Universidade do Minho
Instituto de Ciências Sociais

Vanessa Silva Machado

Grau de exposição às inundações no município de Braga: uma nova abordagem metodológica

Grau de exposição às inundações no município de Braga: uma nova abordagem metodológica

Vanessa Machado

Universidade do Minho
Instituto de Ciências Sociais

Vanessa Silva Machado

Grau de exposição às inundações no município de Braga: uma nova abordagem metodológica

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Geografia
Especialização em Riscos e Proteção Civil

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professor Francisco Silva Costa

Professor Hélder Tiago Silva Lopes

Outubro de 2025

Declaração de Direitos de Autor e Condições de Utilização do Trabalho por Terceiros

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual

CC BY-NC-SA

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Agradecimentos

Tudo o que somos e tudo o que fazemos é reflexo dos momentos que vivenciamos, dos lugares onde estivemos e, sobretudo, das pessoas com quem nos cruzamos.

Em primeiro lugar, um agradecimento sentido aos meus orientadores, Professor Francisco Costa e Professor Hélder Lopes, por acreditarem no meu trabalho, por todas as críticas construtivas e pela disponibilidade prestada.

À Sofia e à Sara, as minhas companheiras de mestrado que agora são para a vida toda. Elas que estiveram comigo desde o início desta aventura. Não poderia estar mais orgulhosa do que alcançamos.

À Rute, à Bia e à Inês, as minhas amigas de sempre, obrigada por todos os conselhos. Que bom que é crescer ao vosso lado.

A quem fez Lisboa ser casa para sempre, Inês, Bia, Rita, Guilherme, Margarida e Marina. Tudo o que aprendi e vivi convosco vai ser sempre uma das minhas lembranças favoritas.

Agradecer a toda a minha família e amigos, pelas palavras de apoio e pelo bem que me querem.

Aos meus avós e aos meus padrinhos que nunca deixaram que nada me faltasse, o orgulho nos olhos deles a cada conquista minha é o combustível que me faz continuar.

À minha irmã e ao meu afilhado que foram o motivo de não ter desistido. Quero ser o vosso exemplo de que somos capazes de tudo quando nos entregamos de alma e coração, mesmo que as vezes pareça impossível.

Aos meus pais, para quem as palavras de agradecimento nunca irão ser suficientes. Por fazerem os possíveis e impossíveis para me dar a melhor educação possível, e não falo apenas de educação literária. Por me incentivarem a seguir os meus sonhos, mesmo que a vida nem sempre tenha permitido que seguissem os vossos.

Ao meu namorado, o meu melhor amigo, o meu porto de abrigo. Por me limpares as lágrimas e me dares colo quando tudo se tornava difícil. Tu que acreditaste em mim quando eu já não acreditava. Esta conquista também é tua! Obrigada por não me largares a mão.

Por fim, não poderia deixar de agradecer à Vanessa do passado por nunca ter desistido dela, por seguir o seu coração e se manter sempre fiel às suas convicções.

Declaração de Integridade

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Resumo

"Grau de exposição às inundações no município de Braga: uma nova abordagem metodológica"

A crescente urbanização é, atualmente, uma das principais preocupações das entidades governamentais, uma vez que o crescimento urbano tem avançado para áreas de risco de inundação. Neste contexto, as inundações assumem um papel de destaque, dado o elevado número de elementos expostos em áreas de risco e as projeções que apontam para um aumento na frequência e magnitude destes fenómenos.

Em Portugal, a tendência segue o mesmo padrão e, para mitigar este problema, torna-se fundamental identificar as áreas de maior risco, os elementos expostos e compreender quais as comunidades mais vulneráveis. Neste sentido, a análise de risco não pode ser restrita a variáveis quantitativas devendo considerar igualmente fatores qualitativos, como a estrutura etária da população e o nível socioeconómico. Dependendo destes fatores, a capacidade de resposta e adaptação da população a eventos extremos será variável.

Braga tem sofrido um forte crescimento urbano nas últimas décadas e registado anualmente ocorrências de inundações. É neste enquadramento que surge a presente dissertação, com o objetivo de analisar a exposição ao perigo de inundações no município de Braga, através de uma abordagem metodológica adaptada à escala de análise e com base nos seguintes critérios: a população residente; a estrutura etária da população; o nível de escolaridade; o uso e ocupação do solo; o número de edifícios; o número de edifícios sensíveis; o número de andares dos edifícios; o património cultural afetado; e a distância aos principais cursos de água. Com o auxílio do software *ArcGIS Pro*, foi possível calcular e mapear as freguesias com os diferentes graus de exposição e definir áreas prioritárias, contribuindo para um planeamento do território mais eficaz. As atuais freguesias de intervenção prioritária face à exposição às inundações são as freguesias do centro, dado o elevado número de elementos expostos e da maior vulnerabilidade desses elementos. As medidas de adaptação e mitigação, com diferentes prazos de consecução, baseiam-se no reforço da rede de drenagem, na manutenção dos cursos de água, em soluções baseadas na natureza e na consciencialização da população.

Palavras-Chave: Braga; Exposição às Inundações; Metodologia; Risco.

Abstract

"Degree of exposure to floods in the municipality of Braga: a new methodological approach"

Increasing urbanisation is currently one of the main concerns of government entities, as urban growth has advanced into areas at risk of flooding. In this context, flooding plays a prominent role, given the high number of elements exposed in risk areas and projections that point to an increase in the frequency and magnitude of these phenomena.

In Portugal, the trend follows the same pattern and, to mitigate this problem, it is essential to identify the areas of greatest risk, the exposed elements and understand which communities are most vulnerable. In this sense, risk analysis cannot be restricted to quantitative variables and must also consider qualitative factors, such as the age structure of the population and socioeconomic level. Depending on these factors, the population's capacity to respond and adapt to extreme events will vary.

Braga has undergone strong urban growth in recent decades and has recorded annual flooding events. It is in this context that this dissertation arises, with the aim of analysing the exposure to the risk of flooding in the municipality of Braga, using a methodological approach adapted to the scale of analysis and based on the following criteria: the resident population; the age structure of the population; the level of education; the land use and occupation; the number of buildings; the number of sensitive buildings; the number of floors in buildings; affected cultural heritage; and the distance to major watercourses. With the help of ArcGIS Pro software, it was possible to calculate and map the parishes with different degrees of exposure and define priority areas, contributing to more effective land-use planning. The current parishes of priority intervention in terms of flood exposure are those in the centre, given the high number of exposed elements and their greater vulnerability. Adaptation and mitigation measures, with diferente deadlines of implementation, are based on strengthening the drainage network, maintaining watercourses, nature-based solutions and raising public awareness.

Key Words: Braga; Floods Exposure; Methodology; Risk.

Índice

Introdução 19

Capítulo 1 – Enquadramento Teórico 22

1.1 – O risco de inundação 25

1.2 – Os impactes das alterações climáticas 27

1.3 - Exposição e vulnerabilidade às inundações 27

1.4 – Métodos para o cálculo da exposição 29

1.5 - Quadro legal e normativo 32

1.6 – Gestão do risco de inundações 37

Capítulo 2 – Caracterização territorial do município de Braga 41

2.1 - Localização territorial 41

2.2 - Enquadramento físico 42

2.3 - Caracterização socioeconómica 44

2.4 - Uso do solo e urbanização 48

2.5 - Inundações em Braga 49

Capítulo 3 - Metodologia 53

3.1 - População residente 57

3.2 - Estrutura etária da população 59

3.3 - Nível de escolaridade 61

3.4 - Atividades económicas afetadas 63

3.5 - Número de edifícios 65

3.6 - Número de edifícios sensíveis 67

3.7 - Número de pisos dos edifícios 70

3.8 – Uso e Ocupação do Solo 72

3.9 - Património Cultural afetado 74

3.10 – Distância aos cursos de água 77

Capítulo 4 – Discussão e resultados 79

Capítulo 5 – Propostas de medidas a implementar 85

Conclusão 92

Referências Bibliográficas 94

Índice de Figuras

Figura 1: Progresso dos países europeus na adaptação às alterações climáticas. 39
Figura 2: Localização da área de estudo, o município de Braga. 41
Figura 3: Cursos de água e principais estações meteorológicas no município de Braga..... 43
Figura 4: População residente no município de Braga, por freguesia, 2021. 45
Figura 5: Percentagem de empresas por classificação de atividade económica, no município de Braga, 2023..... 47
Figura 6: Percentagem do Valor Acrescentado Bruto por setor de atividade económica, no município de Braga, 2023..... 48
Figura 7: Uso e Ocupação do Solo, no município de Braga. 49
Figura 8: Áreas de Risco Potencial Significativo de Inundação, no município de Braga. 50
Figura 9: Parque Industrial de Celeirós, 5 de janeiro de 2001. 51
Figura 10: Processo de investigação assente em três fases..... 56
Figura 11: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente à população residente..... 59
Figura 12: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente à estrutura etária da população..... 61
Figura 13: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente ao nível de escolaridade da população. 63
Figura 14: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente ao tipo de atividade económica afetada. 65
Figura 15: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente ao número de edifícios..... 66
Figura 16: Localização dos edifícios sensíveis considerados nesta investigação. 69
Figura 17: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente à presença de edifícios sensíveis. 70
Figura 18: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente ao número de pisos dos edifícios. 72
Figura 19: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente ao uso do solo. 74
Figura 20: Classificação do Património Cultural segundo o nível de proteção. 75
Figura 21: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente ao património cultural. 76
Figura 22: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente à proximidade aos cursos de água. 78
Figura 23: Grau de exposição às inundações, nas freguesias do município de Braga. 79

Figura 24: Intervenção no rio Este. 87

Índice de Tabelas

Tabela I: Tipologia das inundações e as suas causas. 23

Tabela II: Principais conceitos e tipologias das inundações. 24

Tabela III: Componentes do grau de exposição. 30

Tabela IV: População residente em 2021 e a variação face a 2011, por grupo etário. 44

Tabela V: Taxa de variação do nível de escolaridade mais elevado completo da população residente, em 2021 e 2011. 46

Tabela VI: Indicadores utilizados na abordagem metodológica do presente trabalho. 53

Tabela VII: Limiares estabelecidos segundo o método Natural Breaks, após ponderação das classes dos indicadores. 56

Tabela VIII: Freguesias com maior e menor número de habitantes. 57

Tabela IX: Freguesias com maior e menor número de habitantes, por grupo etário. 60

Tabela X: Freguesias com maior e menor exposição às inundações, pela ponderação relativa aos grupos etários. 60

Tabela XI: Freguesias com maior percentagem de população sem escolaridade ou com o ensino básico e com maior percentagem de população com ensino superior. 62

Tabela XII: Freguesias com maior e menor exposição às inundações, pela ponderação relativa à escolaridade. 62

Tabela XIII: Freguesias com maior percentagem de atividades do setor primário e freguesias com maior percentagem de atividades no setor terciário. 64

Tabela XIV: Freguesias com maior e menor exposição às inundações, pela ponderação relativa às atividades económicas. 64

Tabela XV: Freguesias mais e menos edificadas. 66

Tabela XVI: Edifícios sensíveis considerados na metodologia. 67

Tabela XVII: Freguesias com maior percentagem de edifícios com 3 ou mais pisos e edifícios com 1 piso. 71

Tabela XVIII: Freguesias com maior e menor exposição às inundações, pela ponderação relativa aos pisos dos edifícios. 71

Tabela XIX: Freguesias com maior e menor exposição às inundações, pela ponderação relativa ao uso do solo. 73

Tabela XX: Número de locais classificados como Património Cultural, por freguesia. 75

Tabela XXI: Síntese das características das áreas considerando o grau de exposição associado. 81

Tabela XXII: Síntese das características principais de cada freguesia do município de Braga. 82

Tabela XXIII: Medidas específicas para a adaptação e mitigação às inundações, no município de Braga..... 89
Tabela XXIV: Prazo de implementação das medidas. 91

Lista de Abreviaturas

AEA	Agência Europeia do Ambiente
ANEPC	Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
ARPSI	Áreas de Risco Potencial Significativo de Inundação
CIM	Comunidade Intermunicipal
CMB	Câmara Municipal de Braga
COS	Carta de Uso e Ocupação do Solo
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
DAGRI	Diretiva da Avaliação e Gestão dos Riscos de Inundações
DGT	Direção Geral do Território
EM-DAT	Emergency Events Database
ETAR	Estação de Tratamentos de Águas Residuais
FEDER	Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
INE	Instituto Nacional de Estatística
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
ISDR	International Strategy for Disaster Reduction
Km/h	Quilómetros por hora
mm	milímetro
NUTS	Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos
PGRI	Plano de Gestão dos Riscos de Inundação
PMAC	Plano Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas
REN	Reserva Ecológica Nacional
RH2	Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça
SMAS	Serviços Municipalizados de Água e Saneamento
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

U.F.	União de Freguesias
UN	United Nations
VAB	Valor Acrescentado Bruto

Introdução

As inundações são um dos desastres mais recorrentes e que mais consequências acarretam em todo o mundo (Schmidt-Thomé *et al*., 2006; Wilby & Keenan, 2012). Com a urbanização aliada às alterações climáticas, as inundações têm ganho destaque devido ao crescimento urbano para leitos de cheia, aumentando a exposição e a vulnerabilidade da população (Chakraborty *et al.*, 2023; Gaspar, 2005).

Tendo em conta que as projeções alertam para um aumento do número de episódios de precipitação extrema em Portugal, e consequente aumento das inundações, é fundamental perceber a influência que isso terá sobre a exposição dos elementos a esse mesmo risco, de modo a criar mecanismos de adaptação e de proteção para a população (Lopes *et al*., 2023; Pereira *et al*., 2021; Santos *et al*., 2018). Apesar das projeções afirmarem um aumento dos eventos extremos, quer no que diz respeito à frequência, quer à magnitude (Lopes *et al*., 2023; Pereira *et al*., 2021; Santos *et al*., 2018), a adaptação dos municípios a essa realidade ainda não é prioridade na agenda política portuguesa (Silva *et al*., 2025).

Para dar resposta a este problema é crucial identificar áreas de maior exposição, ou seja, onde existe maior concentração de elementos expostos e de comunidades mais vulneráveis. Para tal, não é suficiente utilizar exclusivamente variáveis quantitativas, como a população residente ou o número de edifícios, mas também analisar dimensões qualitativas, como a estrutura etária da população e o nível socioeconómico (Aragão, 2011; Cutter & Finch, 2008; Lopes *et al*., 2023; Lopes *et al*., 2025). A conjugação dos fatores qualitativos e quantitativos é que irá determinar a capacidade de resposta da população, ou seja, a resiliência das comunidades à catástrofe (Aragão, 2011; Cutter & Finch, 2008; Lopes *et al*., 2023).

É com base nestas necessidades que surge o objetivo primordial desta dissertação: avaliar o grau de exposição às inundações no município de Braga, propondo uma metodologia adaptada que se adapte às especificidades desta área. Para concretizar o objetivo primordial enunciado, quatro perguntas de investigação direcionam esta dissertação.

1. Como tem sido a evolução das ocorrências de inundação no município ao longo dos anos, no que diz respeito ao número de eventos e aos danos resultantes?

2. De que forma as características físicas e sociais do município interferem na dinâmica das inundações?

3. Qual é o grau de exposição às inundações nas freguesias do município?

4. Que medidas devem ser implementadas para mitigar os danos potenciais das inundações na área em estudo?

Para que seja possível dar resposta a estas perguntas consideramos os seguintes objetivos específicos.

- Analisar a evolução histórica das ocorrências no município de Braga, com base na revisão de literatura científica e de documentação técnica, identificando os principais eventos, respetivas causas, elementos expostos e danos registados.
- Caracterizar as condições físicas e socioeconómicas do município de Braga, nomeadamente ao nível climático, geomorfológico, social e económico, avaliando a sua influência na suscetibilidade e na exposição às inundações.
- Identificar, analisar criticamente e adaptar metodologias de avaliação da exposição às inundações, com vista ao desenvolvimento de uma abordagem adequada à escala municipal e às especificidades do território em estudo.
- Propor medidas de mitigação e adaptação ao risco de inundação, fundamentadas nos resultados obtidos, suscetíveis de integração no planeamento territorial e na gestão do risco, contribuindo para o reforço da resiliência do município face a cenários futuros.

Num primeiro momento fizemos a revisão de literatura nacional e internacional pertinente a esta investigação, de modo a obter a fundamentação da temática, bem como a caracterização do município de Braga, recorrendo a fontes secundárias e dados estatísticos, que apresentem a realidade atual do território. Num segundo momento, foram cartografados os indicadores que definimos e que permitiram calcular o grau de exposição. Estes indicadores foram recolhidos em várias identidades, como o INE – Instituto Nacional de Estatística, a APA – Agência Portuguesa do Ambiente e a DGT – Direção Geral do Território e foram analisados com o auxílio do software *ArcGIS Pro*. Cada um dos indicadores foi avaliado numa escala de

exposição adaptada e à qual foram atribuídas diferentes ponderações, de modo a ser obtido o grau de exposição final para o município de Braga.

Relativamente à estrutura da presente investigação, esta encontra-se dividida em sete capítulos principais. No capítulo 1 efetua-se um enquadramento teórico dos principais conceitos associados às inundações e ao risco de inundação, bem como o impacte que as alterações climáticas poderão ter na dinâmica deste fenómeno. Ainda neste capítulo, apresenta-se a abordagem à sub-temática da exposição e da vulnerabilidade, através da análise conceptual e da exploração de diferentes métodos existentes. O quinto subcapítulo é dedicado à exploração da legislação nacional e internacional no que concerne à temática das inundações, considerando principalmente as diretivas europeias e os planos nacionais. A relação do planeamento urbano e das medidas de prevenção e mitigação face às inundações é trabalhada no último subcapítulo do enquadramento teórico. O capítulo 2 apresenta as características do município de Braga, considerando os aspetos físicos, climáticos, urbanísticos, sociais e económicos. Além disso, o capítulo aborda as ocorrências históricas das inundações e a identificação dos elementos potencialmente expostos. A parte prática inicia no terceiro capítulo, com a descrição da metodologia proposta, incluindo a apresentação dos indicadores utilizados, a fonte dos dados e os critérios de ponderação. O quarto capítulo serve para discutir os resultados obtidos e perceber o padrão do município, considerando as suas freguesias e os níveis de exposição que foram calculados. O último capítulo principal serve para a proposta de medidas a implementar nas diferentes freguesias, considerando o seu grau de exposição. No final, o capítulo conclusivo aborda as principais ideias da dissertação de forma sintetizada e identifica as principais limitações do trabalho.

