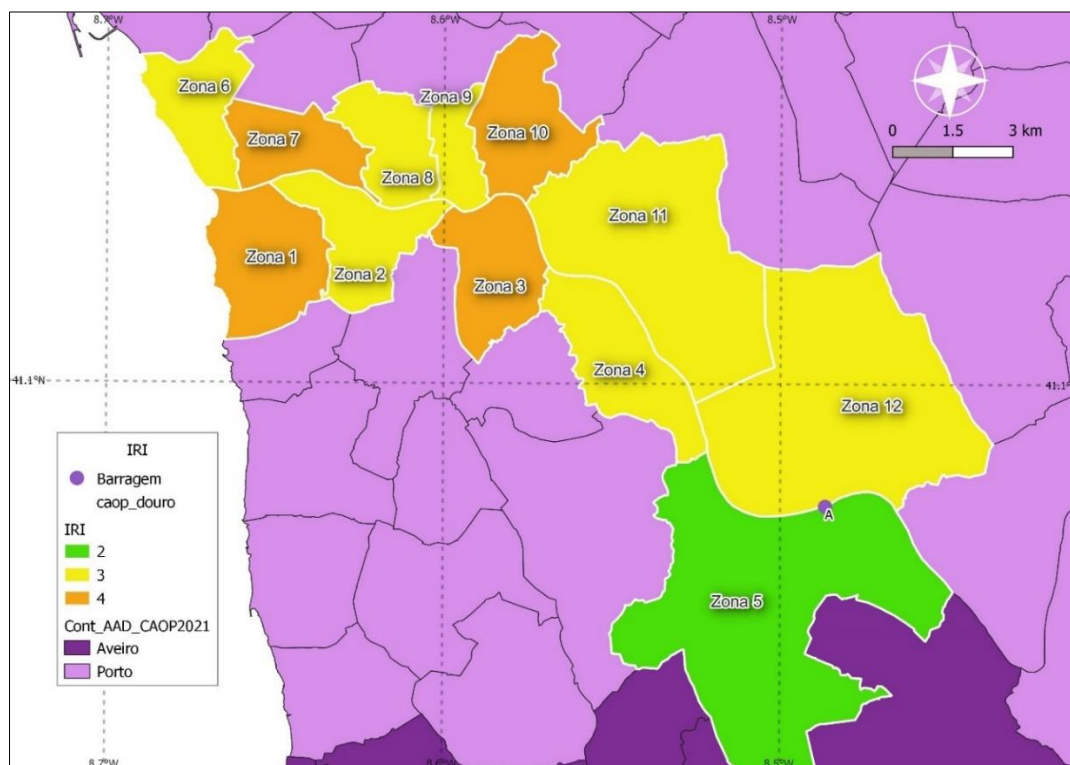


Figura 7 - Mapa de risco de cheias correspondente ao IRI

## 4.2 Atuação em caso de emergência

No caso da atuação em caso de emergência, no subcapítulo 4.2.1 são descritos os problemas levantados pelos trabalhadores e no capítulo 4.2.2 é apresentado o Protocolo de Atuação Interno que é complementado pelos documentos de apoio que se encontram presentes nos respetivos apêndices referidos ao longo do texto.

### 4.2.1 Levantamento de Problemas

Decorrente do relato dos trabalhadores (disponível no apêndice D) foi possível identificar problemas de atuação em caso de emergência causada pelas cheias. Os problemas identificados encontram-se na tabela 23.

Tabela 23 - Problemas identificados

Problema	Nota
Trabalhadores sentem que estão expostos a mais riscos profissionais quando há cheias	Justificação: são eles que fazem a remoção e reposição dos equipamentos do local de trabalho; e limpeza do local de trabalho após a ocorrência
Os trabalhadores não se sentem protegidos pela entidade empregadora	Descontentes com a atuação da empresa
Falta de comunicação e divulgação relativa aos procedimentos a serem seguidos em caso de cheia	Os trabalhadores desconhecem que existe um plano de emergência interno e não têm informação de como agir em situação de emergência causada por cheia
Dificuldade em estabelecer prioridades entre os equipamentos aquando da evacuação	Foi-lhes apenas comunicado que devem remover o máximo de equipamentos possíveis
Plano de emergência interno incompleto	Não contempla o risco de cheias e a empresa está situada num local de risco de nível alto.

#### 4.2.2 Protocolo de atuação interno

De seguida, apresenta-se o protocolo de atuação interno, cuja metodologia foi descrita no subcapítulo 3.3.