Esperamos que esta investigação contribua para uma melhor análise da exposição às inundações no município de Braga, considerando que estão a ser utilizadas as particularidades do território no cálculo da exposição. Estes dados poderão auxiliar na tomada de decisão de medidas de proteção do território e da população, promovendo a resiliência da área em estudo.

Capítulo 1 – Enquadramento Teórico

As inundações são um dos principais desafios da sociedade que, no contexto atual de alterações climáticas e de crescimento de áreas artificializadas, têm provocado grandes perdas humanas e económicas (Schmidt-Thomé *et al*., 2006; Wilby & Keenan, 2012). Apesar de ser um fenómeno recorrente, as inundações são muito complexas de analisar, em parte devido à sua imprevisibilidade (Costa, 2020).

O conceito de inundação não gera divergência entre os investigadores, sendo este referente a fenómenos hidrológicos extremos, que se refletem na submersão de uma área que normalmente está emersa (Costa, 2020; Ramos, 2013; Rodrigues, 2017). Estas têm um papel de destaque no leque dos desastres, sendo um dos perigos mais comuns, tanto a nível internacional, tendo sido em 2024, de acordo com o relatório do CRED (2025), o segundo tipo de desastre com mais ocorrências (142) e o que teve maior impacto social (5 883 mortos e mais de 48 milhões de pessoas afetadas), como na Europa, em que 8 dos 25 eventos foram inundações (EM-DAT, 2025).

Apesar de, no quotidiano, serem regularmente tratados como sinónimos, as cheias e as inundações são conceitos diferentes, na medida em que as cheias provocam inundações, mas as inundações podem decocorrer de outros fatores. Uma cheia é um fenómeno hidrológico, que pode ser de origem natural ou induzido por influência humana, e que resulta no transbordo de um curso de água, originando a inundação dos terrenos ribeirinhos, enquanto uma inundação consiste igualmente num fenómeno hidrológico que pode ter como origem os mesmos fatores das cheias, mas que resulta na submersão de uma área normalmente emersa (Ramos, 2013).

A origem das inundações pode ser por causas naturais ou pode ocorrer por indução do Ser Humano (Leal, 2019; Ramos, 2013). Atualmente, as inundações causadas por eventos extremos de precipitação são um dos principais causadores de desastres, afetando e condicionando a sociedade e o seu desenvolvimento (Santos *et al*., 2018). As inundações apesar de serem maioritariamente de carácter temporário, podem ser definitivas, nomeadamente as que são causadas pela subida eustática do nível do mar, algo que se está a

verificar mais frequentemente como consequência das alterações climáticas (Croteau *et al.*, 2023; Ramos, 2013).

As inundações podem ser classificadas segundo as suas forças causadoras. Contudo, esta classificação altera-se consoante os diversos autores que tratam este tema. A classificação defendida por Ramos (2009), e posteriormente adotada por Leal (2019), agrupa as origens das inundações em quatro grupos, sendo eles: cheia, inundação de depressões topográficas, inundação costeira, e inundação urbana (Tabela I).

Tabela I: Tipologia das inundações e as suas causas.

Tipologia	**Causas**
Cheia	Precipitação intensa e/ou persistente; fusão da neve e/ou gelo; obstáculos ao escoamento fluvial.
Inundação de depressões topográficas	Subida da toalha freática; retenção da água num solo pouco permeável.
Inundação costeira	Maré alta após uma tempestade; tsunami; subida do nível médio das águas do mar.
Inundação urbana	Sobrecarga dos sistemas de drenagem artificial devido a precipitação intensa.

Fonte: Adaptado de Ramos, 2009.

Por outro lado, segundo Ramos (2009), em Portugal, as inundações são maioritariamente causadas por condições meteorológicas adversas, existindo 5 subtipos de inundações mais comuns: as cheias lentas nos grandes rios, as cheias rápidas associadas a rios e ribeiras de menores dimensões, a subida das águas subterrâneas, as inundações causadas pela sobrecarga dos sistemas de drenagem, e as inundações costeiras devidas a galgamentos oceânicos.

A APA distingue as inundações em fluvial, pluvial, repentina e costeira, sendo que para a presente investigação apenas interessa desenvolver as inundações do tipo fluvial. As inundações fluviais resultam no alagamento das áreas circundantes como consequência de eventos de precipitação prolongada ou intensa que levam à transposição das águas do leito menor do rio para o leito maior, e/ou do degelo das massas de gelo, e/ou de uma falha nas barragens ou nos diques, condicionando a ocupação das mesmas (APA, 2019a; Costa, 2020). Além do conceito abordado, as inundações urbanas são também de grande importância no

município de Braga, apesar de não ser a temática desta dissertação. As inundações urbanas resultam da acumulação de água em áreas urbanas, normalmente originadas por episódios de precipitação intensa e de curta duração, devido à impermeabilização do solo e à sobrecarga dos sistemas de drenagem (Costa, 2020).

As inundações podem ser distinguidas quando ao tempo que necessitam para ocorrer, sendo repentinas quando são originadas por fenómenos de precipitação intensa numa pequena área impermeável do território e que levam à ocorrência de inundações em períodos de poucos minutos a algumas horas após o início do evento de precipitação (APA, 2019a), e progressivas quando decorrem de períodos de precipitação longos, que podem durar várias horas até vários dias (Costa, 2020).

A nível internacional, o conceito de inundação também é consensual, e vai ao encontro dos utilizados por Costa (2020) e Ramos (2019). Em 2014, Matthews (2014) descreveu inundação como sendo um lugar normalmente seco que foi temporariamente coberto por água, e define que podem ser do tipo fluvial quando transborda dos rios, pluvial quando resulta da falta de capacidade do solo de absorver a água, do lençol freático quando pelo escoamento das águas subterrâneas após episódios de precipitação intensa e prolongada, e costeira causada pela subida do nível das águas do mar. As Nações Unidas consideram que o conceito de inundação depende da sua tipologia: transbordo de um curso de água para a sua planície de inundação quando se trata de uma inundação fluvial; aumento do nível da água nos mares perante uma inundação costeira; e acumulação de água consequente da precipitação numa inundação repentina (UN, 2025).

Na tabela II, estão apresentados os conceitos e as tipologias abordadas anteriormente, de forma resumida.

Tabela II: Principais conceitos e tipologias das inundações.

Autor/Instituição	Conceito	Tipologias
Costa (2020)	Submersão temporária de áreas normalmente emersas.	Repentinas, progressivas, fluviais, urbanas.
Ramos (2013, 2009); Leal (2019)	Fenómeno hidrológico que resulta na submersão de áreas normalmente emersas.	Cheia, depressões topográficas, costeiras, urbanas.

APA (2019a)	Conceito dependente de cada uma das tipologias adotadas.	Fluvial, pluvial, repentina e costeira.
Matthews (2014)	Submersão temporária de áreas normalmente emersas.	Fluvial, pluvial, subterrânea, costeira.
UN (2025)	Conceito dependente de cada uma das tipologias adotadas.	Fluvial, costeira, repentina.

Fonte: Elaboração própria, tendo por base vários autores.

Confirma-se que existe consenso no conceito de inundação, e a utilização de diferentes classificações. Para o presente trabalho, será utilizada a classificação das tipologias utilizada por Costa (2020), porque além de ser recente, engloba inundações fluviais e urbanas, as duas tipologias que mais ocorrem no município de Braga.

1.1 – O risco de inundação

Para ser possível realizar este estudo é necessário compreender e discutir alguns conceitos importantes relacionados com inundação e risco, de modo que ao longo da dissertação os conceitos sejam usados de forma coerente e explícita.

O risco é um conceito muito presente no nosso quotidiano, e que pode ter diferentes terminologias, mas que na generalidade representa a relação da perigosidade de determinado evento face à vulnerabilidade dos elementos que podem ser afetados. A perigosidade é a probabilidade de um fenómeno perigoso ocorrer em determinado local num determinado período de tempo (Zêzere, 2005). Nesta investigação iremos focar o estudo no risco hidrológico e nas suas tipologias. O risco hidrológico ocorre quando na superfície terrestre se observa excesso de água e este subdivide-se em 3 tipos: risco de cheia, risco de inundação, e risco de alagamento (Ferreira *et al*., 2022). O risco de inundação é a interseção espacial do perigo de inundação, ou seja, o transbordo da água, com a vulnerabilidade social e com a exposição, nomeadamente resultante da ocupação do Ser Humano nos espaços aluviais (Chakraborty *et al.*, 2023; Costa, 2020; Ferreira *et al*., 2022). Por outro lado, o risco de cheia será igualmente a interseção espacial da vulnerabilidade social e da exposição. Porém, neste caso com o perigo de cheia, ou seja, com o perigo do transbordo de água do leito normal (Ferreira *et al.*, 2022). Quanto ao risco de alagamento, apesar de não ser tão tratado na maioria dos estudos é igualmente importante, sobretudo em áreas urbanas, e é definido como

o produto da probabilidade de acumulação de água na superfície terrestre, devido a precipitações intensas e/ou condicionamento dos sistemas de drenagem, com a capacidade de dano do fenómeno (Ferreira *et al*., 2022).

Assim, o risco de inundação será tanto maior quanto maior for a magnitude, a velocidade, a frequência das inundações e o número de elementos expostos, ou seja, só haverá risco se nas áreas potencialmente inundáveis houver elementos que possam ser destruídos e/ou danificados (Ramos, 2013). Por esse motivo, a presente dissertação pretende identificar os elementos expostos para que as medidas preventivas sejam adaptadas à realidade do território. O conceito de exposição e de vulnerabilidade serão explorados de forma aprofundada no capítulo 2.1.

Estes conceitos foram progressivamente associados à teoria do risco, podendo esta ser analisada em três etapas diferentes: o paradigma do risco-perigo, que se assenta na frequência e magnitude dos fenómenos e que prevaleceu até ao início do segundo milénio (Lopes *et al*., 2023); o paradigma da vulnerabilidade social que ganhou destaque em 2005 e foi relevante até 2015, em que assumiram a importância da exposição no estudo do risco (Lopes *et al*., 2023); a etapa que prevalece atualmente é o paradigma da resiliência, que se tornou primordial a partir da Conferência de Sendai, em 2015, e que acrescenta à equação do risco a questão da capacidade das comunidades se adaptarem ao risco (Lopes *et al*., 2023; Lopes *et al*., 2025).

Em Portugal, apesar de se verificar um crescimento no número de ocorrências relacionadas com cheias e inundações (Costa & Lopes, 2024), não se regista uma tendência crescente relativamente às perdas e feridos (Santos, 2015). Contrariamente, os danos são cada vez mais significativos, devido essencialmente ao crescente número de elementos expostos (Ferreira *et al*., 2022). Esta maior exposição deve-se em grande parte ao processo de urbanização, que em Portugal, tal como na generalidade do mundo, tem-se estendido para leitos de cheia e áreas costeiras (Gaspar, 2005), tornando a população mais vulnerável aos fenómenos hidrometeorológicos.

A contínua troca de espaços verdes por espaços artificializados, que não têm capacidade para reter a água das chuvas e a que transborda dos cursos de água (Ericsson, 2022), aumenta a vulnerabilidade destes lugares. O facto de os solos estarem impermeabilizados leva a que a

água das chuvas e dos cursos de água não se infiltre no solo e origine o escoamento superficial (Leal, 2019). Com o aumento excessivo destas áreas artificializadas, a criação de espaços verdes deixou de ser suficiente para minimizar este problema, devendo ser conjugado com outras medidas (Ericsson, 2022), designadamente perante os efeitos das alterações climáticas.

1.2 – Os impactes das alterações climáticas

As alterações climáticas são definidas como sendo uma mudança prolongada do clima, devido à variação das suas propriedades (Santos *et al.*, 2018; Zandvoort *et al*., 2017; ISDR, 2008). Esta é uma realidade cada vez mais presente no nosso quotidiano, mas ainda assim as suas consequências são uma incerteza. Por esse motivo, quando se trata de fazer projeções devem ser tidos em consideração vários cenários (Zandvoort *et al*., 2017). Certo é que se assume que as alterações climáticas são responsáveis pela maioria das mudanças ocorridas na dinâmica dos desastres climáticos na Europa, sendo, contudo, necessário considerar que a resposta climática ao aquecimento global varia de região para região (Pereira *et al*., 2021).

Focando-nos no caso do Mediterrâneo, onde se inclui Portugal, os dados do relatório do IPCC de 2022 revelam uma diminuição da precipitação média, mas um aumento das precipitações fortes. Por esse motivo, é provável que esta região sofra um aumento das ocorrências de inundações e tempestades, sendo que em Portugal, os municípios das regiões montanhosas do norte e centro continuarão a ser os mais vulneráveis às tempestades (Santos *et al*., 2018), essencialmente devido à existência de condições de relevo favoráveis e aos valores de precipitação anual mais elevados. Por esse motivo, sobretudo nas regiões hidrográficas de rios transfronteiriços é crucial uma gestão dos recursos em cooperação com Espanha, para atenuar as implicações quer para a agricultura, o turismo, o fornecimento de água e a sua qualidade (Costa & Lopes, 2024; Santos *et al*., 2018).

1.3 - Exposição às inundações

O conceito de exposição tem sido cada vez mais priorizado pelos investigadores dado que o número de pessoas a viver em áreas de risco de inundações é cada vez maior, tornando-se imprescindível identificar as populações expostas mais vulneráveis nessas áreas, de modo a torná-las mais resilientes (Cutter & Finch, 2008; Ferreira & Santos, 2020; McDermott, 2022).

Segundo o IPCC (2014:5), a exposição é definida pela "*presença de pessoas, meios de subsistência, espécies ou ecossistemas, funções ambientais, serviços e recursos,*

infraestruturas ou ativos económicos, sociais ou culturais em locais e cenários que podem ser afetados negativamente". Por outras palavras, a exposição pode ser entendida como a presença de elementos, sejam bens (exposição económica) ou pessoas (exposição social), em áreas sujeitas à ocorrência de um potencial processo perigoso natural, ambiental ou tecnológico (Costa, 2020; Gonçalves *et al.*, 2021; Julião *et al*., 2009). A exposição será tanto maior quanto maior for a densidade de elementos em determinada área, e quão mais vulneráveis esses elementos forem. É importante salientar que, sendo a exposição uma das componentes do risco, caso não haja elementos expostos então o risco é nulo.

A vulnerabilidade das populações, pode ser definida por um conjunto de características que as comunidades têm para responder ao impacto de um evento natural perigoso e às suas potenciais perdas (Chakraborty *et al*., 2023; Cutter *et al*., 2003; IPCC, 2022). Essa capacidade pode variar tendo em conta alguns fatores, sendo o nível socioeconómico e a estrutura etária os mais relevantes (Chakraborty *et al*., 2023; Cutter & Finch, 2008). Além disso, a exposição e a vulnerabilidade das comunidades estão também associadas às tendências de crescimento da população. Em áreas nas quais se observa um decréscimo de população e consequente envelhecimento populacional, a vulnerabilidade aumenta, isto porque, a população mais envelhecida tem menos capacidade de reação no decorrer da ocorrência e necessita de mais apoios para recuperar da catástrofe (Cutter & Finch, 2008). Por outro lado, nas áreas em que a população aumenta exponencialmente, a vulnerabilidade também poderá aumentar dado que a tendência é serem ocupadas áreas do território onde o risco é maior e serem necessários mais meios para socorrer e recuperar a comunidade (Cutter & Finch, 2008). Assim, a vulnerabilidade é entendida como "*a propensão ou predisposição para ser afetado negativamente [e] abrange uma variedade de conceitos e elementos, incluindo a sensibilidade ou suscetibilidade a danos e a falta de capacidade para lidar e adaptar-se*" (IPCC, 2014:5).

A vulnerabilidade pode ser ao nível das características do território ou ao nível das características da população. Esta última revela grande importância uma vez que o risco será maior para as populações vulneráveis (*e.g.*, os idosos, as crianças, pessoas sem família, pessoas com incapacidades ou deficiência, pessoas com baixos rendimentos), uma vez que não têm tantos meios para se protegerem nem para superar as adversidades decorrentes da catástrofe (Aragão, 2011; Cutter & Finch, 2008). Por sua vez, essa capacidade de superar as adversidades é entendida como a resiliência, cujo conceito tem sido cada vez mais explorado

dada a sua importância no estudo dos riscos naturais. A resiliência tem sido definida como a capacidade que as comunidades têm para se preparar, enfrentar e recuperar das perturbações dos sistemas naturais e antrópicos (Castro & Lourenço, 2017; Chakraborty *et al*., 2023; Cutter *et al*., 2003).

A compreensão e espacialização da exposição e da vulnerabilidade é importante na caracterização do risco de inundação ao nível local, uma vez que ajuda os decisores locais a identificar as áreas onde a população estará em maior desvantagem face à ocorrência de uma inundação e, assim, elaborar medidas de modo a tornar essas comunidades mais resilientes (Chakraborty *et al*., 2023). Com isto, haverá também uma melhor repartição dos recursos públicos, na medida em que uma maior percentagem desses fundos irá ser direcionada para as comunidades mais desfavorecidas, incentivando a justiça ambiental (Chakraborty *et al*., 2023). Esta ideologia e estes conceitos tornam-se cada vez mais fulcrais quando consideramos as alterações climáticas, uma vez que as mesmas irão potencializar a ocorrência dos fenómenos perigosos e consequentemente aumentar a extensão das áreas expostas.

1.4 – Métodos para o cálculo da exposição

Atualmente existem um conjunto de métodos que permitem calcular a exposição. Porém, vários estudos afirmam que avaliar a exposição é muito mais complexo do que analisar a existência de elementos expostos nas áreas de maior risco (Zhu *et al*., 2019). Existem um outro conjunto de variáveis, nomeadamente qualitativas, que influenciam o grau de exposição, sobretudo o nível socioeconómico da população, a idade da população e o nível de literacia (Lopes *et al*., 2023). É, portanto, fundamental criar uma metodologia que permita calcular o grau de exposição às inundações mais completa do que a utilizada nos Planos de Gestão dos Riscos de Inundação (PGRI).

Em Portugal, um dos estudos mais recentes que aborda a exposição às inundações é o de Ferreira *et al.* (2022) que permitiu realizar o cálculo do risco hidrológico na cidade de Braga, tendo em consideração os estudos do projeto FORLAND. O estudo tem por base o produto da exposição, da vulnerabilidade social e da perigosidade, tendo sido selecionados 12 indicadores.

Ao nível da perigosidade foram considerados os seguintes indicadores: a incidência espacial de fenómenos hidrológicos; a ocupação do solo; a litologia; o relevo; e a proximidade aos

cursos de água. A incidência espacial de fenómenos hidrológicos, a ocupação do solo e a litologia permitiram observar o estado dos solos, nomeadamente através da sua permeabilidade e da sua cobertura vegetal, o que se revela importante, uma vez que áreas mais permeáveis e com mais cobertura vegetal serão menos propícias ao risco de inundação. Relativamente ao relevo, o risco será maior em áreas com menor declive pois o escoamento superficial da água será menor e, por fim, quanto maior for a proximidade aos cursos de água maior o risco de ocorrência de fenómenos hidrológicos. Ao nível da exposição foram considerados dois indicadores: os alojamentos e a densidade da rede viária, uma vez que estes elementos poderão ficar condicionados em caso de inundação. A última componente estudada por esta metodologia é a vulnerabilidade social, sendo considerados os seguintes indicadores: densidade populacional, nas quais os locais com maior densidade têm maior criticidade e precisam de mais operacionais; e a distância euclidiana aos hospitais, às farmácias e aos agentes de proteção civil, no caso destas entidades ficarem comprometidos pelos fenómenos, será menos eficaz a resposta às ocorrências.

A todos estes indicadores foram atribuídas ponderações, tendo em consideração a sua relevância e posteriormente classificados numa escala de risco com cinco níveis (muito baixo, baixo, médio, elevado, muito elevado) (Figura 3), utilizando o *raster calculator*. Neste estudo, apesar de estarem presentes a exposição e a vulnerabilidade os dados utilizados não demonstram a realidade da população exposta, nomeadamente a estrutura etária da população e o nível de escolaridade.

Outro exemplo de uma metodologia que permite calcular o grau de exposição é a de Costa (2009). A Tabela III apresenta os indicadores utilizados nesta metodologia: o número de habitantes, o tipo e número de atividades económicas afetadas, o tipo e número do Património natural afetado, o tipo e número de Património cultural afetado, o número e extensão de Zonas Sensíveis, e o número e extensão de Áreas Vulneráveis.

Tabela III: Componentes do grau de exposição.

Indicadores	**Grau de Exposição**		
	Baixo	**Médio**	**Elevado**

Fonte: Adaptado de Costa, 2009.

População afetada (hab.)	< 1 000	1 000 - 3 000	> 3 000
Atividade económica afetada (setores)	Primário	Primário + Terciário	Primário + Secundário + Terciário
Património natural afetado	Monumento Natural + Paisagem Protegida	Parque Nacional + Reserva Natural + Paisagem Protegida	Reservas da UNESCO + Parque Nacional + Parque Natural
Património cultural afetado	Interesse Municipal	Interesse Municipal + Público	Interesse Nacional + Mundial
Zonas Sensíveis	Não existe	Extensão média	Grande extensão
Áreas Vulneráveis	Não existe	Extensão média	Grande extensão

As variáveis mencionadas foram avaliadas numa escala quantitativa entre 1 e 3, sendo 1 grau de exposição baixo, 2 grau de exposição médio e 3 o grau de exposição alto. Somando os valores atribuídos a cada um dos indicadores mencionados anteriormente é obtida a avaliação final do grau de exposição, sendo classificada como baixa quando o valor resultante da soma dos indicadores é inferior a 8, como média quando o valor está entre 8 e 14, e como exposição elevada quando a soma dos indicadores é superior a 14 (Costa, 2009).

Nesta metodologia, tal como na anterior, os indicadores utilizados não se mostram completos dada a necessidade de incorporar outros fatores, como o número de edifícios ou a estrutura etária da população.

Uma abordagem focada nas propriedades residenciais foi efetuada por Chakraborty *et al.* (2023), através da contabilização das propriedades residenciais por setor censitário expostas a inundações com período de retorno de 100 anos. Para georreferenciar as áreas mais críticas, esses dados foram integrados com a componente da vulnerabilidade social, através de mapas de *cluster* de indicadores locais bivariados (variáveis socioeconómicas; demografias; étnicas; culturais). Nesse conjunto de indicadores destacaram-se as características relacionadas com a etnia, seguindo-se a pobreza e o ambiente construído, e em terceiro a estrutura doméstica dos habitantes. Contudo, este estudo apresenta algumas limitações enunciadas pelos autores como a falta de consenso relativamente ao modo como variáveis devem ser usadas no cálculo da vulnerabilidade social, a não diferenciação das habitações pelo andar em que se

encontram, e o facto de não ser tido em conta a sobrecarga dos sistemas de drenagem, nem as projeções climáticas futuras (Chakraborty *et al*., 2023).

O'Neill *et al*. (2016) analisaram a exposição face ao risco de inundação com uma abordagem diferente, argumentando que a exposição está relacionada com a distância de determinados locais à área de potencial inundação, nomeadamente: a distância ao rio e/ou à costa; a distância à área máxima da extensão da maior inundação; e a distância até à área de risco percebida. Foram comparados os bens e pessoas que poderão estar em áreas potencialmente inundáveis face às distâncias a determinados pontos de referência, com a perceção da população face à sua situação perante a exposição ao risco de inundação. Apesar da população que está consciente da sua situação estar tão exposta como a que não está consciente, a capacidade de resposta tenderá a ser maior, uma vez que quem perceciona o risco está mais preparado para lidar com ele.

1.5 - Quadro legal e normativo

Atualmente existe uma crescente preocupação com os riscos naturais e uma mentalidade de prevenção, ao invés de uma postura totalmente reativa, de modo a tornar as comunidades mais resilientes (UN, 2015). No caso da União Europeia, a criação e implementação de políticas de proteção civil pelos Estados-Membros são obrigatórias e têm necessariamente de considerar a vulnerabilidade e a resiliência das comunidades (Aragão, 2011:2), com o objetivo de "*alargar, aprofundar e aperfeiçoar os mecanismos de proteção civil existentes*".

A Conferência de Sendai 2015 para a Redução do Risco de Desastres teve na base da sua elaboração a questão da resiliência dos países, tendo sido realçada a importância de se verificar um "*desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza, e de integrar, conforme apropriado, tanto a redução do risco de catástrofes e construção de resiliência nas políticas, planos, programas e orçamentos a todos os níveis*" (UN, 2015:9). Esta obrigação está também expressa na Diretiva 2007/60/CE: "*os Estados-Membros deverão basear as suas avaliações, cartas e planos nas «melhores práticas» e «melhores tecnologias disponíveis» adequadas, que não acarretem custos excessivos no domínio da gestão dos riscos de inundações*". Tal importância, levou a que esta matéria se tenha constitucionalizado, estando presente no artigo 196.º do Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia (pp. 135-136) o âmbito sobre a qual incide: *"a União incentiva a cooperação entre os Estados -Membros a*

fim de reforçar a eficácia dos sistemas de prevenção das catástrofes naturais ou de origem humana e de proteção contra as mesmas".

No que diz respeito às inundações, a União Europeia redigiu a Diretiva 2007/60, que foi transposta para a legislação portuguesa através do Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro, e que enuncia as inundações como "fenómenos naturais que não podem ser evitados. No entanto, algumas atividades humanas (tais como o aumento de construções e dos ativos económicos nas planícies aluviais e a redução da retenção natural de água pelo uso da terra) e as alterações climáticas contribuem para um aumento na probabilidade e nos impactos adversos dos eventos de inundação".

Nesta diretiva estão também expressas as obrigações dos Estados-Membros no âmbito das inundações. Para o efeito, passam a ser obrigatórias as cartas de zonas inundáveis e as cartas de riscos de inundações para todas as regiões hidrográficas e apresentadas medidas de mitigação. As cartas de zonas inundáveis indicam a extensão das áreas inundadas, as profundidades de água cotadas topograficamente em relação ao nível médio da superfície das águas, e o caudal de cheia (Decreto-Lei n.º 115/2010, Art.º 7). Relativamente às cartas de riscos de inundações, estas referem os seguintes elementos: número de habitantes potencialmente afetados; edifícios sensíveis; tipo de atividade económica; instalações que possam causar poluição acidental em caso de inundação, e zonas protegidas; e estabelecimentos que envolvam substâncias perigosas (Decreto-Lei n.º 115/2010, Art.º 8). Além dessas cartas, cada região hidrográfica deve elaborar o Plano de Gestão dos Riscos de Inundação (PGRI), com o objetivo de explorar medidas de prevenção para estes fenómenos, tendo em consideração as características próprias de cada região hidrográfica.

O conteúdo dos PGRI tem como finalidade a identificação das ARPSI – Áreas de Risco Potencial Significativo de Inundação para posteriormente se elaborarem medidas que melhorem a capacidade de adaptação e resiliência das comunidades às inundações. Para a compreensão e identificação dessas áreas é necessário num primeiro momento que os planos transmitam aos leitores um panorama geral teórico do que são as inundações, as suas diferentes tipologias e impactes, a influência das alterações climáticas e a metodologia aplicada.

Cada ciclo do PGRI tem a duração de seis anos e é efetuada em três fases: cartografia de áreas inundáveis de risco de inundações; planos de gestão dos riscos de inundações; e avaliação

preliminar de risco de inundações (APA, 2021). Atualmente, está em vigor o 2.º ciclo, de 2022 e 2027 (APA, 2021). Neste ciclo foram analisados os eventos de inundação reportados entre 2011 e 2018, através das informações e dados recolhidos pela Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC), do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, da Associação Portuguesa de Seguradores, da análise de imagens satélite COPERNICUS e de jornais (APA, 2019a). Para caracterizar os eventos foi descrita a origem dos mesmos, bem como os seus impactes negativos.

No total foram registados 22 eventos na área da RH2 - Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça, onde se insere o município de Braga, todos eles de origem fluvial e/ou pluvial: 7 em Braga, 5 em Santo Tirso, 4 em Guimarães, 3 em Vila Nova de Famalicão, 1 na Póvoa de Varzim, 1 em Esposende, e 1 na Trofa (APA, 2019a). As consequências dos eventos refletiram-se no condicionamento da utilização de redes viárias, de escolas, de campos agrícolas, de indústrias, entre outros serviços públicos (APA, 2019a).

O PGRI deste 2.º Ciclo teve em conta a avaliação ao 1.º Ciclo de implementação da Diretiva, onde foram salientados alguns aspetos a incluir, nomeadamente: priorizar medidas de planeamento do uso do solo e/ou de renaturalização, tendo em conta o custo-benefício das mesmas; assumir as alterações climáticas como peça fundamental na avaliação das inundações; e garantir o envolvimento ativo das partes interessadas (*stakeholders*) (APA, 2019a).

A Diretiva de Avaliação e Gestão dos Riscos de Inundações (DAGRI) prevê também três níveis de atuação da Proteção Civil: a prevenção, a proteção e a preparação (Diretiva 2007/60/CE, ponto 14). Deste modo, na União Europeia existe o Mecanismo e o Instrumento Financeiro, que são os dois grandes pilares da Proteção Civil (Aragão, 2011). No âmbito do Mecanismo que visa reforçar as cooperações nas intervenções de socorro, existe um leque de ações que pretendem facilitar essa mesma intervenção. Entre essas ações encontram-se a: "*identificação das equipas de intervenção"; "criação e implementação de um programa de formação para as equipas de intervenção e demais meios humanos de apoio à intervenção"; "criação e gestão de um sistema comum de comunicação e informação de emergência*" (Aragão, 2011:4).

Contudo, estes pilares já não são considerados suficientes, uma vez que se aponta a necessidade de conhecer as vulnerabilidades sociais de cada um dos territórios, dado que as consequências dos desastres vão ser maiores ou menores consoante as desigualdades económicas, sociais e territoriais (Aragão, 2011). Assim, pretende-se que em situações de catástrofe se priorize o auxílio das populações e dos territórios mais vulneráveis, tornando a Proteção Civil mais "humanizada" e menos "tecnocrática" (Aragão, 2011).

Esta preocupação é igualmente válida no que diz respeito à atuação da Proteção Civil em episódios de inundação, dado que as medidas e políticas de adaptação devem ter em consideração as áreas onde o risco é mais elevado e onde existe mais população vulnerável e elementos expostos, sobretudo serviços de saúde, educação e proteção da população, ou seja, os edifícios sensíveis. Deste modo, não haverá dispersão dos fundos nem dos esforços em áreas menos prioritárias comparativamente a áreas mais vulneráveis. A ANEPC entende os conceitos de inundação e cheia de forma mais técnica e operacional, de modo a facilitar a sua abordagem no terreno.

Em Portugal, a importância das inundações nos Planos de Gestão está presente na Lei da Água (Lei nº58/2005, de 29 de dezembro), onde é descrita, no Art.º 32.º a proteção e valorização dos recursos hídricos:*"2- Essas medidas têm por objetivo (...) A prevenção e a proteção contra riscos de cheias e inundações, de secas, de acidentes graves de poluição e de rotura de infraestruturas hidráulicas; 3 - Tendo em vista a sua preservação e perenidade, as zonas objeto das referidas medidas devem ser tidas em conta na elaboração e na revisão dos instrumentos de planeamento e de ordenamento dos recursos hídricos; 4 - O regime das medidas para proteção e valorização dos recursos hídricos, bem como das zonas de intervenção, deve ser objeto de legislação ou regulamentação específica".*

O Decreto-Lei n.º 239/2012, que legisla a Reserva Ecológica Nacional (REN), complementa a Lei nº58/2005 analisada. A REN é uma restrição de utilidade pública, que condiciona a ocupação e o uso do solo de um conjunto de áreas que apresentam especificidades ecológicas e/ou suscetibilidade face aos riscos naturais (Decreto-Lei nº 239/2012, Artº 2). Estas áreas estão agrupadas em três tipologias: as áreas de proteção do litoral, as áreas relevantes para a sustentabilidade do ciclo hidrológico, e as áreas de prevenção de riscos naturais (Decreto-Lei nº 239/2012, Artº 4).

Na presente dissertação, o foco irá incidir sobre os cursos de água e respetivos leitos e margens (sustentabilidade do ciclo hidrológico), e sobre as áreas adjacentes e as áreas ameaçadas pelas cheias (riscos naturais) (Decreto-Lei n.º 239/2012, Artº 4). Um leito é entendido como um "terreno coberto pelas águas quando não influenciadas por cheias extraordinárias, inundações ou tempestades" (Decreto-Lei n.º 239/2012, Secção II a-1) e a margem é uma *"faixa de terreno contígua ou sobranceira à linha que limita o leito das águas"* (Decreto-Lei n.º 239/2012, Secção II a-2). Uma área que seja ameaçada pelas cheias é considerada zona adjacente, devendo essa área ser delimitada e devem ser definidas as áreas de ocupação edificada proibida e/ou condicionada (Lei n.º 54/2005). A delimitação dessa área é feita desde o limite da margem até à linha alcançada pela maior cheia.

É também fundamental perceber o conceito de bacia hidrográfica que está presente na legislação que aprova a revisão das orientações estratégicas nacionais e regionais previstas no Regime Jurídico da REN, a Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro. Uma bacia hidrográfica é definida como uma área que integra um conjunto de cursos de água que têm a mesma foz (Portaria n.º 336/2019, Glossário de Termos Técnicos). No caso do município de Braga, existem duas bacias: a Bacia Hidrográfica do Ave e a Bacia Hidrográfica do Cávado.

Na REN estão interditas as seguintes ações: operações de loteamento; obras de urbanização, construção e ampliação; vias de comunicação; escavações e aterros; e destruição do coberto vegetal (Decreto-Lei n.º 239/2012, Artº 20). É, portanto, fundamental perceber se essas restrições estão a ser corretamente aplicadas nas zonas adjacentes, de modo a diminuir as consequências de potenciais fenómenos hidrológicos extremos.

A União Europeia criou recentemente a Lei do Restauro da Natureza, pelo Regulamento (UE) 2024/1991, em junho de 2024, com o objetivo de recuperar, no mínimo, 20% das áreas terrestres e 20% das áreas marítimas, até 2030 (Despacho n.º 12734/2024). Com isto, pretende-se que os 27 Estados-membros, recuperem os seus ecossistemas e se tornem mais resilientes às alterações climáticas e aos fenómenos extremos consequentes (Despacho n.º 12734/2024). Até dia 18 de agosto de 2026, o Plano Nacional de Restauro deverá ser apresentado à Comissão Europeia e deve incluir as áreas a recuperar, as medidas a serem tomadas e a planificação das mesmas (Despacho n.º 12734/2024). O plano deve contemplar os seguintes ecossistemas: terrestres, costeiros e de água doce; marinhos; urbanos; de

conectividade natural dos rios; das populações de polinizadores; agrícolas; e florestais (Despacho n.º 12734/2024).

1.6 – Gestão do risco de inundações

A adaptação das populações às alterações ambientais é um processo inerente à história da humanidade. Porém, tem assumido uma maior relevância devido à crescente intensidade e influência das mesmas no quotidiano (Chakraborty *et al*., 2023; Croteau *et al.*, 2023; Wilby & Keenan, 2012).

Com o aumento da magnitude e da frequência das inundações, a gestão das mesmas sofreu uma mudança de paradigma. Inicialmente a gestão era apenas com o intuito de manter a água fora dos locais com população e habitações (através da construção de diques), sendo que agora o enfoque está centrado na prevenção e redução desse risco, considerando as características do local (Chakraborty *et al*., 2023). Contudo, a gestão do risco de inundação enfrenta inúmeros desafios, tais como a pobreza, as alterações climáticas, a natureza transfronteiriça dos rios, e o acesso e controlo diferencial sobre os recursos (Costa, 2020).

Os municípios devem estar, cada vez mais, preparados para se adaptarem a situações adversas, como o caso das alterações climáticas e dos eventos extremos (McClure & Baker, 2018; Wilby & Keenan, 2012), devendo seguir as três etapas fundamentais que permitem definir o caminho: a identificação dos *tipping points* (ou seja, os pontos a partir dos quais as alterações são irreversíveis); a análise das várias possibilidades de cenários; e a verificação de desenvolvimentos críticos (Zandvoort *et al*., 2017). Tal como enunciou Costa (2020:106), "*a gestão do risco de inundação inclui todas as medidas de planeamento e mitigação implementadas desde a bacia superior até à planície de inundação*". No entanto, estas medidas só devem ser tomadas após o objetivo estar definido por parte dos planeadores e dos decisores políticos, tendo em conta os modelos de quantificação da análise do risco (Merz *et al*., 2010; Zandvoort *et al*., 2017).

As medidas de adaptação são muito vastas e podem incluir: "*a preparação de avaliações de risco, a proteção dos ecossistemas, a melhoria dos métodos agrícolas, a gestão dos recursos hídricos, a construção de infraestruturas em zonas seguras, o desenvolvimento precoce de sistemas de alerta, melhores projetos de construção, desenvolvimento de redes sociais seguras e aumento da sensibilização e da educação do público*" (ISDR, 2008:7). Com um objetivo a

curto prazo, devem ser implementadas medidas para aumentar o nível de conhecimento da população exposta, sobretudo da mais vulnerável, sobre a temática (Lopes *et al*., 2023).