##### Atuação Antes da Cheia:

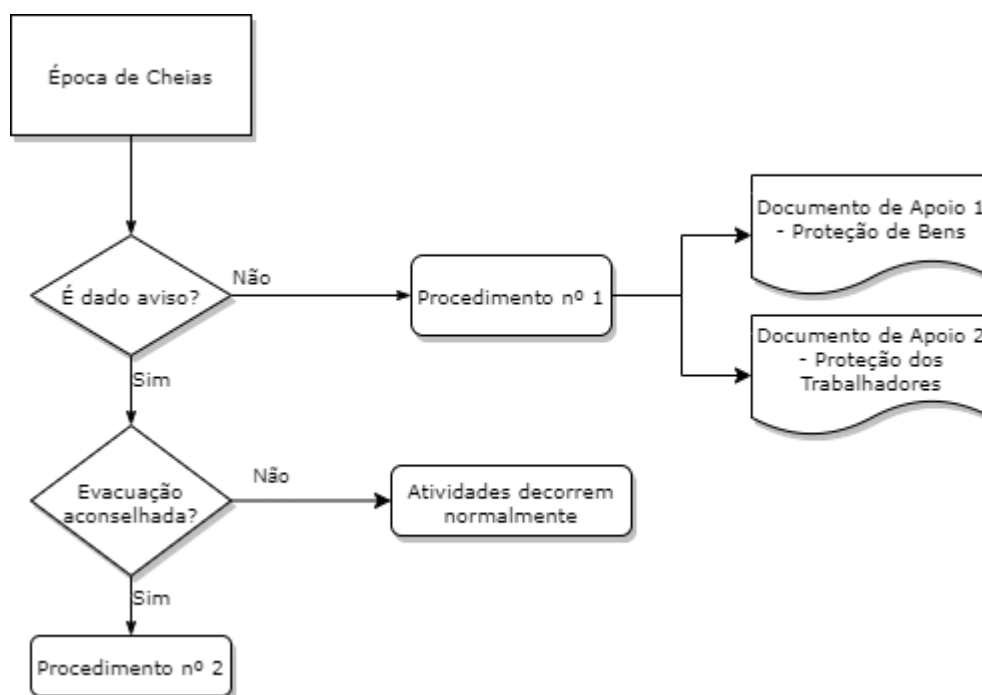


Figura 8 – Antes da cheia

##### Procedimento nº 1

##### Proteção de Bens:

- Definir responsável pela proteção de bens.
- Definir a ordem de prioridade de evacuação dos equipamentos.
- Assegurar as ferramentas necessárias para a remoção dos equipamentos do local de trabalho.

- Definir local de evacuação dos equipamentos.
- Definir procedimentos para assegurar a proteção do local de trabalho.
- Definir responsável pelo corte de água, energia e gás.
- Consultar “Documento de Apoio 1 – Proteção de Bens” para auxílio neste procedimento (ver apêndice E).

Proteção dos trabalhadores:

- Definir responsável pela proteção dos trabalhadores.
- Assegurar formações e palestras regulares de sensibilização para o risco de cheias.
- Comunicação e distribuição do protocolo de emergência e instruções de segurança.
- Levantamento de problemas junto dos trabalhadores que possam pôr em causa a sua segurança aquando da ocorrência de uma cheia.
- Comunicação com as entidades responsáveis para atualização do plano de emergência.
- Definição do ponto de encontro e sinalização de emergência no local de trabalho.
- Consultar “Documento de Apoio 2 – Proteção dos trabalhadores” para auxílio neste procedimento (ver apêndice F).

Procedimento nº 2

- Seguir a ordem de prioridade definida de retirada dos equipamentos do local de trabalho.
- Assegurar a evacuação das pessoas presentes no estabelecimento para o ponto de encontro.
- Efetuar o corte de água, eletricidade e gás.
- Colocação de barreiras para impedir a entrada de água no local de trabalho.
- Acondicionamento de documentos num saco hermeticamente fechado.
- Fechar bem e colocar em lugar seguro as embalagens de produtos poluentes ou tóxicos.

**Atuação Durante a Cheia:**



Figura 9 - Durante a cheia

Procedimento nº 3

- Dirigir-se para o ponto de encontro definido.
- Assegurar o armazenamento dos equipamentos para o local previamente definido.
- Seguir as instruções gerais de segurança (submetido como documento de apoio).
- Dirigir-se para locais não afetados pela cheia.
- Prestar atenção às recomendações das autoridades.

#### Procedimento nº 4

- Dirigir-se para o local mais alto do edifício.
- Evite andar em zonas cobertas pela água. No caso de não ter alternativa, caminhe com auxílio de um guarda-chuva ou bengala.
- Beba apenas água engarrafada. Não beba água das cheias e evite beber água da torneira.
- Não coma qualquer alimento que tenha estado em contato com a água das cheias.
- Para pedir ajuda, utilize um pano com cores vivas, uma lanterna a pilhas ou objetos que possam ser vistos à distância.

#### **Atuação Após a Cheia:**

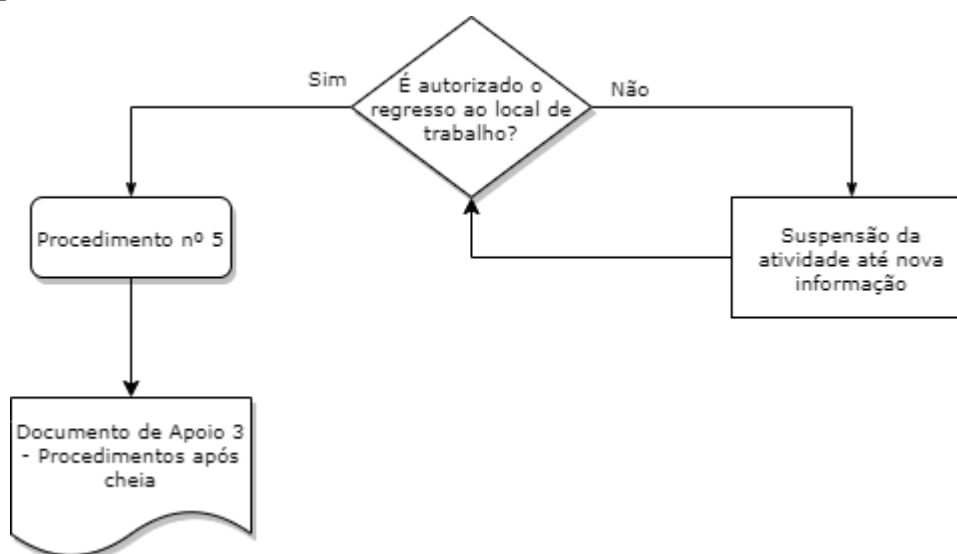


Figura 10 - Após a cheia

#### Procedimento nº 5

- Verificação do local de trabalho.
- Limpeza do local de trabalho.
- Reposição dos equipamentos.
- Lista de verificação de todos os estragos e possíveis reparações.
- Consultar “Documento de Apoio 3 – Procedimentos após cheia” para auxílio neste procedimento (ver apêndice G).



## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 Avaliação de risco

Analisando os resultados decorrente da aplicação do IRI (tendo como base a tabela 22, as figuras 7, 8 e 9 - que correspondem aos apêndices I, J e K, respetivamente):

As zonas identificadas com risco elevado de cheias correspondem às zonas 1, 3, 7 e 10.

A zona 1 (correspondente à freguesia de Canidelo) apresenta características físicas que a tornam suscetível às cheias, uma vez que apresenta baixa altitude (o que permite que as águas das cheias alcancem esta zona com muita facilidade) e uma grande área de terreno artificializado (o que diminui a absorção das águas). A nível da vulnerabilidade social, os parâmetros de idade, nível de escolaridade e salário médio têm uma valoração média. No entanto, esta freguesia apresenta uma grande densidade demográfica o que majora a vulnerabilidade às cheias para vulnerabilidade muito alta, isto acontece, porque existem mais pessoas que podem ser afetadas por estas.

A zona 3 (correspondente à freguesia de Oliveira do Douro) apresenta uma altitude baixa (o que permite que as águas das cheias alcancem esta zona com muita facilidade) e áreas artificializadas e com pouca vegetação (o que dificulta a absorção das águas), tendo sido considerada de suscetibilidade alta. No que concerne à caracterização social, esta freguesia para além de apresentar uma elevada densidade demográfica, apresenta uma grande parte da população com baixo nível de escolaridade o que faz com que a sua vulnerabilidade seja considerada alta. Para além de existirem mais pessoas com potencial para serem afetadas pelas cheias, a evacuação da população pode ser atrasada pela falta de conhecimento dos impactos das cheias e de como se deve agir perante uma situação de emergência.

A zona 7 (correspondente à União de freguesias de Lordelo do Ouro e Massarelos) apresenta uma suscetibilidade alta devido à existência de grandes áreas artificializadas (o que dificulta a absorção das águas) e declive baixo (o que dificulta o escoamento das águas). Embora, o nível de escolaridade da população seja elevado (assumiu-se que caso a população tenha maior nível de escolaridade, terá mais informação sobre como lidar com situações de emergência), a densidade demográfica é muito elevada, o que majora a vulnerabilidade da população uma vez que existem mais pessoas capazes de serem afetadas.

A zona 10 (correspondente à freguesia de Campanhã) apresenta uma grande área de terreno artificializado (o que dificulta a absorção das águas) e declive muito baixo (o que dificulta o escoamento das águas), ambas características aumentam a suscetibilidade física desta zona. A nível social, é também uma freguesia com uma grande densidade demográfica e com a maioria da população com baixos níveis de escolaridade (assume-se, portanto, com menor informação relativamente à atuação em caso de cheias o que pode tornar esta população mais vulnerável).

Em geral, as zonas 2, 4, 6, 8, 9, 11 e 12, apresentam quer parâmetros que aumentam o risco de cheias quer características que o diminuem, fazendo com que apresentem um risco médio de cheias.

A zona 2 (correspondente à União de freguesias de Santa Marinha e Afurada) apresenta uma grande área de terreno artificializado (o que dificulta a absorção das águas), porém o declive, por ser tão elevado (o que aumenta o escoamento das águas), faz com que a suscetibilidade a cheias seja minorado, apresentando uma suscetibilidade média. A nível social, é uma freguesia com uma grande densidade demográfica, porém cuja maioria da população apresenta um elevado nível de escolaridade (que se assumiu que a população tenha maior conhecimento de como agir em caso de cheias), fazendo com que a vulnerabilidade social seja média.

A zona 4 (correspondente à freguesia de Avintes) apresenta características físicas que diminuem a suscetibilidade às cheias, como uma grande área constituída por florestas e matos (o que facilita a absorção das águas), com algum declive (o que facilita o escoamento). No entanto, a vulnerabilidade social é elevada uma vez que há uma grande densidade demográfica cuja população apresenta um baixo nível de escolaridade, ou seja, existem mais pessoas passíveis de serem afetadas e com menos informação de como agir em caso de emergência.

A zona 6 (correspondente à União de freguesias de Aldoar, Foz do Douro e Nevogilde) tem uma suscetibilidade às cheias alta uma vez que apresenta uma grande área artificializada (o que dificulta a absorção das águas) e altitude muito baixa (o que facilita o alcance das águas das cheias), porém apresenta um declive elevado, o que ao facilitar o escoamento das águas, faz com que diminua a valoração. Socialmente apresenta uma grande densidade demográfica que aliada a um nível elevado de escolaridade, torna a vulnerabilidade média, pois embora haja mais pessoas afetadas, o seu grau de informação relativamente à atuação é caso de emergência, é maior.

A zona 8 (correspondente à União de freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória) apresenta grande parte de terreno artificializado (o que dificulta a absorção das águas) e declive baixo (o que dificulta o escoamento). Apesar de apresentar altitude elevada, o que representa uma maior dificuldade das águas em alcançar esta zona, o grau de suscetibilidade continua a ser alto. A vulnerabilidade social apresenta-se num nível médio dado que a população apresenta um elevado nível de escolaridade, apesar de ter uma elevada densidade demográfica, ou seja, o grande número de pessoas afetadas tem informação de como agir perante uma cheia.

A zona 9 (correspondente à freguesia de Bonfim) apesar de apresentar uma grande área de terreno artificializado (o que dificulta a absorção das águas), a altimetria e o declive são elevados o que faz diminuir o nível de suscetibilidade, pois o alcance das águas das cheias é dificultado e o escoamento é facilitado. Socialmente, apesar de ser uma freguesia com elevada densidade demográfica, o nível de escolaridade é elevado o que se traduz numa vulnerabilidade média.

A zona 11 (correspondente à União de freguesias de Gondomar (São Cosme), Valbom e Jovim) apresenta um declive baixo, porém uma altimetria elevada, o que faz com que a suscetibilidade seja média, dado que embora o escoamento seja mais difícil, as águas não alcançam tão facilmente esta zona. Socialmente é uma freguesia com elevada densidade demográfica e com um nível de escolaridade médio, deste modo apresenta um nível elevado de vulnerabilidade social.

A zona 12 (correspondente à União de freguesias de Foz do Sousa e Covelo) apresenta uma grande área de floresta (o que facilita a absorção das águas da cheia) e um declive e altimetria medianos o que torna a suscetibilidade desta freguesia média. A nível social, apesar de apresentar um baixo

nível de escolaridade, tem uma baixa densidade demográfica o que torna a vulnerabilidade social média, pois embora a população tenha menor informação de como agir perante uma cheia, existem menos pessoas afetadas.

A zona identificada com risco baixo de cheias é a zona 5 que apresenta características físicas e sociais que a tornam pouco afetada por este fenómeno.

A zona 5 (correspondente à União de freguesias de Sandim, Olival, Lever e Crestuma) apresenta uma grande área florestal com declive e altimetria elevados o que faz com que tenha uma suscetibilidade baixa, uma vez que a absorção das águas é facilitada, o alcance é dificultado e escoamento é facilitado. A vulnerabilidade social é média, dado que, embora a densidade demográfica seja baixa, o nível de educação é muito baixo.

Após a aplicação do IRI foi possível constatar que as zonas que apresentam suscetibilidade elevada são as zonas 1, 3, 6, 7, 8 e 10. Os parâmetros que mais influenciam o grau de suscetibilidade são a existência de vegetação ou de terrenos artificializados, a altimetria e o declive. Embora existam mais parâmetros capazes de influenciar a geração e o risco de cheias, os resultados desta avaliação vêm confirmar que as características do solo correspondentes ao declive, altimetria e permeabilização, são essenciais na análise do risco de cheias, tal como apontado por vários autores (Fohrer et al., 2001; Elshorbagy et al., 2017; Santos et al., 2018; Seejata et al., 2018; Vojtek & Vojtekova, 2019; Farahmand et al., 2021).

Relativamente à vulnerabilidade social, as zonas 1, 3, 4, 10 e 11 apresentam vulnerabilidade elevada e os principais parâmetros que fizeram oscilar este critério foram a densidade demográfica e o nível de escolaridade. O aumento da população faz aumentar o número de pessoas expostas e pode aumentar o grau de gravidade de uma cheia, devido a existirem mais pessoas potencialmente afetadas pelas cheias, tal como referido em alguns trabalhos (UNISDR, 2017; Bholá et al., 2020; Schröter et al., 2021; Yin et al., 2021; UNDRR, 2022). Assumiu-se que as pessoas com baixo nível de escolaridade apresentam menor informação relativamente ao risco e de como devem atuar em caso de emergência. O facto de o nível de escolaridade fazer oscilar o nível de vulnerabilidade, vem demonstrar o peso que a comunicação de risco tem na sua perceção, como referido anteriormente (Bier, 2001; Schröter et al., 2021; UNDRR, 2022). A comunicação de risco deve ser feita de forma clara e concisa, para que as populações possam ter conhecimento do risco a que estão expostas e saber como proceder em caso de emergência. A informação e conhecimento obtidos através de uma comunicação clara, podem fazer diminuir a vulnerabilidade da população exposta, tal como defendido por Bier (2001) e Sheppard et al. (2012). Esta comunicação de risco deve ser feita em locais que são afetados por riscos naturais e pode ser independente do nível de escolaridade da população.

O aumento da população faz aumentar a existência de zonas artificializadas o que aumenta a vulnerabilidade e suscetibilidade do risco de cheias. Este facto é suportado por diversos autores (Fohrer et al., 2001; UNISDR, 2017; Gigović et al., 2017; Kinoshita et al., 2018; Figueiredo et al., 2019; Vojtek & Vojtekova, 2019; Liu et al., 2020; Rezende et al., 2020; Yin et al., 2021; Farahmand et al., 2021; Schröter et al., 2021; UNDRR, 2022) e é possível perceber, através dos resultados da aplicação do IRI, que isto se verifica nas zonas de risco mais elevado.

A aplicação deste índice de risco aumenta o conhecimento relativamente aos fatores que influenciam o risco de cheias, num determinado local, algo que é apontado como essencial quando se realizam avaliações de risco naturais (Granh & Nyberg, 2017; UNISDR, 2017; Papaioannou et al., 2018; Kinoshita et al., 2018; Rehan, 2018; Figueiredo et al., 2019).

Em relação ao parâmetro rocha mãe (ROC) todas as zonas foram classificadas com risco alto uma vez que a rocha mãe desta zona do país é predominantemente granítica que, como referido anteriormente, tem pouca capacidade de absorção de água, o que majora a suscetibilidade a cheias (Santos et al., 2019).

Como mitigação do risco de cheias na área em estudo, foram construídas barragens ao longo do curso do rio Douro para controlar o caudal, o que diminuiu a frequência das cheias de menor intensidade (Velhas, 1997; APA, 2016; APA, 2020). Esta é uma das medidas de mitigação mais utilizadas (Borowska-Stefańska et al., 2019; Cuca, 2020; Liu et al., 2020; Zevenbergen et al., 2020). Sendo que a implementação de medidas de mitigação mais recentes, como a restauração fluvial ou a existência de espaços verdes perto dos cursos de água (Miguez et al., 2019; Veról et al., 2019), não foi verificada na área em estudo.

## **5.2 Atuação em caso de emergência**

Relativamente à atuação em caso de emergência, a principal medida adotada é a da evacuação (quer preventiva, quer urgente) e esta é organizada pelos serviços municipais de proteção civil e ANEPC (Município de VNG, 2012; Câmara Municipal do Porto, 2015; ANEPC, 2016; ANEPC; 2019). Esta atuação vem validar a revisão de literatura efetuada (Arrighi et al., 2019; Borowska-Stefańska et al., 2019; Wang et al., 2020).