Em municípios de pequena a média dimensão a implementação de medidas de adaptação e mitigação das alterações climáticas não dependem apenas da vontade das entidades municipais. Dependem também das decisões intermunicipais e nacionais, dado que os planos do município têm de estar de acordo com os planos das entidades superiores (Ericsson, 2022), e do financiamento atribuído.

Os países europeus têm sido dos principais pioneiros no que diz respeito às adaptações perante as alterações climáticas (Bednar-Friedl *et al*., 2022). Estas adaptações são feitas em várias etapas e, portanto, existem países que estarão mais avançados na implementação de planos.

A Figura 1 sintetiza o nível de progresso dos países europeus nas diferentes etapas de adaptação às alterações climáticas, conforme as indicações do Painel de Avaliação da Preparação para a Adaptação, produzido pela Comissão Europeia. Nesta avaliação são consideradas 5 etapas, sendo elas: preparação para a adaptação, avaliação de riscos e vulnerabilidades às alterações climáticas, identificação das opções de adaptação, implementação das ações de adaptação e monitorização e avaliação de atividades de adaptação (Bednar-Friedl *et al*., 2022).

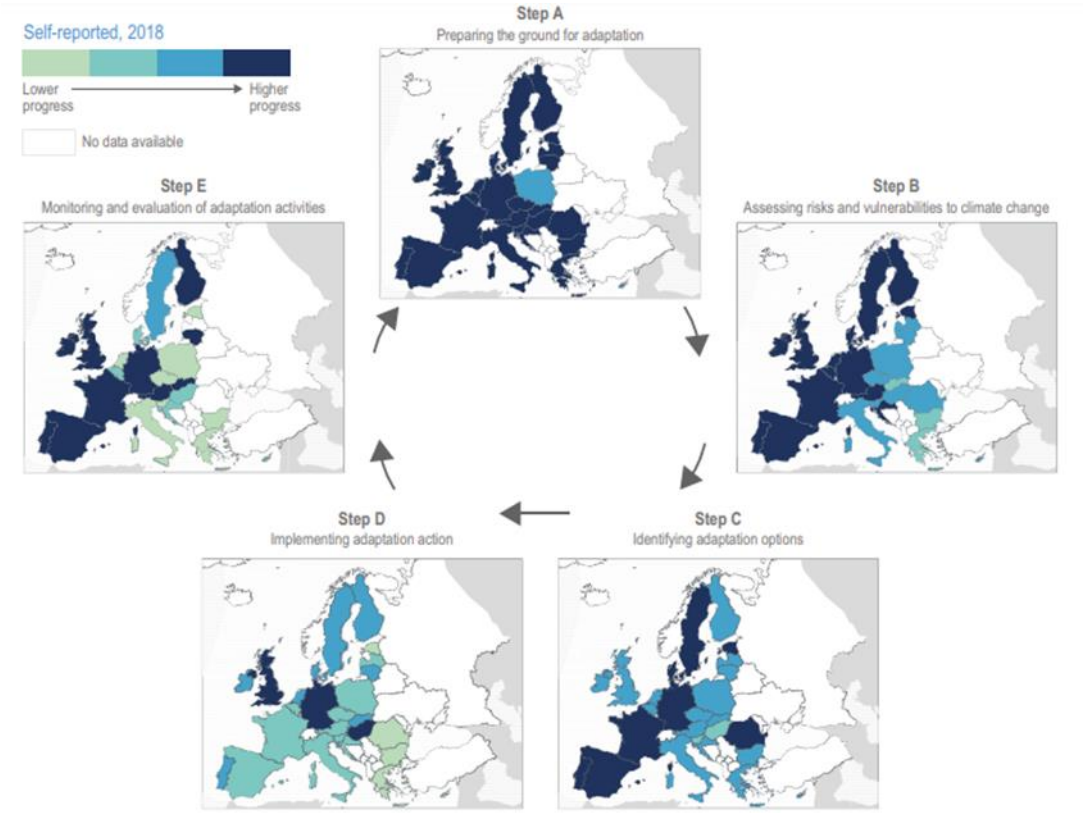


Figura 1: Progresso dos países europeus na adaptação às alterações climáticas.

Fonte: Bednar-Friedl *et al*. (2022).

A implementação das ações de adaptações é a única etapa em que Portugal não se encontra no nível mais elevado de progresso, mas continua a ser um dos países com melhor prestação. O maior contraste verifica-se na última etapa, havendo alguns países com progresso muito elevado, como Portugal, mas estando a maioria dos países com progressos menos avançados na questão da monitorização e evolução das atividades económicas.

O relatório da Agência Europeia do Ambiente (2018) contribui com alguns exemplos de medidas que estão a ser concretizadas por diferentes países europeus para se adaptarem às alterações climáticas, tendo em conta diferentes setores e impactes. Um dos exemplos de adaptação das cidades é a reflorestação que irá minimizar os impactes das ondas de calor e ao mesmo tempo das inundações, dado que ajudam a reduzir o escoamento superficial. Outro exemplo é o da utilização de telhados verdes, que têm como objetivo absorver uma parte da precipitação e fomentar a biodiversidade. Medidas com uma vertente menos natural são, por exemplo, a instalação de bacias e tubagens de águas pluviais que transportam água para os lagos; bacias de retenção para armazenamento de águas (como parques que se podem transformar em lagos durante eventos de inundação); e bacias com vegetação para reter a

água em ruas secundárias mais pequenas. Uma adaptação diferente das anteriores é o reforço dos diques colocados nos estuários e nas praias. Podemos concluir que existem várias soluções baseadas em técnicas distintas, de acordo com a realidade de cada local.

O mesmo relatório aborda uma medida de adaptação às inundações realizada em Portugal, mais especificamente pelo Centro Internacional de Pesquisa para a Paz, localizado na região do Alentejo. Para contrariar as várias tendências de eventos potencialmente perigosos nesta área, desde a desertificação à escassez de água e às inundações, foi elaborado e concretizado um modelo de Paisagem de Retenção de Água. Este modelo tem por base a detenção das águas das chuvas na vegetação e nas bacias de retenção, evitando a ocorrência de escoamento superficial. Esta medida complementada pela construção de terraços, canais e pastagens rotativas tem diminuindo a ocorrência de inundações e de deslizamentos de terra (AEA, 2018).

Capítulo 2 – Caracterização territorial do município de Braga

Cada território tem características que o tornam único, seja pela população, pela economia, pelo relevo, pela litologia, pela rede hidrográfica, pelo clima ou pela herança cultural (Lopes, 2016).

2.1 - Localização territorial

O estudo da presente dissertação incide sobre o município de Braga, que se localiza no noroeste de Portugal Continental (Figura 2), e se insere na NUTS II – Norte e NUTS III – Cávado, cuja sua área total é de 183,4 km², divididos por 37 freguesias. O município de Braga pertence e é capital do distrito de Braga, e encontra-se limitado a norte pelo município de Amares, a este pelo município da Póvoa de Lanhoso, a sudeste pelo município de Guimarães, a sul por Vila Nova de Famalicão, a oeste por Barcelos e a noroeste pelo município de Vila Verde (Figura 2).

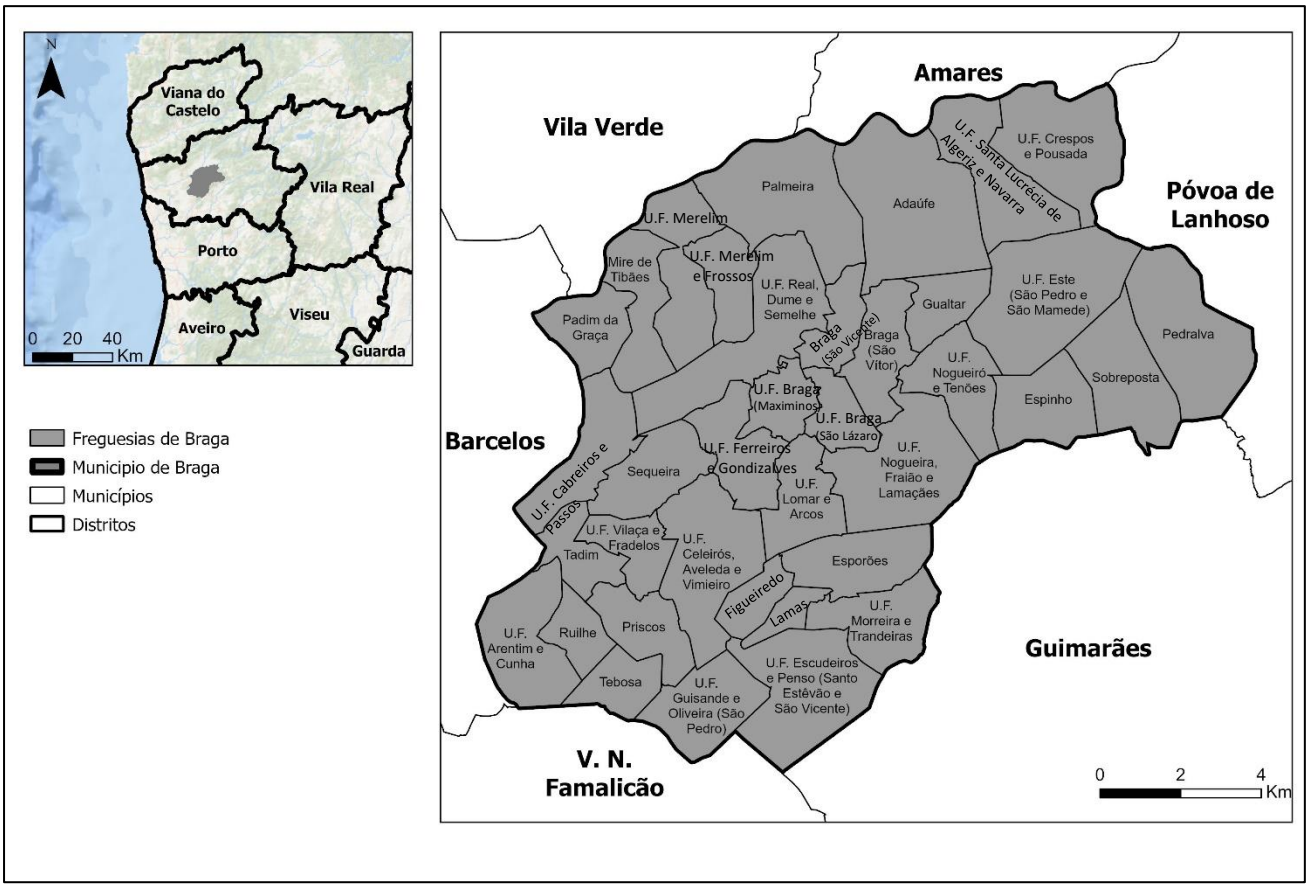


Figura 2: Localização da área de estudo, o município de Braga.

Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados da DGT (2018a).

A organização territorial do município de Braga e a sua integração no contexto regional, serve de base espacial para o desenvolvimento da presente dissertação.

2.2 - Enquadramento físico

O município de Braga, tal como a generalidade do território português, é caracterizado por um clima temperado, ou seja, com invernos amenos e chuvosos e verões quentes e secos (Pinheiro & Laranjeira, 2023; IPMA, n.d.). Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o município enquadra-se no tipo *Csb* – clima temperado de verão seco (IPMA, n.d.).

A temperatura média anual é de 14,5ºC, sendo os meses de junho, julho, agosto e setembro os que apresentam as temperaturas mais elevadas, e os meses de janeiro, fevereiro e dezembro as temperaturas mais baixas (Pinheiro *et al*., 2020). A humidade relativa é mais alta nos meses de maio, abril, junho e julho, variando entre os 74% e os 87% (CMB, 2024a). No que concerne à precipitação, esta apresenta uma variação sazonal, com os máximos a registarem-se entre outubro e fevereiro e com período seco normalmente entre julho e agosto (Pinheiro *et al*., 2020). O valor da precipitação média mensal é de aproximadamente 122 mm, estando de acordo com os valores apresentados para o território das bacias hidrográficas em que se insere (APA, 2019a). Quanto mais alto for o valor da precipitação maior é o risco de inundação.

Relativamente à geologia, o município está inserido no Maciço Antigo Indiferenciado da Bacia do Cávado e no Maciço Indiferenciado da Bacia do Ave, sendo abrangido por formações geológicas que correspondem aos afloramentos graníticos das montanhas do noroeste de Portugal, existindo um setor na margem direita do rio Cávado, onde predominam rochas do Complexo Gnaissomigmatítico (APA, 2019a; Carvalho *et al*., 2003). As características de cada um dos setores irá influenciar a permeabilidade e o escoamento local. As formações graníticas são pouco permeáveis, o que dificulta a infiltração da água, e resulta num maior escoamento superficial. Por outro lado, nos locais com rochas do Complexo Gnaissomigmatítico a capacidade de infiltração poderá ser maior, dependendo do seu nível de erosão e das suas fraturas (APA, 2019a). As águas subterrâneas apresentam valores de recarga anuais bastante baixos, entre os 5% e os 10% (CMB, 2024a).

O tipo de vegetação contribui para contrastes na capacidade de infiltração da água. As vegetações mais densas e com raízes profundas têm níveis de infiltração mais altos do que vegetações rasteiras. A maioria do município é ocupado por florestas de eucalipto, florestas de pinheiro-bravo e florestas de outras folhosas, sobretudo, nas freguesias periféricas de sul, este e oeste (CMB, 2021), tornando estas áreas menos suscetíveis a inundações. No norte, a floresta de eucalipto é menos expressiva e observam-se florestas de carvalhos, castanheiro, invasoras, sobreiro e outras resinosas, ainda que de modo mais residual (CMB, 2021), contribuindo para que estas áreas sejam mais suscetíveis a inundações, uma vez que a densidade da cobertura florestal é menor e, por isso, a capacidade de infiltração seja menor. No centro do município a vegetação é escassa, pelo que a capacidade de infiltração é muito baixa (CMB, 2021).

Hidrograficamente, o município de Braga é atravessado a norte pela Bacia Hidrográfica do Cávado e a sul pela Bacia Hidrográfica do Ave (Figura 3).

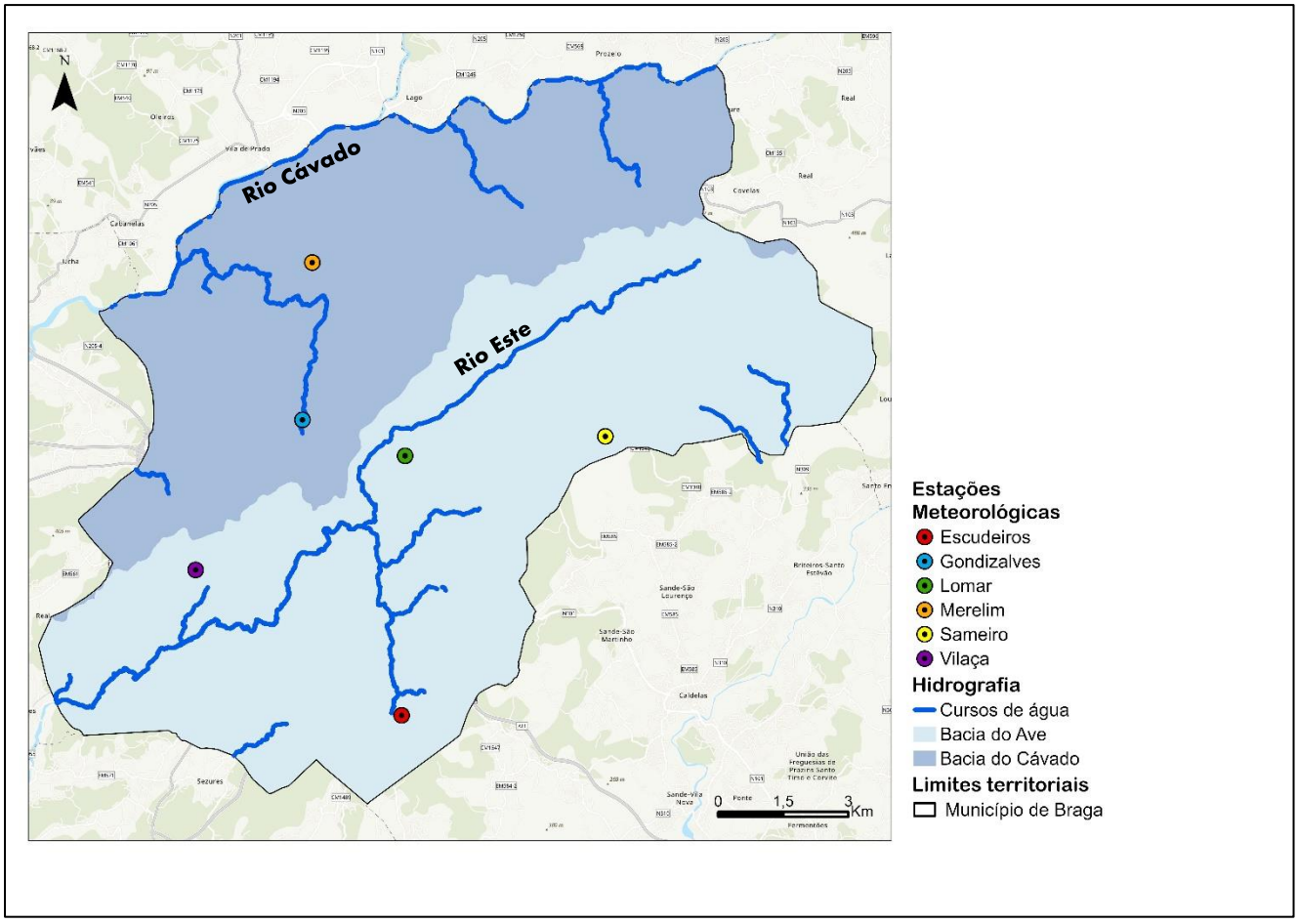


Figura 3: Cursos de água e principais estações meteorológicas no município de Braga.
Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados da APA (2023) e do SNIRH (2025).

O Rio Cávado tem cabeceira na Serra do Larouco e desagua em Esposende, percorrendo 129 km (APA, 2019a). Os principais cursos de água deste rio presentes no município são o Rio Cávado, a Ribeira de Panóias e o Rio Labriosca (CMB, 2024a). Por seu lado, o Rio Ave tem cabeceira na Serra da Cabreira e desagua a sul de Vila do Conde, percorrendo 85 km (APA, 2019a). O Rio Veiga, o Rio de Agrela e o Rio Estes são os cursos de água pertencentes a esta bacia no concelho de Braga (CMB, 2024a).

As estações de monitorização no município são escassas. As estações hidrométricas do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) de Braga, Ponte Bico e Real não estão em funcionamento. Das estações meteorológicas inventariadas no SNIRH, apenas quatro se encontram ativas: Vilaça, Sameiro, Gondizalves e Escudeiros, sendo a de Gondizalves do tipo climatológica e as restantes udométricas (SNIRH, 2025). Além dessas estações, o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) possuiu uma estação automática climatológica em Merelim, que iniciou o seu funcionamento em 1996 (IPMA, 2025). A CIM -- Comunidade Intermunicipal do Cávado instalou seis estações meteorológicas automáticas distribuídas pelos seus seis municípios, uma das quais em Braga, na U.F. Lomar e Arcos, que faculta dados da temperatura do ar, precipitação, velocidade do vento, humidade relativa e pressão atmosférica (CIM Cávado, 2023).

2.3 - Caracterização socioeconómica

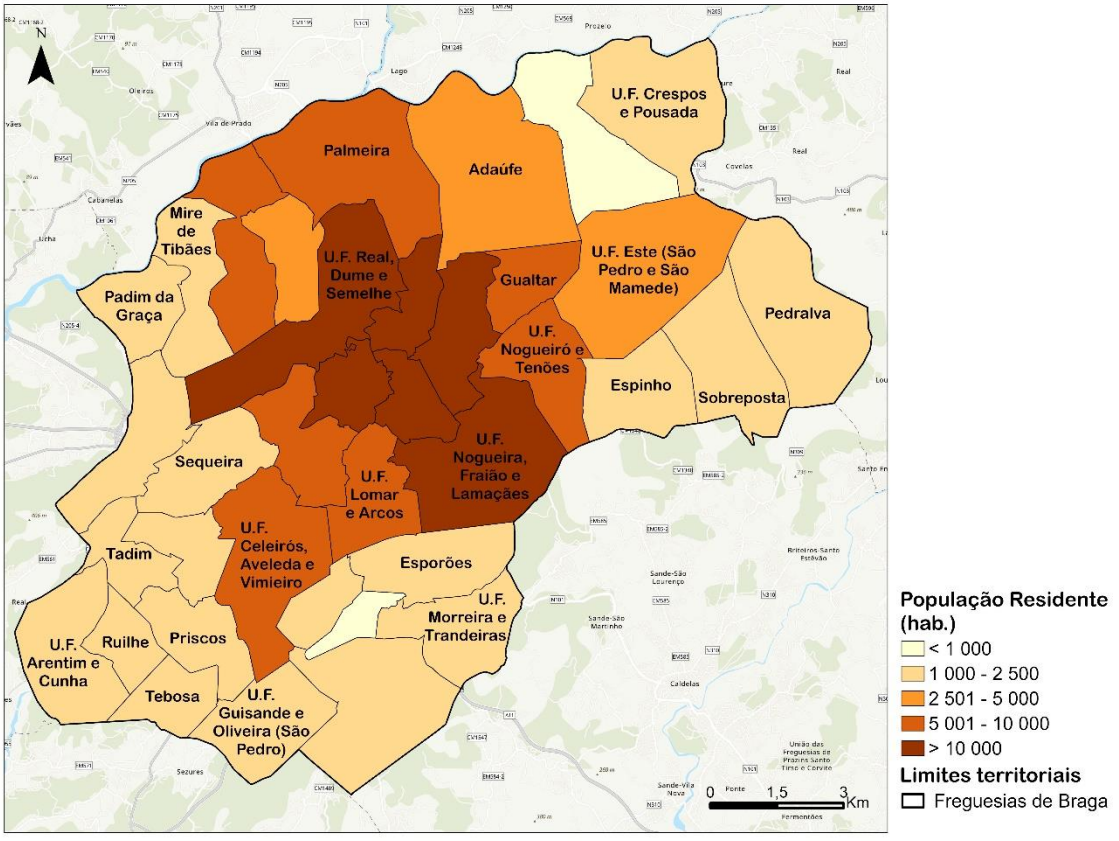
O município de Braga apresenta uma tendência contraditória face à média nacional no que diz respeito ao crescimento total da população. Como podemos observar na Tabela IV, tanto a média para a totalidade do território português, como a média da região Norte, revelam uma diminuição da população residente de 2011 a 2021, enquanto o município de Braga apresenta um crescimento de 6,52%, nesse período, o maior entre os municípios vizinhos (CMB, 2024a). Em 2021, a população residente em Braga era de 193 324 habitantes, representando 46% da população da sua NUTS III (CMB, 2024a), com predomínio do grupo etário dos 25 aos 64 anos e com um forte crescimento do grupo etário mais envelhecido. Nesta vertente, o município segue a tendência nacional da diminuição dos grupos mais jovens e do aumento dos grupos mais envelhecidos (Tabela IV).

Tabela IV: População residente em 2021 e a variação face a 2011, por grupo etário.

Local de residência à data dos Censos [2021]	Grupo etário	Taxa de variação da população residente (2011- 2021) (%)	População residente (N.º)
Portugal	Total	-2,07	10343066
	0 - 14 anos	-15,34	1331188
	15 - 24 anos	-5,16	1088087
	25 - 64 anos	-5,70	5500152
	65 e mais anos	20,58	2423639
Norte	Total	-2,79	3586586
	0 - 14 anos	-21,01	440165
	15 - 24 anos	-9,38	385934
	25 - 64 anos	-6,02	1950231
	65 e mais anos	28,32	810256
Cávado	Total	1,57	416605
	0 - 14 anos	-17,78	55423
	15 - 24 anos	-6,13	48122
	25 - 64 anos	-0,42	231846
	65 e mais anos	38,43	81214
Braga	Total	6,52	193324
	0 - 14 anos	-9,82	26753
	15 - 24 anos	-0,55	21976
	25 - 64 anos	3,39	109422
	65 e mais anos	47,20	35173

Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados do INE

Na Figura 4 podemos observar a distribuição da população residente ao nível das freguesias, com o forte contraste entre as freguesias centrais e as periféricas.



Nas freguesias de Braga (São Vítor), Braga (São Vicente), a U.F. Real, Dume e Semelhe, a U.F. Nogueira, Fraião e Lamaçães, a U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto), e a U.F. Braga (Maximinos, Sé e Cividade), a população residente é superior a 10 000 habitantes. Entre estas destaca-se a Freguesia de Braga (São Vítor), que em 2021 já contava com mais de 32 000 habitantes (INE, 2021a). A forte pressão demográfica nestes locais faz com que as freguesias de, por exemplo, Palmeira, Gualtar, e U.F. Lomar e Arcos estejam a crescer (Figura 4). As restantes localidades registaram menos de 5 000 habitantes nos Censos de 2021, sendo que na Freguesia de Lamas e na Freguesia de Santa Lucrécia de Algeriz e Navarra a população residente era inferior a 1 000 habitantes (Figura 4).

Analisar o nível de escolaridade da população também é essencial quando queremos identificar as áreas mais expostas e apresentar medidas de acordo com esses mesmos locais. O município de Braga, tal como a média nacional, a NUTS II do Norte e a NUTS III do Cávado, registaram uma diminuição da percentagem de população sem nenhum nível de escolaridade completo e com o nível básico, entre 2011 e 2021 (Tabela V). Nesse mesmo período, tanto a percentagem de população com o ensino secundário como com o ensino superior aumentaram consideravelmente (Tabela V).

Tabela V: Taxa de variação do nível de escolaridade mais elevado completo da população residente, em 2021 e 2011.

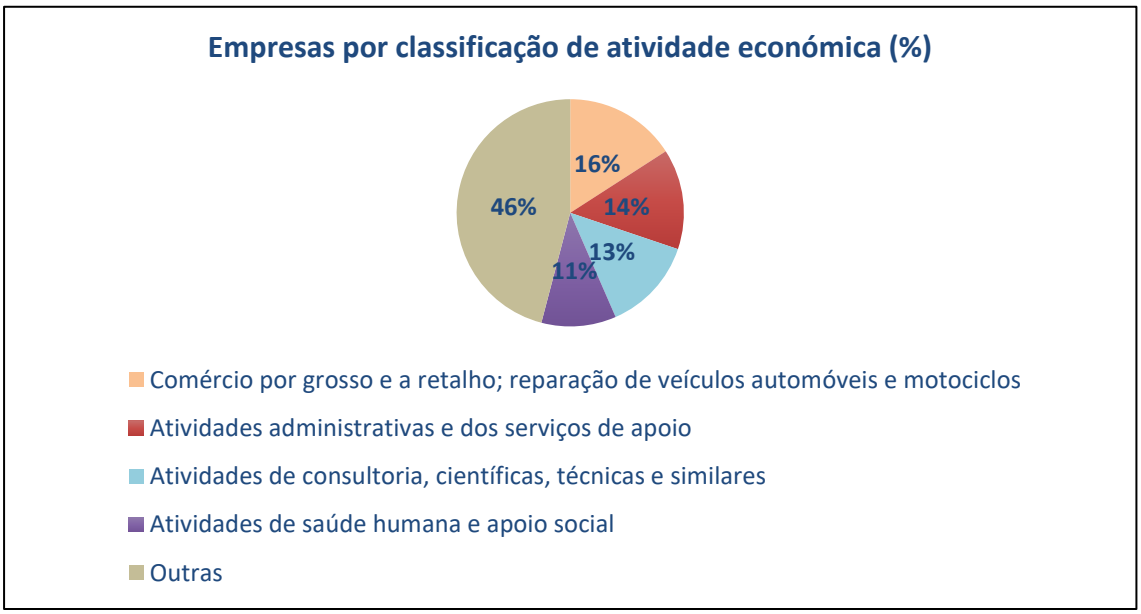
	Portugal	Norte	Cávado	Braga
Nenhum Nível de Escolaridade Completo	-32,5	-34,9	-30,6	-23,4
Ensino Básico	-14,3	-14,1	-13,2	-12,0
Ensino Secundário	50,1	57,5	63,5	52,7
Ensino Superior	43,1	48,9	62,6	54,1

Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados do INE (2021b).

Nota: Na classe "Nenhum Nível de Escolaridade Completo" encontram-se enquadrados os que não têm qualquer nível de escolaridade e aqueles que se encontram a concluir o 1º Ciclo do Ensino Básico.

Relativamente ao retrato económico do município, este mostra-se como sendo o dinamizador da NUTS III do Cávado e de toda a região Noroeste devido à capacidade de atração de investidores (CMB, 2024a).

Em 2023, quatro setores de atividade representavam mais de metade das empresas do município, sendo estes o comércio a grosso e a retalho e a reparação de automóveis e motociclos (16%); as atividades administrativas e dos serviços de apoio (14%); as atividades de consultoria, científicas, técnicas e similares (13%); e as atividades de saúde humana e apoio



SOC Figura 5: Percentagem de empresas por classificação de atividade económica, no município de Braga, 2023.
Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados do INE (2021c).

Relativamente ao Valor Acrescentado Bruto, este encontrava-se distribuído maioritariamente por três setores: as indústrias transformadoras (25%); a construção (18%); e o comércio a grosso e a retalho e a reparação de automóveis e motociclos (18%) (Figura 6).

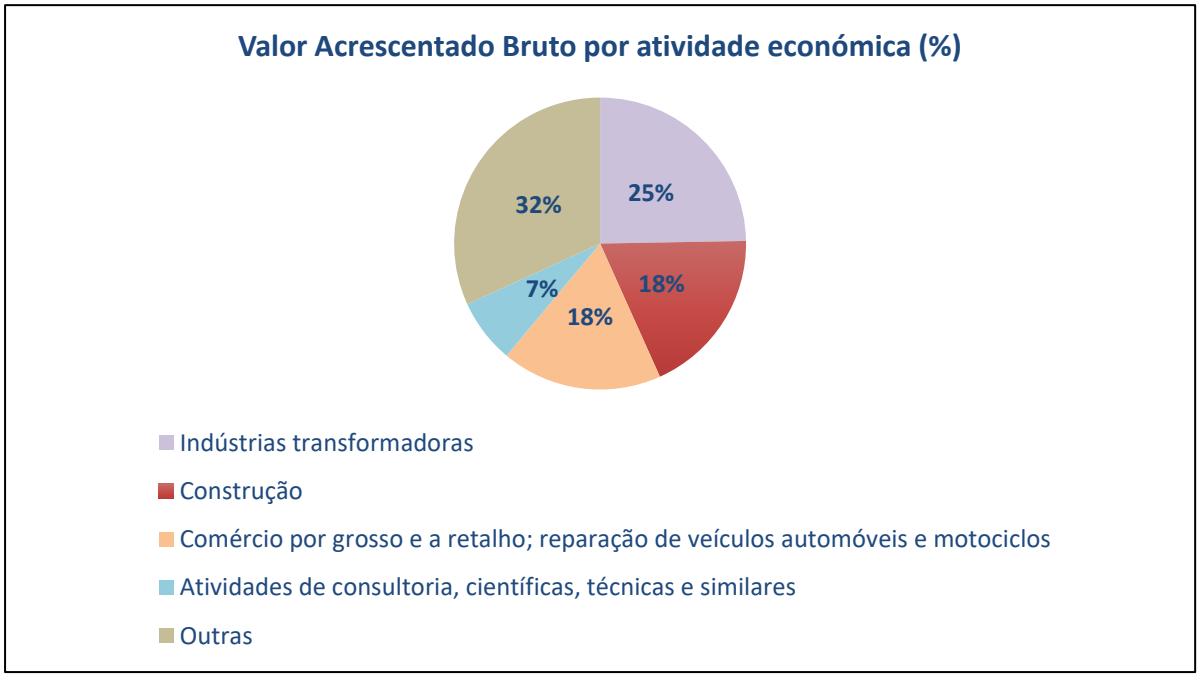


Figura 6: Percentagem do Valor Acrescentado Bruto por setor de atividade económica, no município de Braga, 2023.
Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados do (INE, 2021c).

Deste modo, verifica-se que as atividades do setor primário têm cada vez menos relevância na economia do município e as atividades secundárias e terciárias estendem-se para as áreas mais ruralizadas (CMB 2024a).

2.4 - Uso do solo e urbanização

Analisar o uso e a ocupação do solo é igualmente fundamental para perceber a vulnerabilidade de um território às inundações (APA, 2019a), dado que a permeabilidade de um solo é influenciada pelo seu uso. Em Portugal, a maioria dos municípios é caracterizada por uma área central mais urbanizada e pela periferia com freguesias mais ruralizadas, tal como se observa em Braga (Figura 7). O uso prevalecente no município são as Florestas, a ocupar 37% do território, sobretudo a sudeste (Figura 7). Os Territórios Artificializados (31,1%), distribuem-se no centro do concelho e por toda a extensão das principais vias de comunicação (Figura 7). A "Agricultura", representa 27% do município, localizando-se nas margens dos cursos de água e nas freguesias mais rurais (Figura 7).

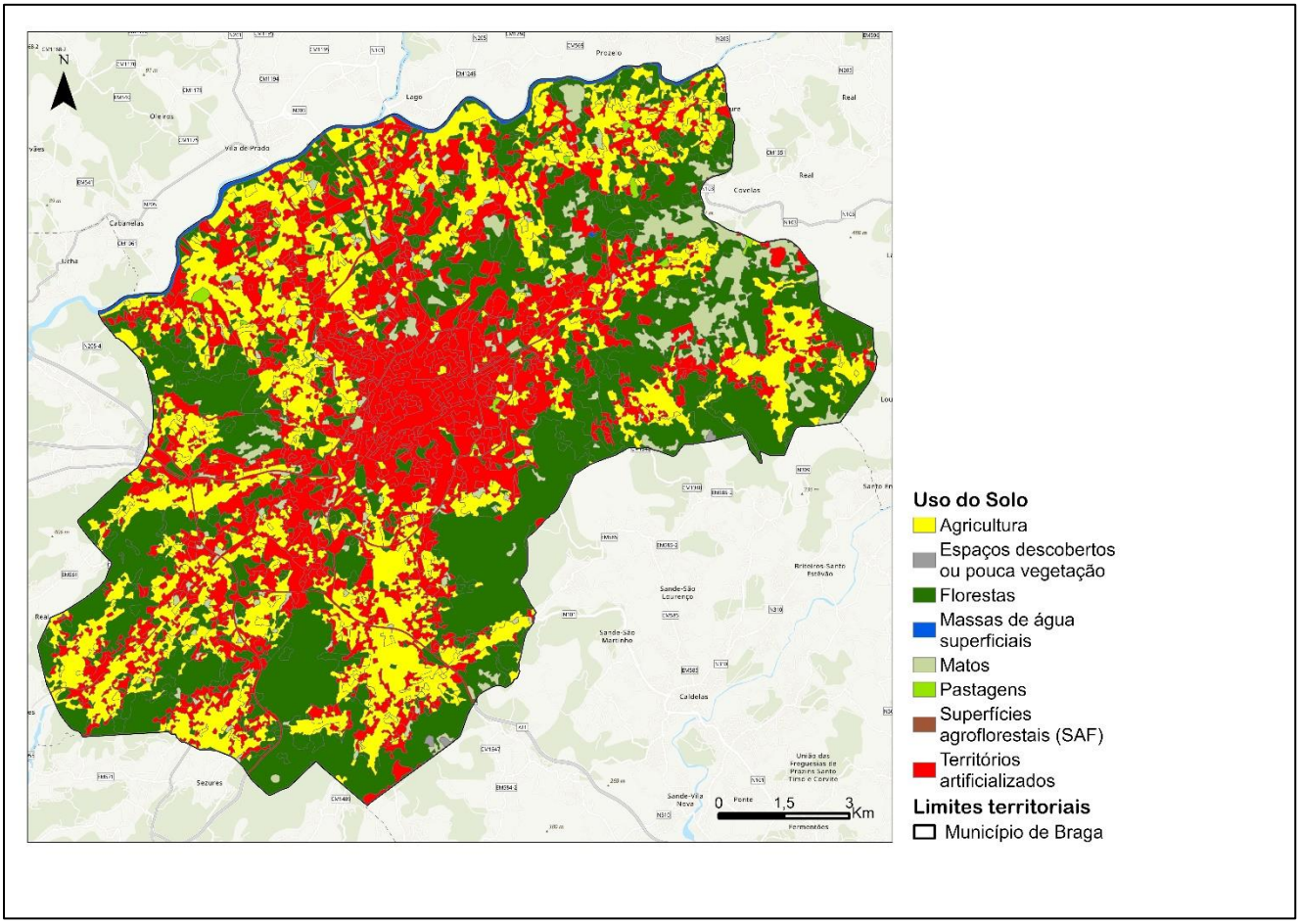


Figura 7: Uso e Ocupação do Solo, no município de Braga.
Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados da DGT (2018b).