Como medidas preventivas, existe um sistema de alerta prévio, dado pelo CPPC-Douro (Câmara Municipal do Porto, 2015) e estão previstos nos Planos Diretores Municipais do Porto e de VNG, medidas a serem aplicadas à construção em áreas afetadas pelas cheias, como referido anteriormente. Existem alguns estudos na área analisada que permitem perceber o nível de risco para posterior criação de medidas a serem aplicadas em caso de emergência e para mitigação do risco de cheias (APS, 2014; APA, 2016; ANEPC, 2016; ANEPC, 2019; APA, 2020). Todas estas medidas confirmam trabalhos de vários autores (Santos et al., 2018; Rehan, 2018; Borowska-Stefańska et al., 2019; Arrighi et al., 2019; Miguez et al., 2019; Zevenbergen et al., 2020; Omar et al., 2020).

Nos planos de emergência consultados, notou-se que estes apenas se focam em riscos naturais de forma muito superficial e generalizada e muitos nem sequer têm esta informação, deixando muitas vezes a responsabilidade de atuação em caso de emergência para os trabalhadores que a possivelmente podem vir a viver. Alguns não são claros e têm informação incompleta e, normalmente, as instruções gerais de segurança não se adequam à realidade da empresa.

As empresas afetadas delegam a responsabilidade deste risco para a ANEPC e para os serviços municipais de proteção civil. No entanto, as responsabilidades dos serviços de proteção civil prendem-se, entre outros, com o prenúncio de cheia (alertas, avisos e previsões de cheia), medidas

de emergência (combate e proteção, evacuação e serviços de apoio em desastre) e a gestão das zonas inundadas a nível local ou municipal (através da delimitação das zonas de cheia, campanhas de educação e consciencialização pública, entre outras medidas) (ANEPC, 2016). Ou seja, a atuação da ANEPC e dos serviços municipais de proteção civil, não é focalizada nas empresas afetadas refletindo a importância das diversas entidades empregadoras necessitarem de desempenhar um papel mais ativo no que concerne à proteção e segurança dos seus trabalhadores, em situação de emergência.

A elaboração de um protocolo de atuação interno, serve como uma ferramenta que permite, de forma clara e concisa, precisar a atuação de cada elemento da empresa, numa situação de emergência. Este deve ser elaborado, após o levantamento de necessidades, observação do local de trabalho e diálogo com os trabalhadores, dado que serão estes a lidarem de forma direta com os impactos de um risco natural na empresa.

O Protocolo de Atuação Interno elaborado, procura colmatar estas limitações, adaptando-se à realidade das empresas que sofrem com as cheias. O Protocolo foi elaborado tendo em conta as necessidades específicas que foram encontradas ao longo do trabalho para as empresas do local em estudo. Uma das vantagens do protocolo é a capacidade de adaptação à realidade de uma empresa particular.

Embora este tenha sido realizado para dar resposta a uma necessidade concreta, este pode ser adaptado a diferentes empresas de diferentes setores e pode, ainda, ser adaptado a outros riscos naturais. Devido à versatilidade do protocolo, este pode ser utilizado para avaliar os impactos causados por um risco natural específico a uma empresa, podendo este ser feito através da quantificação em danos económicos, perdas de materiais e equipamentos ou perdas humanas ou danos psicológicos causados.

### **5.3 Limitações e vieses**

Ao longo e após a realização deste trabalho, foram encontradas algumas limitações descritas nos pontos seguintes:

- Existiram parâmetros dentro da vulnerabilidade social em que apenas dados relativos ao município estavam disponíveis. Este facto fez com que os dados utilizados possam não refletir as necessidades concretas das zonas delimitadas. A utilização de dados referentes ao município e não à freguesia fez com que parâmetros, como a faixa etária e o salário médio, tivessem a mesma valoração para freguesias dentro do mesmo município. Como os municípios têm aproximadamente as mesmas características nestes parâmetros, levou a uma valoração uniforme, o que fez com que não se conseguisse notar a influência destes parâmetros no nível de risco final.
- É de realçar que os dados disponíveis para o estudo da vulnerabilidade social correspondem às freguesias identificadas. No entanto, nenhuma das freguesias se encontra na sua totalidade nas margens do rio Douro, pelo que as características avaliadas podem diferir da população afetada na realidade. Os pesos considerados para o cálculo dos índices e as

valorações de cada parâmetro dependem da avaliação de quem está a utilizar o IRI, tornando-o subjetivo.

## 6 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

### 6.1 Conclusões

Os riscos naturais apresentam uma perceção de risco reduzida por parte das populações, dado que não são fenómenos que ocorram diariamente. Infelizmente, muitas vezes é necessário que ocorram catástrofes para que sejam tomadas ações relativas a este tipo de risco. As cheias, à semelhança dos outros riscos naturais, não são um fenómeno que possa ser parado. Logo, o tratamento deste risco não passa por eliminá-lo, mas sim, limitar os seus impactos. Esta limitação faz-se através da diminuição das suas consequências.

As avaliações de risco surgem como ferramentas essenciais para se ter uma visão realista acerca dos riscos naturais aos quais um determinado local está exposto e, só assim, se consegue perceber quais as consequências causadas por determinado risco, só se conhecendo as consequências é que se torna possível reduzi-las.

De forma geral, os impactos das cheias serão tanto maiores quanto maior for a vulnerabilidade de uma população e a suscetibilidade física de um dado local. Através do índice de risco escolhido, foi possível caracterizar o local socialmente e fisicamente, tendo em consideração as características físicas do terreno e da sua população. Deste modo, foi possível perceber que a maioria das freguesias apresentam uma densidade demográfica muito elevada e localizam-se em terrenos artificializados. Estes dois aspetos fazem aumentar a vulnerabilidade social e a suscetibilidade física às cheias do rio Douro, respetivamente. A caracterização da vulnerabilidade é um dos contributos desta dissertação.