A distribuição do uso do solo e as suas características tornam o centro do município mais exposto às inundações face às áreas mais periféricas, dado que os territórios mais artificializados não têm a capacidade de absorver água (IPCC, 2022). Por outro lado, as áreas agrícolas e, sobretudo, as florestais têm maior capacidade de retenção de água (IPCC, 2022).

2.5 - Inundações em Braga

Para o estudo das inundações é essencial perceber quais as áreas do município que são, geralmente, mais afetadas por este fenómeno. Atualmente, devido aos elevados valores de precipitação, sobretudo nos meses de dezembro e janeiro, o caudal de alguns tributários da Bacia do Ave e da Bacia do Cávado, excedem o caudal, levando a inundações frequentes (APA, 2019b). Esses tributários são, principalmente, o Rio Veiga e o Rio Este (Bacia do Ave), e a Ribeira de Panóias (Bacia do Cávado) (APA, 2019b).

Em Braga estão identificadas duas Áreas de Risco Potencial Significativo de Inundação (ARPSI), uma relativa à área do Rio Este, na Bacia Hidrográfica do Ave, e outra à Bacia Hidrográfica do Cávado, na freguesia de Padim da Graça (APA, 2019b) (Figura 8).

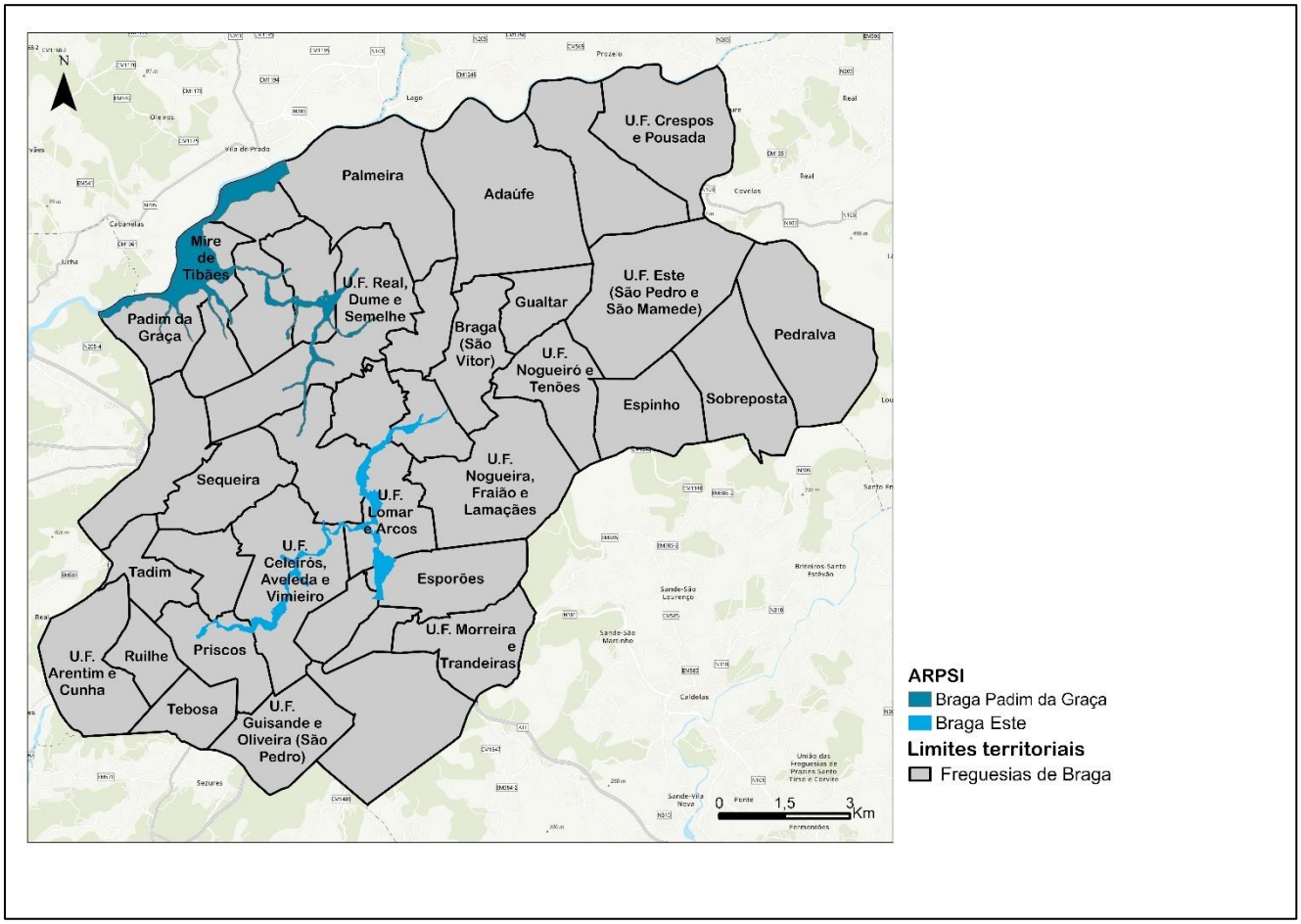


Figura 8: Áreas de Risco Potencial Significativo de Inundação, no município de Braga.
Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados da APA (2023b).

Na ARPSI do rio Este, verificaram-se historicamente várias ocorrências. O evento com maior impacte ocorreu em outubro de 2014 e afetou mais de 100 pessoas, vias de comunicação e várias atividades económicas (APA, 2019b). Os principais elementos expostos são a Junta de Freguesia de Celeirós, 3 estabelecimentos de ensino, 3 ETAR's, 1 posto de abastecimento de combustível, 3 massas de água e vários estabelecimentos de diferentes tipos de atividade económica (CMB, 2024a; APA, 2019b).

Na ARPSI de Padim da Graça, um dos episódios de inundação mais recente foi registado em 2012, afetando entre 50 e 100 pessoas e com impactes no ambiente (APA, 2019b). Nesta área

estão expostos 1 perímetro de proteção para águas de consumo humano, 1 jardim de infância, 2 ETAR's, 1 instalação Seveso, águas balneares, várias massas de água, 1 imóvel de interesse público, 2 monumentos nacionais, 1 monumento de interesse municipal e várias atividades económicas (APA, 2019b).

No município existem ainda dois tipos de elementos potencialmente expostos: as instalações PCIP e as infraestruturas hidráulicas. As instalações PCIP são "instalações abrangidas pelo Regime de Emissões Industriais (REI), aplicável à prevenção e ao controlo integrados da poluição" (APA, 2019a:46). Em Braga, estas instalações estão maioritariamente ligadas ao setor Têxteis e Tratamento de Superfície (APA, 2019a). As infraestruturas hidráulicas são essencialmente pequenos açudes com funções agrícolas, uma vez que não existe nenhuma barragem dentro dos limites do município.

Além das ARPSI, outros lugares do município sofrem, todos os anos, danos causados pelas inundações. A esse respeito, o início deste Século ficou marcado pelo episódio de 5 de janeiro de 2001, após o norte do país ter sido atingido por precipitação intensa e concentrada, fazendo com que muitos rios transbordassem do seu leito, incluindo o rio Este que condicionou toda a área envolvente e as fábricas do Parque Industrial de Celeirós (Teles, 2010) (Figura 9).



Figura 9: Parque Industrial de Celeirós, 5 de janeiro de 2001.
Fonte: Teles, 2010.

Em 2009 e em 2010 o mau tempo voltou a causar danos no município, tendo-se registado inundações causadas quer pelo transbordamento dos caudais dos cursos de água quer pela sobrecarga dos sistemas de drenagem (Expresso, 2010; Público, 2009). O distrito de Braga registou na madrugada de dia 14 de dezembro de 2012, 9 inundações, num dia marcado por precipitação forte e rajadas de vento superiores a 130 km/h (Record, 2012). Em 2017, nos dias

10 e 11 de janeiro, a ANEPC contabilizou 271 ocorrências no distrito, entre as quais estavam quedas de árvores, infraestruturas e inundações causadas pela tempestade Ana (SIC Notícias, 2017). O parque de estacionamento do centro comercial Braga Parque já esteve por diversas vezes inundado, causando transtornos ao comércio e no trânsito naquela área da cidade (O Minho, 2019). A freguesia de São José de São Lázaro é das mais afetadas pelos episódios de inundações, devido a precipitação intensa, com estragos em habitações familiares (O Minho, 2022). O centro de cidade de Braga representa outra área que fica condicionada, nomeadamente pela obstrução das vias (O Minho, 2024). Devido ao crescimento urbano as ocorrências mais recentes são, na sua maioria, alagamentos causados pela forte impermeabilização do solo, os quais não se enquadram na tipologia de inundação considerada nesta investigação.

Capítulo 3 - Metodologia

Apesar de haver diferentes métodos utilizados no estudo da exposição às inundações, estas devem ser revistas e adaptadas à realidade de cada local. Em Braga, a forte industrialização e urbanização difusa com parcelas fragmentadas são particularidades desta área que devem ser consideradas na metodologia (Pinheiro & Laranjeira, 2023).

Após uma revisão crítica da literatura e da análise das características do município, foram selecionados dez indicadores. Na Tabela VI estão enunciados os dez indicadores, sendo estes: a população residente; a estrutura etária da população; o nível de escolaridade; o uso e ocupação do solo; o número de edifícios; o número de edifícios sensíveis; o número de nadares dos edifícios; o património cultural afetado; e a distância aos principais cursos de água. Além dos respetivos indicadores, apresenta-se a fonte dos dados de cada um dos indicadores, bem como os autores que sustentam a sua validação científica e a ponderação que cada um terá na proposta metodológica.

Tabela VI: Indicadores utilizados na abordagem metodológica do presente trabalho.

Indicador	Fonte	Autor(es)	Ponderação
População residente	INE	Chakraborty *et al.* (2023); Ferreira *et al.* (2022); Costa (2009)	25%
Estrutura etária da população	INE	Chakraborty *et al.* (2023)	12,5%
Nível de escolaridade	INE	Chakraborty *et al.* (2023)	12,5%
Atividade económica afetada	INE	Costa (2009)	8%
Uso e Ocupação do Solo	DGT	Ferreira *et al.* (2022)	8%
Número de edifícios	INE	Ferreira *et al.* (2022)	8%
Número de edifícios sensíveis	NAVTEQ	Ferreira *et al.* (2022)	6,5%

Número de andares dos edifícios	INE	Perera & Nakamura (2023)	6,5%
Património Cultural afetado	Património Cultural, I.P.	Costa (2009)	6,5%
Distância aos cursos de água	APA	Ferreira *et al.* (2022)	6,5%

Fonte: Elaboração própria, tendo por base vários autores.

A população residente é a variável com maior ponderação (25%), uma vez que este indicador foi considerado essencial em todos os estudos analisados. Este é considerado fundamental pelo facto de a população ser o elemento prioritário quando se trata da gestão de fenómenos extremos (Chakraborty *et al*., 2023; Ferreira *et al*., 2022; Costa, 2009).

A estrutura etária da população e o nível de escolaridade são variáveis sociais que também merecem um peso relevante na metodologia proposta, tendo sido atribuída uma ponderação de 12,5% a cada uma delas. A literatura reconhece que grupos etários mais vulneráveis, como o dos idosos, e baixos níveis de escolaridade podem tornar essas populações mais expostas, devido à sua capacidade de resposta mais reduzida (Chakraborty *et al*., 2023).

A nível económico, foram consideradas as atividades/setores que poderão ser afetadas. Apesar de já não se tratar de indicador de população, esta pode representar elevadas perdas económicas, pelo que será ponderada em 8%. As áreas com elevada densidade de serviços terciários representam uma maior exposição devido ao seu valor económico (Costa, 2009). A mesma ponderação foi atribuída aos indicadores do uso e ocupação do solo e do número total de edifício, refletindo a funcionalidade e a intensidade de ocupação do território. As diferentes ocupações do solo influenciam o nível de absorção da água, tornando as áreas mais permeáveis, como as florestas, menos expostas e as áreas menos permeáveis, como os territórios artificializados, mais expostas (Ferreira *et al*., 2022). O número de edifícios permite identificar as áreas onde há mais infraestruturas potencialmente sujeitas a danos e que, em caso de emergência, necessitam de mais meios disponíveis para o socorro (Ferreira *et al*., 2022).

Ao nível do edificado foram considerados mais três indicadores menos relevantes com uma ponderação de 6,5%. Os edifícios sensíveis, onde se incluem hospitais, centros de saúde, escolas, farmácias, entre outros, são fundamentais em contextos de emergência devido ao seu papel nos cuidados de saúde e de abrigo da população (Ferreira *et al.,* 2022). Uma vez que

se trata de uma metodologia aplicada às inundações, o número de pisos dos edifícios é fulcral, pois os edifícios onde a população se concentre nos primeiros andares estarão potencialmente expostas a mais danos (Perera & Nakamura, 2023). Locais classificados como património cultural merecem destaque pelo seu valor histórico e identitário. Aqui incluem-se monumentos, centros históricos, edifícios de interesse nacional, entre outros, representando uma herança que não poderá ser substituída, pelo que a sua proteção é fundamental (Costa, 2009).

Por fim, o indicador que revela a distância aos cursos de água (6,5%), está diretamente ligado à probabilidade de ocorrência de inundações, sobretudo do tipo fluvial (Ferreira *et al*., 2022). Quanto maior for a proximidade, mais significativos serão os danos causados, pelo que este é um indicador imprescindível (Ferreira *et al*., 2022).

De modo a compatibilizar todos os indicadores, estes foram classificados segundo uma escala de três níveis: o grau de exposição baixo (graficamente representado pela cor verde); moderado (graficamente representado pela cor amarela); e elevado (graficamente representado pela cor salmão), utilizando como unidade territorial as freguesias. Para esta classificação foi utilizado o método *Natural Breaks*, que permite uma divisão mais representativa dos dados. Desta forma é possível tornar as variáveis comparáveis e transmitir a informação de forma clara e simplificada.

Na Figura 10 estão descritas as três fases do processo de investigação que sustentaram esta dissertação.

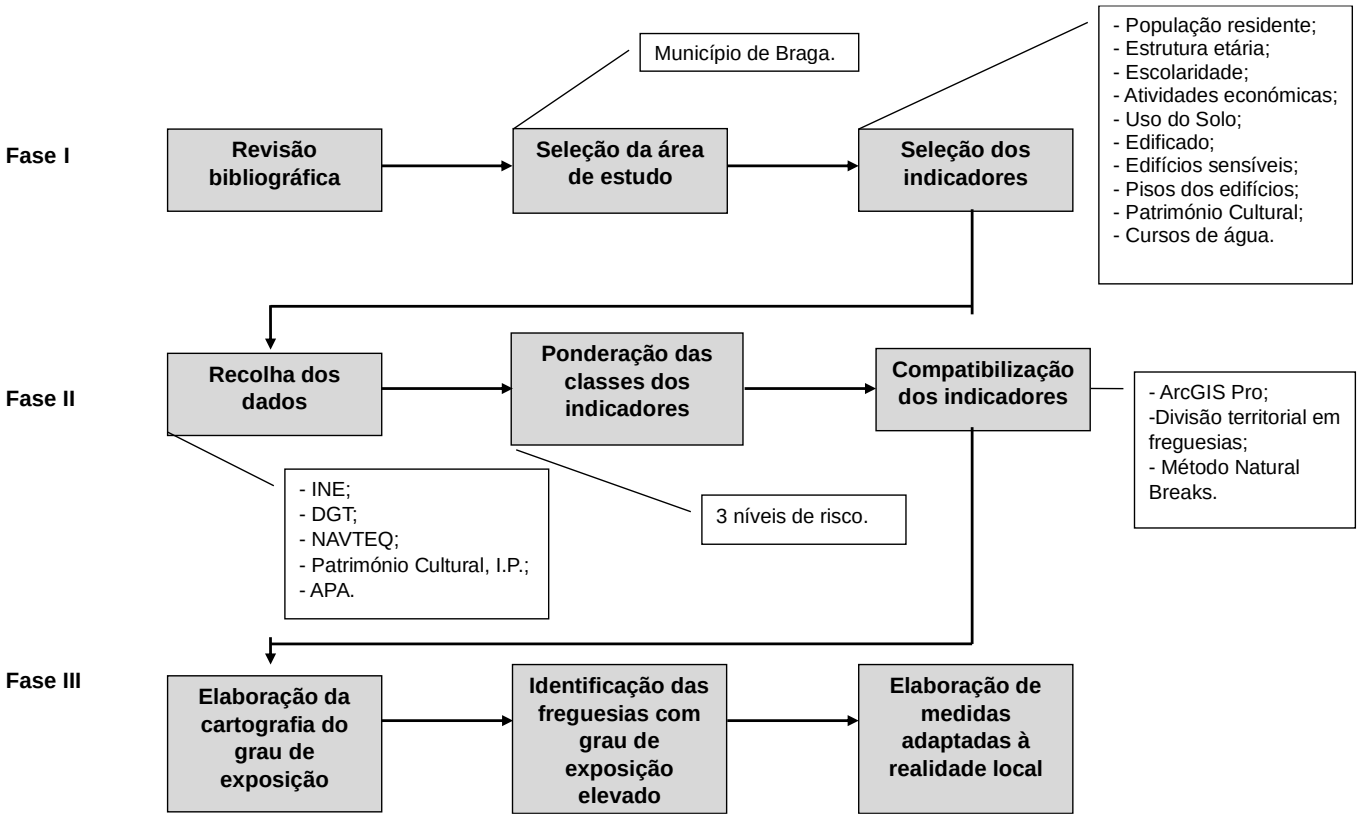


Figura 10: Processo de investigação assente em três fases.
Fonte: Elaboração própria.

A ponderação realizada na segunda fase do processo de investigação resultou nos limiares apresentados na Tabela VII.

Tabela VII: Limiares estabelecidos segundo o método Natural Breaks, após ponderação das classes dos indicadores.

Indicador	Grau de exposição baixo	Grau de exposição moderado	Grau de exposição elevado
População residente	0 -- 4066	4 067 -- 9 976	9 977 -- 32 876
Estrutura etária da população	0 -- 6 171	6 172 -- 14 758	14 759 -- 48 268

Nível de escolaridade	0 -- 5 954	5 955 -- 23 736	23 737 -- 70 466
Atividade económica afetada	0 -- 261,6	261,7 -- 278	278,1 -- 292,8
Uso e Ocupação do Solo	0 -- 5 191 784	5 191 785 -- 10 909 985	10 909 986 -- 34 081 291
Número de edifícios	0 -- 830	831 -- 1 800	1 801 -- 2 730
Número de edifícios sensíveis	0	1	2 -- 16
Número de andares dos edifícios	0 -- 163	164 -- 192	193 -- 223
Património Cultural afetado	1	2	3
Distância aos cursos de água	1	2	3

Fonte: Elaboração própria.