Existe uma necessidade de se apostar na sensibilização para o risco de cheias na área em estudo, pois embora tenham havido medidas de mitigação que diminuíram a exposição a este risco, este fenómeno não deixou de existir. Tendo em conta que há uma tendência para o aumento das atividades económicas nas zonas ribeirinhas, há um agravamento da vulnerabilidade socioeconómica da área em estudo.

Nas empresas afetadas, as medidas de prevenção, emergência e recuperação não são planeadas e os trabalhadores destas empresas ficam expostos a um maior número de riscos profissionais aquando das cheias. É importante assegurar que as empresas tenham planos de emergência internos que contemplem este risco e que tenham bem definidas as ações a serem realizadas em caso de emergência. Neste sentido, esta dissertação revela-se inovadora dado que há a proposta de um Protocolo de Atuação Interno fácil interpretação que pode ser utilizado pelas empresas afetadas pelas cheias do rio Douro e que pode ser adaptado a outros riscos naturais e empresas afetadas pelos mesmos.

Esta dissertação contribui para a literatura dado que apresenta não só uma técnica de análise de risco como também medidas de atuação em caso de emergência, neste caso focado num contexto ocupacional.

## 6.2 Perspetivas Futuras

Após a conclusão desta dissertação, seguem-se sugestões de trabalhos futuros:

- Considerar a sensibilização da população e empresas como um parâmetro a ser avaliado no índice testado para se perceber a oscilação no índice de vulnerabilidade social;
- Aplicação de diferentes índices de risco e comparação entre eles;
- Desenvolvimento e aplicação de índices que tenham em consideração o fator da vulnerabilidade social;
- Desenvolver simulações para o pior cenário possível (*worst case scenario*);
- Recolher informações de trabalhadores, através de inquéritos estruturados, do maior número de empresas possível do local em estudo;
- Implementar o protocolo de atuação em empresas e testar os seus resultados;
- Desenvolvimento de protocolo de atuação interno a nível ocupacional para outros tipos de riscos naturais;
- Analisar medidas de mitigação que possam ser implementadas no local em estudo que tenham em consideração a restauração fluvial e resiliência.

---

## 7 BIBLIOGRAFIA

- Agência Portuguesa do Ambiente. (2016). *Plano de Gestão dos Riscos de Inundações - Região Hidrográfica 3 - Douro*.
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2020). *Cartas de Zonas Inundáveis e Cartas de Riscos de Inundações Região Hidrográfica do Douro RH3*.
- Arosio, M., Arrighi, C., Cesarini, L., & Martina, M. L. V. (2021). Service accessibility risk (SAR) assessment for pluvial and fluvial floods in an urban context. *Hydrology*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/hydrology8030142>
- Arrighi, C., Pregnotato, M., Dawson, R. J., & Castelli, F. (2018). Preparedness against mobility disruption by floods. *Science of the Total Environment*, 654, 1010–1022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.191>
- Associação Portuguesa de Seguradores (APS). (2014) *Cartas de Inundação e Risco em Cenários de Alterações Climáticas*
- Autoridade Nacional de Emergência de Proteção Civil. (2016). *Gestão do Risco de Inundação - Documento de Apoio a Boas Práticas*.
- Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil. (2011, outubro). Cheias, um risco natural? *Publicação Mensal Da Autoridade de Proteção Civil*.
- Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil. (2019). *Avaliação Nacional de Risco*. <http://planos.prociv.pt>.
- Aven, T. (2018). An Emerging New Risk Analysis Science: Foundations and Implications. *Risk Analysis: An Official Publication of the Society for Risk Analysis*, 38(5), 876–888. <https://doi.org/10.1111/risa.12899>
- Bhola, P. K., Leandro, J., & Disse, M. (2020). Building hazard maps with differentiated risk perception for flood impact assessment. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(10), 2647–2663. <https://doi.org/10.5194/nhess-20-2647-2020>
- Bier, V. M. (2001). On the state of the art: risk communication to decision-makers. *Reliability Engineering and System Safety* 71, 151-157.
- Borowska-Stefańska, M., Kowalski, M., Turoboś, F., & Wiśniewski, S. (2019). Optimisation patterns for the process of a planned evacuation in the event of a flood. *Environmental Hazards*, 18(4), 335–360. <https://doi.org/10.1080/17477891.2019.1593816>
- Câmara Municipal do Porto. (2015). *Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil do Porto*.
- Cheng, Brabec, E. A., Yang, Y.-C. E., & Ryan, R. L. (2013). Rethinking Stormwater Management in a Changing World: Effects of Detention for Flooding Hazard Mitigation Under Climate Change Scenarios in the Charles River Watershed.
- CRED, & UNISDR. (2015). The Human Cost of Weather-Related Disasters 1995-2015. [https://www.unisdr.org/files/46796\\_cop21weatherdisastersreport2015.pdf](https://www.unisdr.org/files/46796_cop21weatherdisastersreport2015.pdf)