Nos subcapítulos seguintes será discriminado detalhadamente o processo de ponderação utilizado em cada variável, tal como a distribuição do grau de exposição pelas freguesias do município.

3.1 - População residente

A primeira variável a ser analisada é a população residente, cujos dados foram retirados da base de dados do INE, e que agrupam a população residente à data dos censos de 2021, por freguesia. Na Tabela VIII estão apresentados os valores das três freguesias com menor número de habitantes e as três freguesias com maior número de habitantes.

Tabela VIII: Freguesias com maior e menor número de habitantes.

Freguesia	População residente
Lamas	852
U.F. Santa Lucrécia de Algeriz e Navarra	909
Espinho	1057
U.F. Nogueira, Fraião e Lamaçães	15015
U.F. Braga (Maximinos, Sé e Cividade)	15087
Braga (São Vítor)	32876

Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados do INE

A diferença entre a freguesia com menos habitantes (Lamas) e a freguesia com mais habitantes (Braga – São Vítor) é de mais de 30 mil pessoas. Isto revela que existem grandes contrastes ao nível da população residente, denotando que os números de meios de socorro necessários variam muito entre as freguesias.

A classe mais baixa inclui todas as freguesias com população inferior a 4 067 habitantes, a seguinte agrega todas as localidades cuja população varie entre 4 067 e 9 976. Por fim, a classe cujas freguesias com mais de 32 876 habitantes. Lamas e a U.F. de Santa Lucrécia de Algeriz e Navarra são as únicas freguesias com menos de 1 000 habitantes. A freguesia de Braga (São Vítor) destaca-se por ser a única com população superior a 32 000.

A Figura 11 reflete o grau de exposição das freguesias do município, no que diz respeito a este indicador.

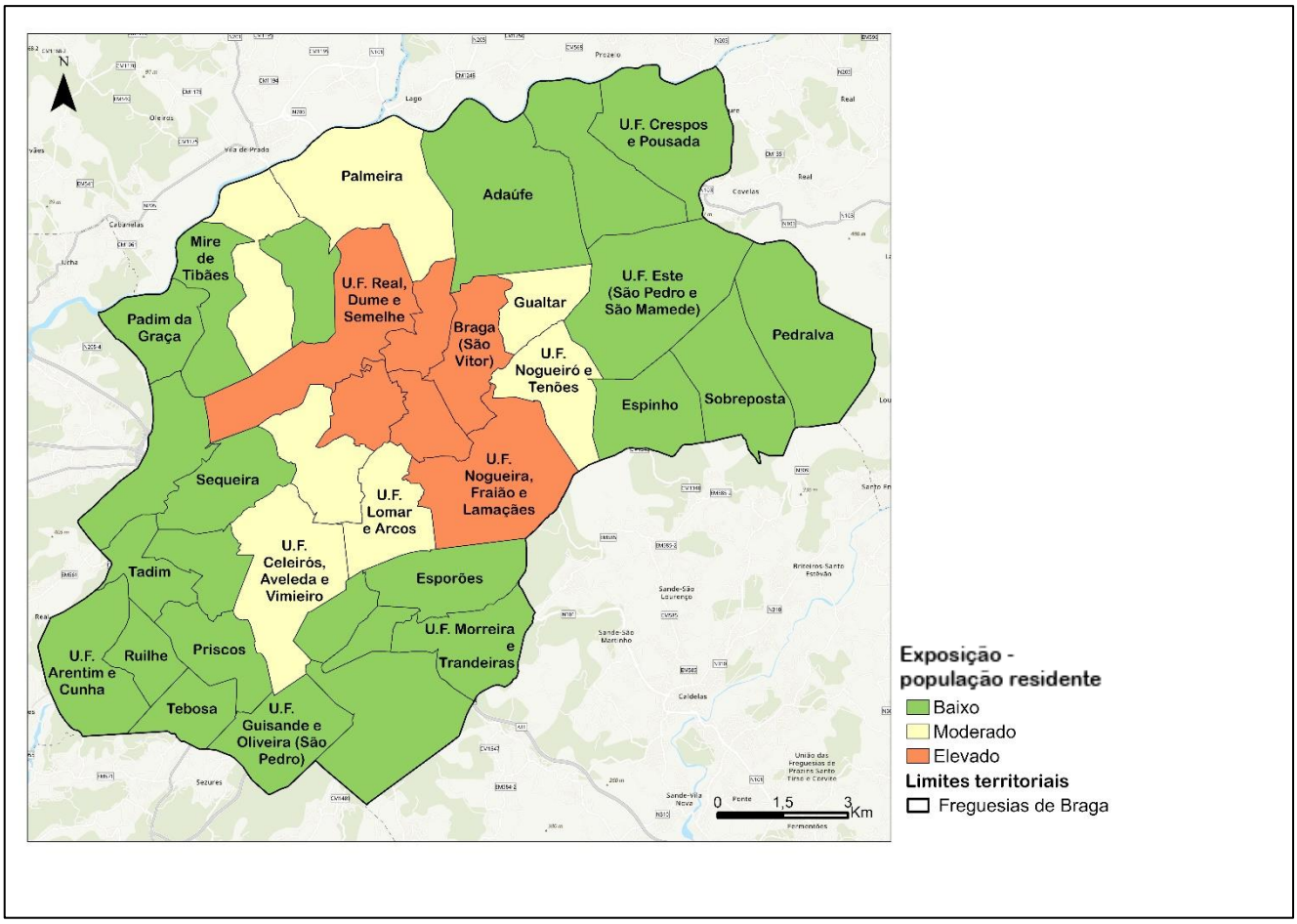


Figura 11: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente à população residente. Fonte: Elaboração própria, tendo por base os dados do INE (2021a).

As freguesias do centro registam um maior grau de exposição devido ao elevado número de população residente (105 425 habitantes no total dessas freguesias), e as da periferia, que representam as menos populosas (40 251 habitantes no total dessas freguesias), um grau de exposição baixo. As freguesias que se encontram na transição representam valores intermédios e, por isso, grau de exposição moderado, exceto a U.F. de Merelim (São Pedro) e Frossos, cujo número de habitantes é 3 845, sendo a nível de grau baixo.

3.2 - Estrutura etária da população

A estrutura etária da população é um indicador fulcral para identificar as freguesias onde a percentagem de população vulnerável pode ser maior. A população foi organizada em grandes grupos etários (0 aos 14 anos; 15 aos 64 anos; e 65 ou mais anos).

As freguesias cuja percentagem de população em idade ativa (15 aos 64 anos) é mais elevada são Lamas (70,4%), U.F. Guisande e Oliveira (São Pedro) (70,4%), e U.F. Lomar e Arcos (71,1%)

(Tabela VIII). A U.F. Cabreiros e Passos (São Julião), a freguesia de Sequeira e a U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto) são as que mais percentagem de população dos 65 ou mais anos (23,8%, 24,7% e 25,8%, respetivamente) (Tabela IX).

Tabela IX: Freguesias com maior e menor número de habitantes, por grupo etário.

Freguesias	Pop. Total (nº)	0 - 14 (%)	15 - 64 (%)	65 e mais (%)
Lamas	852	14,8	70,4	14,8
U.F. Guisande e Oliveira (São Pedro)	1072	13,6	70,4	16,0
U.F. Lomar e Arcos	7265	13,6	71,1	15,3
U.F. Cabreiros e Passos (São Julião)	2082	12,6	63,6	23,8
Sequeira	1741	11,3	64,0	24,7
U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	14791	11,5	62,7	25,8

Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados do INE

O grupo ao qual foi atribuído o nível mais alto de exposição foi o 65 ou mais, isto porque, de forma geral, esta população tem uma menor capacidade de resposta em caso de emergência, dada a sua menor capacidade motora (Chakraborty *et al.*, 2023). Ao grupo dos 0 aos 14 anos associou-se o grau de exposição moderado. A população deste grupo, mesmo que seja muito dependente, tem menos resistência à mudança e à necessidade de evacuação. Os dois grupos restantes são os menos expostos pela sua independência e maior capacidade de responder em caso de emergência. Com esta ponderação foi possível comparar os graus de exposição das freguesias, atribuindo o valor 1 à população na faixa etária dos 15 aos 64 anos, o valor 2 à população com menos de 14 naos, e o valor 3 à população idosa (Tabela X).

Tabela X: Freguesias com maior e menor exposição às inundações, pela ponderação relativa aos grupos etários.

Freguesias	Ponderação
U.F. Lomar e Arcos	144,2
Lamas	144,4
U.F. Real, Dume e Semelhe	144,6
U.F. Cabreiros e Passos (São Julião)	160,1
Sequeira	160,7
U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	163,1

Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados do INE (2021a).

O padrão espacial deste indicador está ilustrado na Figura 12, realçando-se a ponderação negativa em três freguesias, duas das quais localizadas no setor oeste do concelho e uma no centro do município [U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto].

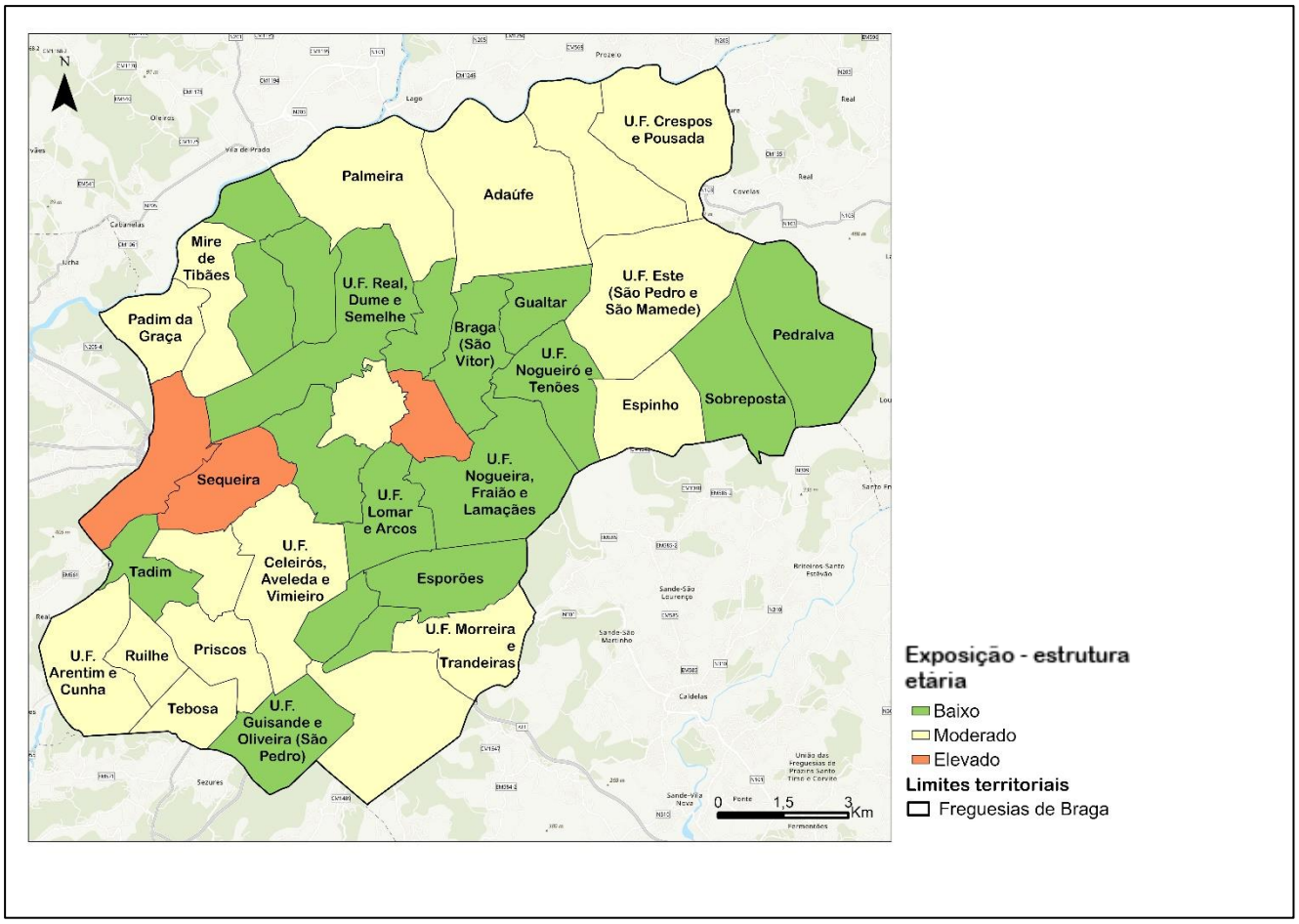


Figura 12: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente à estrutura etária da população.
Fonte: Elaboração própria, tendo por base os dados do INE (2021a).

Esta sub-dimensão utilizada no cálculo da exposição não apresenta um padrão espacial que distinga as freguesias centrais das freguesias periféricas. As freguesias com exposição elevada são as que têm uma maior percentagem de população envelhecida, representando, em média, mais de 20% da população total.

3.3 - Nível de escolaridade

A próxima variável é o nível de escolaridade da população residente no município de Braga. Chakraborty *et al.* (2023) considera que o conhecimento da temática é fundamental para avaliar o nível de exposição e que esse depende do nível de escolaridade.

Para analisar este indicador calculou-se a percentagem de população de cada freguesia, segundo os níveis de escolaridade, subdivindo-se em três grupos: sem escolaridade ou com ensino básico; ensino secundário; e ensino superior. Na Tabela XI estão indicadas as três

freguesias com maior percentagem de população sem escolaridade ou com ensino básico, bem como as freguesias com mais representação no ensino superior.

Tabela XI: Freguesias com maior percentagem de população sem escolaridade ou com o ensino básico e com maior percentagem de população com ensino superior.

Freguesias	Sem escolaridade ou com ensino básico (%)	Ensino Secundário (%)	Ensino Superior (%)
U.F. Nogueiró e Tenões	41	17	42
U.F. Nogueira, Fraião e Lamaçães	46	19	35
Gualtar	47	20	34
Tebosa	73	16	11
Figueiredo	73	18	9
Pedralva	73	18	9

Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados do INE

A freguesia de Gualtar, a U.F. Nogueira, Fraião e Lamaçães, e a U.F. Nogueiró e Tenões têm a maior percentagem de população com ensino superior (em média, 37% da população), enquanto Tebosa, Figueiredo e Pedralva apresentam 73% da população sem escolaridade ou com ensino básico.

À população sem nenhuma escolaridade ou apenas com o ensino básico foi atribuída a exposição máxima, dado o menor acesso e conhecimento a informações sobre a temática da gestão e mitigação das inundações. O grau moderado foi aplicado à população que teve acesso a mais informação sobre o assunto abordado. A população com ensino superior foi considerava a menos exposta pela presumível maior compreensão do risco e conhecimento das medidas de proteção. Na Tabela XII identificam-se as freguesias com maior ou menor exposição, tendo em conta as ponderações atribuídas.

Tabela XII: Freguesias com maior e menor exposição às inundações, pela ponderação relativa à escolaridade.

Freguesias	Ponderação
U.F. Nogueiró e Tenões	199,7
U.F. Nogueira, Fraião e Lamaçães	210,4
Gualtar	213,2
U.F. Guisande e Oliveira (São Pedro)	262,2
Pedralva	263,8
Figueiredo	264,2

Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados do INE (2021b).

A distribuição espacial deste indicador pode ser analisada através da Figura 13.

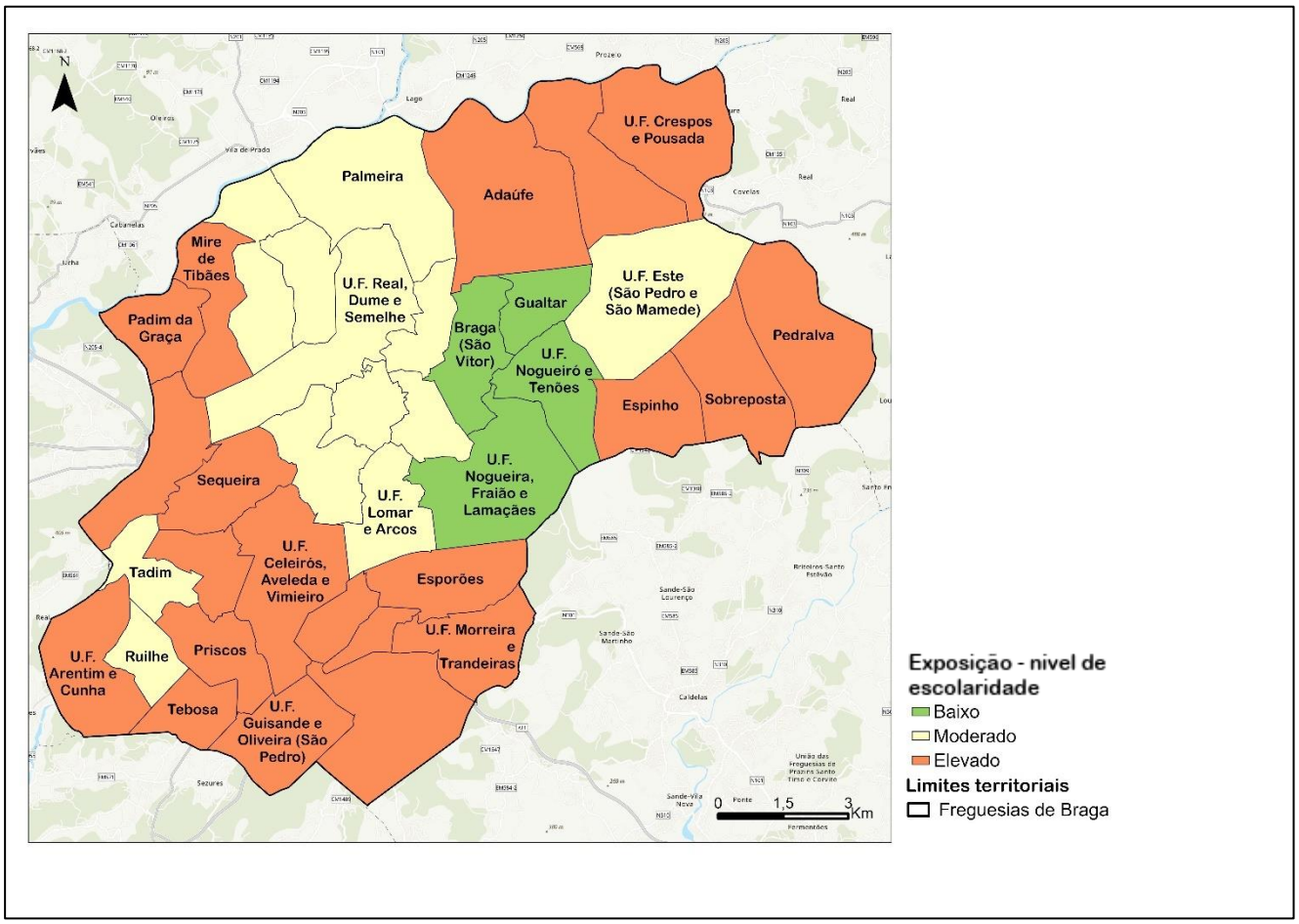


Figura 13: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente ao nível de escolaridade da população.
Fonte: Elaboração própria, tendo por base os dados do INE (2021b).