- 
- Cuca, B. (2020). Copernicus Sentinel imagery for more risk-resilient historic cities in coastal zones: contribution to the monitoring of Albenga archaeological site and delta of river Centa. *Applied Geomatics*. <https://doi.org/10.1007/s12518-020-00340-5>
- Cui, P., Peng, J., Shi, P., Tang, H., Ouyang, C., Zou, Q., Liu, L., Li, C., & Lei, Y. (2021). Scientific challenges of research on natural hazards and disaster risk. In *Geography and Sustainability* (Vol. 2, Issue 3, pp. 216–223). Beijing Normal University Press. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2021.09.001>
- Diakakis, M., Damigos, D. G., & Kallioras, A. (2020). Identification of patterns and influential factors on civil protection personnel opinions and views on different aspects of flood risk management: The case of Greece. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(14). <https://doi.org/10.3390/su12145585>
- Dottori, F. (2012). Development of parallelisable flood inundation models for large scale analysis
- Dottori, F., Martina, M. L. V., & Figueiredo, R. (2018). A methodology for flood susceptibility and vulnerability analysis in complex flood scenarios. *Journal of Flood Risk Management*, *11*, S632–S645. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12234>
- Dung, N. B., Minh, D. T., Ahmad, A., & Long, N. Q. (2020). The role of relative slope length in flood hazard mapping using ahp and gis (Case study: Lam river basin, Vietnam). *Geography, Environment, Sustainability*, *13*(2), 115–123. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2020-48>
- Elshorbagy, A., Bharath, R., Lakhanpal, A., Ceola, S., Montanari, A., & Lindenschmidt, K. E. (2017). Topography-and nightlight-based national flood risk assessment in Canada. *Hydrology and Earth System Sciences*, *21*(4), 2219–2232. <https://doi.org/10.5194/hess-21-2219-2017>
- Farahmand, H., Dong, S., & Mostafavi, A. (2021). Network analysis and characterization of vulnerability in flood control infrastructure for system-level risk reduction. *Computers, Environment and Urban Systems*, *89*. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2021.101663>
- Figueiredo, R., Romão, X., & Paupério, E. (2020). Flood risk assessment of cultural heritage at large spatial scales: Framework and application to mainland Portugal. *Journal of Cultural Heritage*, *43*, 163–174. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.11.007>
- Fohrer, N., Haverkamp, S., Eckhardt, K., & Frede, H.-G. (2001). Hydrologic Response to Land Use Changes on the Catchment Scale. In *Phys. Chem. Earth (B)* (Vol. 26, Issue 8).
- Gigović, L., Pamučar, D., Bajić, Z., & Drobnjak, S. (2017). Application of GIS-Interval Rough AHP Methodology for Flood Hazard Mapping in Urban Areas. *Water*, *9*(6), 360. <https://doi.org/10.3390/w9060360>
- Glenis, V., Kutija, V., & Kilsby, C. G. (2018). A fully hydrodynamic urban flood modelling system representing buildings, green space and interventions. *Environmental Modelling and Software*, *109*, 272–292. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.07.018>
- Grahn, T., & Nyberg, L. (2017). Assessment of pluvial flood exposure and vulnerability of residential areas. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *21*, 367–375. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.01.016>

- Hammond, M., Chen, A. S., Batica, J., Butler, D., Djordjević, S., Gourbesville, P., Manojlović, N., Mark, O., & Veerbeek, W. (2018). A new flood risk assessment framework for evaluating the effectiveness of policies to improve urban flood resilience. *Urban Water Journal*, *15*(5), 427–436. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2018.1508598>
- Ignjacevic, P., Botzen, W. J. W., Estrada, F., Kuik, O., Ward, P., & Tiggeloven, T. (2020). CLIMRISK-RIVER: Accounting for local river flood risk in estimating the economic cost of climate change. *Environmental Modelling and Software*, *132*. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104784>
- Kinoshita, Y., Tanoue, M., Watanabe, S., & Hirabayashi, Y. (2018). Quantifying the effect of autonomous adaptation to global river flood projections: Application to future flood risk assessments. *Environmental Research Letters*, *13*(1). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa9401>
- Lalonde, C., & Boiral, O. (2012). Managing risks through ISO 31000: A critical analysis. *Risk Management*, *14*(4), 272–300. <https://doi.org/10.1057/rm.2012.9>
- Liu, Z., Cai, Y., Wang, S., Lan, F., & Wu, X. (2020). Small and Medium-Scale River Flood Controls in Highly Urbanized Areas: A Whole Region Perspective. *Water*, *12*(1), 182. <https://doi.org/10.3390/w12010182>
- Logsdon, R. A., & Chaubey, I. (2013). A quantitative approach to evaluating ecosystem services. *Ecological Modelling*, *257*, 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2013.02.009>
- Miguez, M. G., Raupp, I. P., & Veról, A. P. (2019). An integrated quantitative framework to support design of resilient alternatives to manage urban flood risks. *Journal of Flood Risk Management*, *12*. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12514>
- Minucci, G., Molinari, D., Gemini, G., & Pezzoli, S. (2020). Enhancing flood risk maps by a participatory and collaborative design process. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *50*. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101747>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *BMJ (Online)* (Vol. 339, 7716, pp. 332–336). <https://doi.org/10.1136/bmj.b2535>
- Município de Vila Nova de Gaia, & Proteção Civil - Vila Nova de Gaia. (2012). *Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Vila Nova de Gaia*.
- Omar, M. F., Nawi, M. N. M., Jamil, J. M., Mohamad, A. M., & Kamaruddin, S. (2020). Research Design of Mobile Based Decision Support for Early Flood Warning System. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, *14*(17), 130–140. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i17.16557>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Sham-seer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

- 
- Panagos, P., van Liedekerke, M., Jones, A., & Montanarella, L. (2012). European Soil Data Centre: Response to European policy support and public data requirements. *Land Use Policy*, 29(2), 329–338. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2011.07.003>
- Papaioannou, G., Efstratiadis, A., Vasiliades, L., Loukas, A., Papalexiou, S. M., Koukouvinos, A., Tsoukalas, I., & Kossieris, P. (2018). An operational method for Flood Directive implementation in ungauged urban areas. *Hydrology*, 5(2). <https://doi.org/10.3390/hydrology5020024>
- Pereira, C., Miguez, M., di Gregório, L., Haddad, A., & Vérol, A. (2020). Inundation risk index as an urban planning supportive tool. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 8(2), 235–251. <https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d7.0288>
- Poljanšek, K., Casajus Valles, A., Marín Ferrer, M., de Jager, A., Dottori, F., Galbusera, L., García Puerta, B., Giannopoulos, G., Girgin, S., Angel Hernandez Ceballos, M., Iurlaro, G., Karlos, V., Krausmann, E., Larcher, M., Sophie Lequarre, A., Marianthi, T., Montero Prieto, M., Naumann, G., Necci, A., ... Vogt, J. v. (2019). *Recommendations for National Risk Assessment for Disaster Risk Management in EU*. <https://doi.org/10.2760/084707>
- Rehan, B. M. (2018). Accounting public and individual flood protection measures in damage assessment: A novel approach for quantitative assessment of vulnerability and flood risk associated with local engineering adaptation options. *Journal of Hydrology*, 563, 863–873. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.06.061>
- Rezende, O. M., Ribeiro da Cruz de Franco, A. B., Beleño de Oliveira, A. K., Miranda, F. M., Pitzer Jacob, A. C., Martins de Sousa, M., & Miguez, M. G. (2020). Mapping the flood risk to Socioeconomic Recovery Capacity through a multicriteria index. *Journal of Cleaner Production*, 255. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120251>
- Sadegh, M., Moftakhari, H., Gupta, H. v., Ragno, E., Mazdiyasni, O., Sanders, B., Matthew, R., & AghaKouchak, A. (2018). Multihazard Scenarios for Analysis of Compound Extreme Events. *Geophysical Research Letters*, 45(11), 5470–5480. <https://doi.org/10.1029/2018GL077317>
- Santos, M., Fragoso, M., & Santos, J. A. (2018). Damaging flood severity assessment in Northern Portugal over more than 150 years (1865–2016). *Natural Hazards*, 91(3), 983–1002. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3166-y>
- Santos, P. P., Reis, E., Pereira, S., & Santos, M. (2019). A flood susceptibility model at the national scale based on multicriteria analysis. *Science of the Total Environment*, 667, 325–337. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.328>
- Schroeder, A. J., Gourley, J. J., Hardy, J., Henderson, J. J., Parhi, P., Rahmani, V., Reed, K. A., Schumacher, R. S., Smith, B. K., & Taraldsen, M. J. (2016). The development of a flash flood severity index. *Journal of Hydrology*, 541, 523–532. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.04.005>
- Schröter, K., Barendrecht, M., Bertola, M., Ciullo, A., da Costa, R. T., Cumiskey, L., Curran, A., Diederer, D., Farrag, M., Holz, F., Shustikova, I., & Sosa, J. (2021). Large-scale flood risk

assessment and management: Prospects of a systems approach. *Water Security*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2021.100109>

Seejata, K., Yodying, A., Wongthadam, T., Mahavik, N., & Tantanee, S. (2018). Assessment of flood hazard areas using Analytical Hierarchy Process over the Lower Yom Basin, Sukhothai Province. *Procedia Engineering*, 212, 340–347. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.044>

Sheppard, B., Janoske, M., & Liu, B. (2012). *Understanding Risk Communication Theory: A Guide for Emergency Managers and Communicators*.

Speight, L. J., Hall, J. W., & Kilsby, C. G. (2017). A multi-scale framework for flood risk analysis at spatially distributed locations. *Journal of Flood Risk Management*, 10(1), 124–137. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12175>

Stich, B “Disaster Planning.” Disastersafety.org, 29 de 07 de 2021.

Tiepolo, M., Belcore, E., Braccio, S., Issa, S., Massazza, G., Rosso, M., & Tarchiani, V. (2021). Method for fluvial and pluvial flood risk assessment in rural settlements. *MethodsX*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101463>

UNISDR. (2009). *UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction*.

UNISDR. (2017). *National Disaster Risk Assessment Hazards Words into Action Guidelines Words into Action Guidelines National Disaster Risk Assessment Hazard Specific Risk Assessment*.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2022). Our World at Risk: Transforming Governance for a Resilient Future. [www.undrr.org/GAR2022](http://www.undrr.org/GAR2022)

Velhas, E. (1997). *As cheias na área urbana do Porto. Risco, percepção e ajustamentos*.

Veról, A. P., Battemarco, B. P., Merlo, M. L., Machado, A. C. M., Haddad, A. N., & Miguez, M. G. (2019). The urban river restoration index (URRIX) - A supportive tool to assess fluvial environment improvement in urban flood control projects. *Journal of Cleaner Production*, 239. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118058>

Vojtek, M., & Vojteková, J. (2019). Flood susceptibility mapping on a national scale in Slovakia using the analytical hierarchy process. *Water (Switzerland)*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/w11020364>

Wang, Z., Huang, J., Wang, H., Kang, J., & Cao, W. (2020). Analysis of flood evacuation process in vulnerable community with mutual aid mechanism: An agent-based simulation framework. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph17020560>

Webber, J. L., Chen, A. S., Stevens, J., Henderson, R., Djordjević, S., & Evans, B. (2021). Targeting property flood resilience in flood risk management. *Journal of Flood Risk Management*, 14(3). <https://doi.org/10.1111/jfr3.12723>

WMO. (2020). WMO Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970-2019).

- 
- Xu, X., Wang, Y.-C., Kalcic, M., Muenich, R. L., Yang, Y. C. E., & Scavia, D. (2017). Evaluating the impact of climate change on fluvial flood risk in a mixed-use watershed. *Environmental Modelling and Software*, 122. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.07.013>
- Yin, Z., Hu, Y., Jenkins, K., He, Y., Forstehäusler, N., Warren, R., Yang, L., Jenkins, R., & Guan, D. (2021). Assessing the economic impacts of future fluvial flooding in six countries under climate change and socio-economic development. *Climatic Change*, 166(3–4). <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03059-3>
- Zevenbergen, C., Gersonius, B., & Radhakrishnan, M. (2020). Flood resilience. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 378(2168). <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0212>
- Zonensein, J., Miguez, M., Magalhães, L. P. C., Valentin, M. G., & Mascarenhas, F. C. B. (2008). Flood Risk Index as an Urban Management Tool. <https://www.researchgate.net/publication/267822853>

---