Os níveis de escolaridade mais baixos associam-se, normalmente, às áreas periféricas, enquanto nas áreas do centro e de transição existe uma maior percentagem de população escolarizada, estando menos exposta.

3.4 - Atividades económicas afetadas

As atividades económicas são classificadas segundo o setor em que se inserem. Tendo em conta a Classificação de Atividades Económicas (CAE), Revisão 4, a agricultura, a produção animal, a caça, a pesca, as atividades florestais e as indústrias extrativas compõem o setor primário (Decreto-Lei n.º 9/2025). O setor secundário inclui as indústrias transformadoras, a construção, as atividades relacionadas com a eletricidade, a captação, tratamento e distribuição de água, o saneamento e a gestão de resíduos (Decreto-Lei n.º 9/2025). Por fim, as atividades do setor terciário incluem o comércio, a reparação de veículos, os transportes, a

restauração, a educação, a prestação de cuidados de saúde, as atividades artísticas e as restantes atividades de prestação de serviços (Decreto-Lei n.º 9/2025).

As atividades económicas do setor terciário são predominantes em todas as freguesias, sendo o principal setor de atividade concelhio com 85%. Contudo, em algumas freguesias, como a U.F. Nogueiró e Tenões, representa mais de 95% do total (Tabela XIII). Em freguesias como a U.F. Arentim e Cunha o setor primário ainda tem uma expressão significativa (14,8%) (Tabela XIII).

Tabela XIII: Freguesias com maior percentagem de atividades do setor primário e freguesias com maior percentagem de atividades no setor terciário.

Freguesias	Setor Primário (%)	Setor Secundário (%)	Setor Terciário (%)
U.F. Arentim e Cunha	14,8	25,5	59,7
U.F. Crespos e Pousada	13,3	22,9	63,8
U.F. Santa Lucrécia de Algeriz e Navarra	11,2	22,4	66,3
Braga (São Vítor)	1,3	7,6	91,1
U.F. Nogueira, Fraião e Lamaçães	2,1	6,6	91,2
U.F. Nogueiró e Tenões	0,5	6,1	93,4

Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados do INE

As atividades do setor terciário, maioritárias no município de Braga, especialmente as financeiras e de saúde, foram classificadas com o grau de exposição elevado. As atividades do setor secundário, nomeadamente a construção e as indústrias transformadores têm um papel muito relevante no Valor Acrescentado Bruto (VAB), como analisado no capítulo 5.4. Por esse motivo, foi atribuído o nível de risco moderado a estas atividades. Por último, as atividades do setor primário foram classificadas com o menor grau de exposição, por terem infraestruturas e ocupação menos intensivas e não representam um valor económico significativo. Uma vez que o predomínio do setor terciário é transversal a todo o município não houve grandes contrastes na ponderação de cada freguesia (Tabela XIV).

Tabela XIV: Freguesias com maior e menor exposição às inundações, pela ponderação relativa às atividades económicas.

Freguesias	Ponderação
U.F. Arentim e Cunha	245,0
U.F. Crespos e Pousada	250,5
U.F. Guisande e Oliveira (São Pedro)	251,2
Gualtar	289,5
Braga (São Vítor)	289,8
U.F. Nogueiró e Tenões	292,8

Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados do INE

A Figura 14 sintetiza a classificação desta sub-dimensão da exposição, por freguesia.

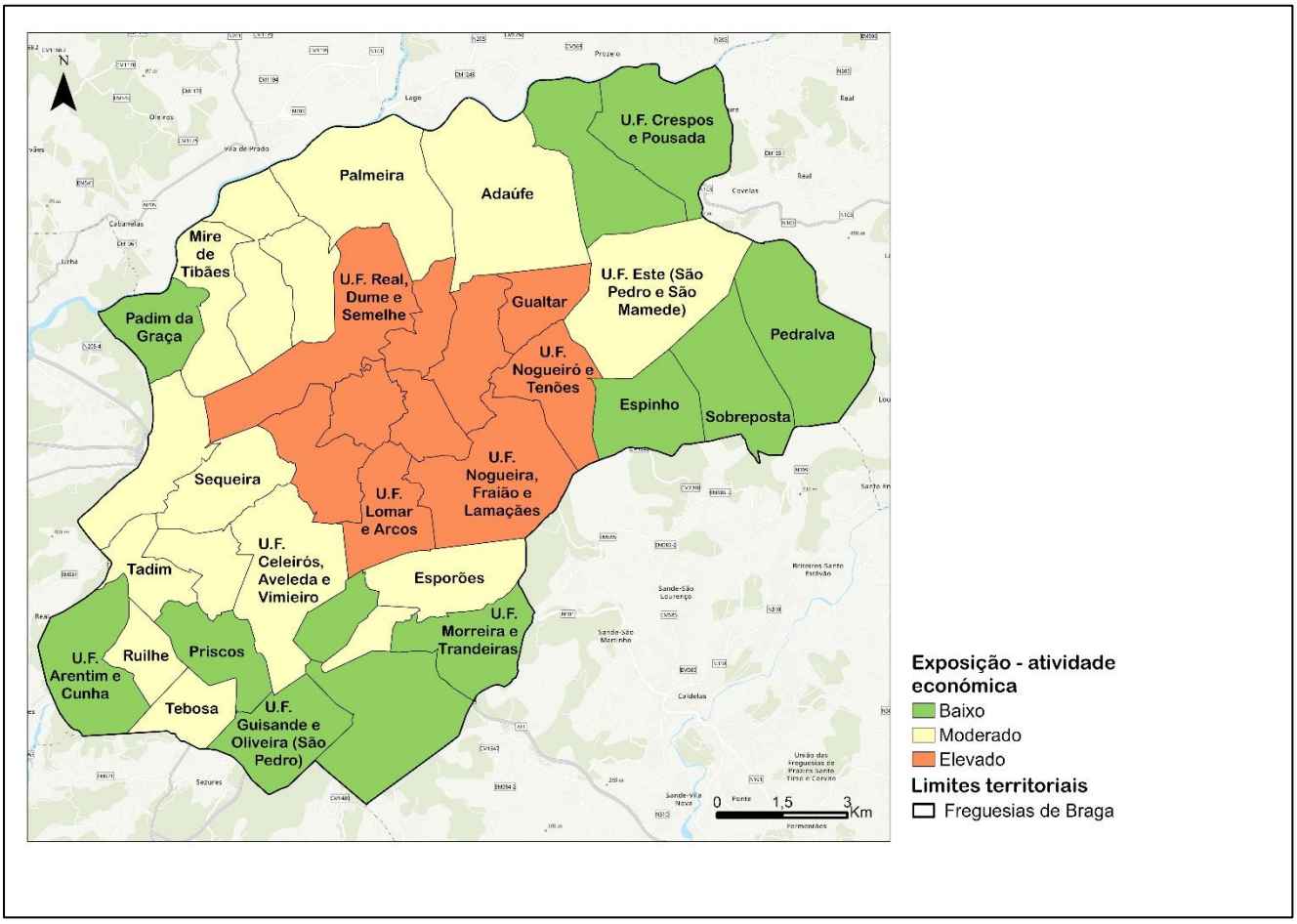


Figura 14: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente ao tipo de atividade económica afetada.
Fonte: Elaboração própria, tendo por base os dados do INE (2021c).

O padrão revela maior exposição no centro do município, onde se concentram grande parte das atividades terciárias e menor nos limites a nordeste e a sudoeste, onde a agricultura ainda permanece significativa.

3.5 - Número de edifícios

Este indicador permite observar a densidade do edificado nas várias freguesias do município, através dos dados dos Censos de 2021.

As freguesias com menor número de edifícios são Lamas, Figueiredo e Espinho (média de 320 edifícios), enquanto as freguesias de Braga (São Vítor), a U.F. Nogueira, Fraião e Lamaçães, e a U.F. Real, Dume e Semelhe são as mais edificadas (média de 2 700 edifícios) (Tabela XV).

Tabela XV: Freguesias mais e menos edificadas.

Freguesias	Nº de edifícios
Lamas	241
Figueiredo	350
Espinho	367
Braga (São Vítor)	2704
U.F. Nogueira, Fraião e Lamaçães	2704
U.F. Real, Dume e Semelhe	2730

Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados do INE

O resultado do grau de exposição relativamente ao número de edifícios está representado na Figura 15, e foi obtido pelo método *natural breaks* com a divisão em 3 classes de exposição.

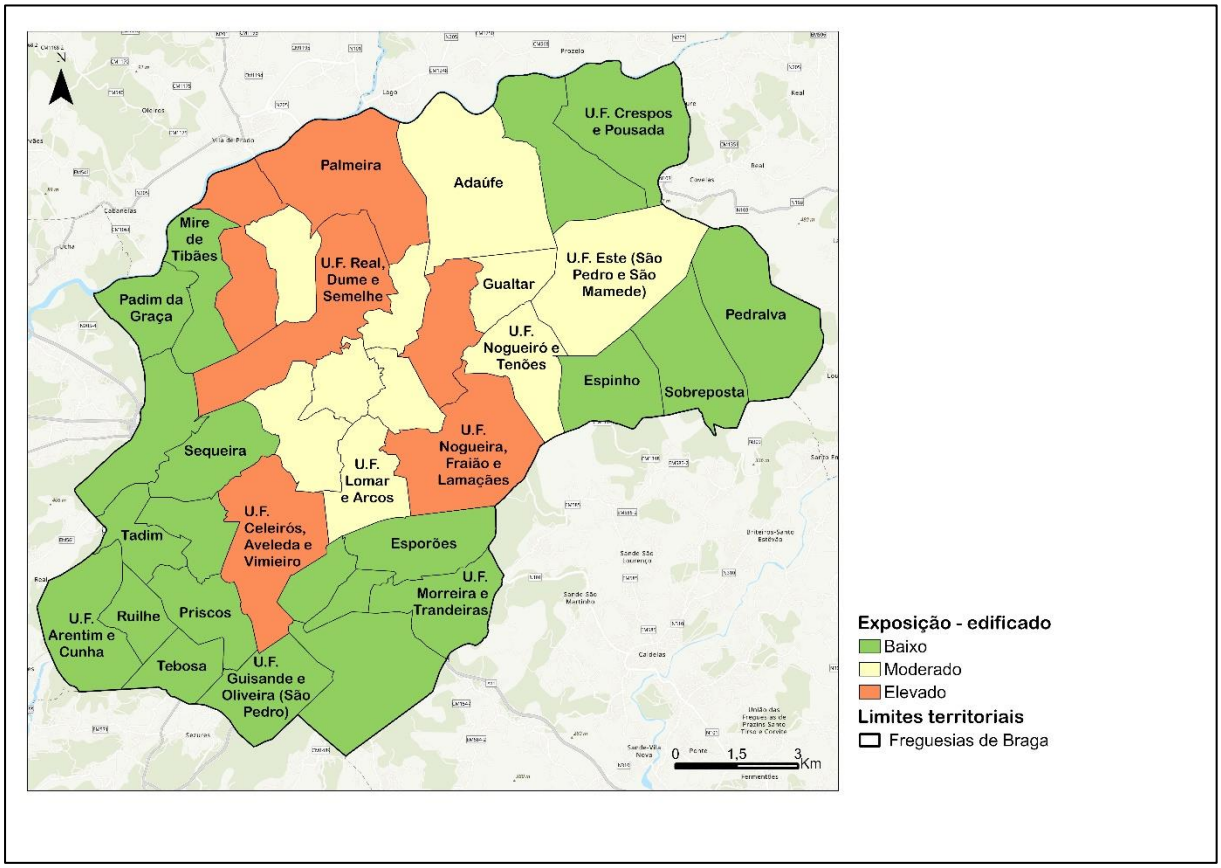


Figura 15: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente ao número de edifícios.
Fonte: Elaboração própria, tendo por base os dados do INE (2021d).

As freguesias a nordeste e a sudoeste continuam a associar-se ao grau de exposição baixo. Porém, algumas das freguesias que nos indicadores anteriores estiverem no grau de exposição moderado passaram nesta sub-dimensão a figurar com um grau de exposição elevado e vice-

versa (Figura 14). Tal situação regista-se nas freguesias como Palmeira, U.F. Merelim (São Paio), Panoias e Parada de Tibães e na U.F. Celeirós, Aveleda e Vimieiro.

3.6 - Número de edifícios sensíveis

Os edifícios sensíveis devem ser considerados nos estudos das inundações, uma vez que devem manter-se sempre operacionais, de modo a não comprometer a segurança e saúde das comunidades (Ferreira *et al*., 2022). Neste estudo, foi utilizada a localização dos hospitais, dos centros de saúde, das farmácias, das corporações de bombeiros, da Cruz Vermelha, das forças de segurança e da Câmara Municipal (Tabela XVI).

Tabela XVI: Edifícios sensíveis considerados na metodologia.

Edifícios Sensíveis	Latitude	Longitude	Localização	Relevânc
Câmara Municipal De Braga	41,55103637	-8,428199998	U.F. Braga (Maximinos, Sé e Cividade)	Local ond se tomam as decisõe mais importan
Bombeiros Sapadores de Braga	41,57346213	-8,427388646	Braga (São Vicente)	
Bombeiros Voluntários de Braga	41,52517206	-8,421564771	U.F. Lomar e Arcos	
Polícia Municipal de Braga	41,55407306	-8,427453193	U.F. Braga (Maximinos, Sé e Cividade)	
Guarda Nacional Republicana	41,56006728	-8,411263378	Braga (São Vítor)	
Polícia de Segurança Pública	41,54832772	-8,4253687	U.F. Braga (Maximinos, Sé e Cividade)	
Hospital De Braga	41,56738182	-8,399709089	Braga (São Vítor)	
Hospital De Braga-Urgências	41,56789091	-8,399527271	Braga (São Vítor)	
Hospital Privado De Braga	41,52469091	-8,414181816	U.F. Nogueira, Fraião e Lamações	
Hospital Privado De Braga-Urgências	41,52458182	-8,412781816	U.F. Nogueira, Fraião e Lamações	
Hospital Lusíadas	41,54750909	-8,42301818	U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	
Hospital Lusíadas-Urgências	41,54743637	-8,423145452	U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	
Hospital Trofa Saúde (Sul)	41,52482453	-8,414250502	U.F. Nogueira, Fraião e Lamações	
Hospital Trofa Saúde (Centro)	41,5501314	-8,418747554	U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	
Cruz Vermelha Portuguesa	41,54877369	-8,415356242	Braga (São Vítor)	Entidade de socor
U.S.F. Bracara Augusta	41,54240817	-8,410602973	U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	
U.S.F. Braga Norte	41,56053756	-8,422717371	Braga (São Vicente)	
U.S.F. 7 Fontes	41,56060981	-8,422781744	Braga (São Vicente)	
U.S.F. Dr. Pelaez Carones	41,546401	-8,41449	U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	
U.S.F. Esporões	41,512026	-8,420309	Esporões	
U.S.F. Gualtar	41,568222	-8,38713	Gualtar	
U.S.F. Manuel Rocha Peixoto	41,54706	-8,427853	U.F. Braga (Maximinos, Sé e Cividade)	
U.S.F. MaxiSaúde	41,54706	-8,427853	U.F. Braga (Maximinos, Sé e Cividade)	
U.S.F. Nov'Adaufe	41,586073	-8,402005	Adaúfe	
U.S.F. Ruães	41,582007	-8,474843	Mire de Tibães	
U.S.F. Salutis	41,546401	-8,41449	U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	
U.S.F. Sanus Carandá	41,546401	-8,41449	U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	
U.S.F. São Geraldo	41,54706	-8,427853	U.F. Braga (Maximinos, Sé e Cividade)	
U.S.F. São Lourenço	41,514947	-8,455454	Celeirós	

Edifícios Sensíveis	Latitude	Longitude	Localização	Relevânc
U.S.F. São Salvador	41,482499	-8,48356	Tebosa	
U.S.F. São Vítor	41,552558	-8,412312	Braga (São Vítor)	
U.S.F. Saúde Oeste	41,529818	-8,486035	Sequeira	
U.S.F. Tadim	41,50801	-8,488024	Tadim	
U.S.F. do Minho	41,546401	-8,41449	U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	
Farmácia Adaúfe	41,58596364	-8,40221818	Adaúfe	
Farmácia Barbosa	41,51190909	-8,420236362	Esporões	
Farmácia Beatriz	41,5566000	-8,32721818	Sobreposta	
Farmácia Cristal	41,54865455	-8,421545453	U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	
Farmácia Do Carmo	41,57227273	-8,452599999	U.F. de Merelim (São Pedro) e Frossos	
Farmácia Gomes	41,50963637	-8,485472726	Tadim	
Farmácia Helena	41,48625455	-8,475709089	Tebosa	
Farmácia Henriquina	41,55245455	-8,41421818	Braga (São Vítor)	
Farmácia Marques	41,55049091	-8,423599999	U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	Venda d
Farmácia Martins	41,55101818	-8,42281818	U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	medicaçã
Farmácia Narcisa C Dias	41,48670909	-8,42890909	U.F. Escudeiros e Penso (Santo Estêvão e São Vicente)	e outros
Farmácia Osório	41,58072727	-8,475854544	Mire de Tibães	materiai
Farmácia Peixoto	41,53912727	-8,410490908	U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	médicos
Farmácia Pimenta	41,53350909	-8,496472726	U.F. Cabreiros e Passos (São Julião)	
Farmácia Pimentel	41,55603637	-8,408236362	Braga (São Vítor)	
Farmácia Pinheiro	41,54578182	-8,433581817	U.F. Braga (Maximinos, Sé e Cividade)	
Farmácia Pipa	41,55058182	-8,425945453	U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	
Farmácia Roma	41,55310909	-8,423545453	U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	
Farmácia Santa Casa Da Misericórdia	41,54909091	-8,423436361	U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	
Farmácia São João	41,54507273	-8,419363635	U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	
Farmácia Sousa Gomes	41,55123637	-8,428872725	U.F. Braga (Maximinos, Sé e Cividade)	

Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados do

A distribuição espacial destes edifícios pelas diferentes freguesias está visível na Figura 16, onde se observa uma maior concentração no centro do município.

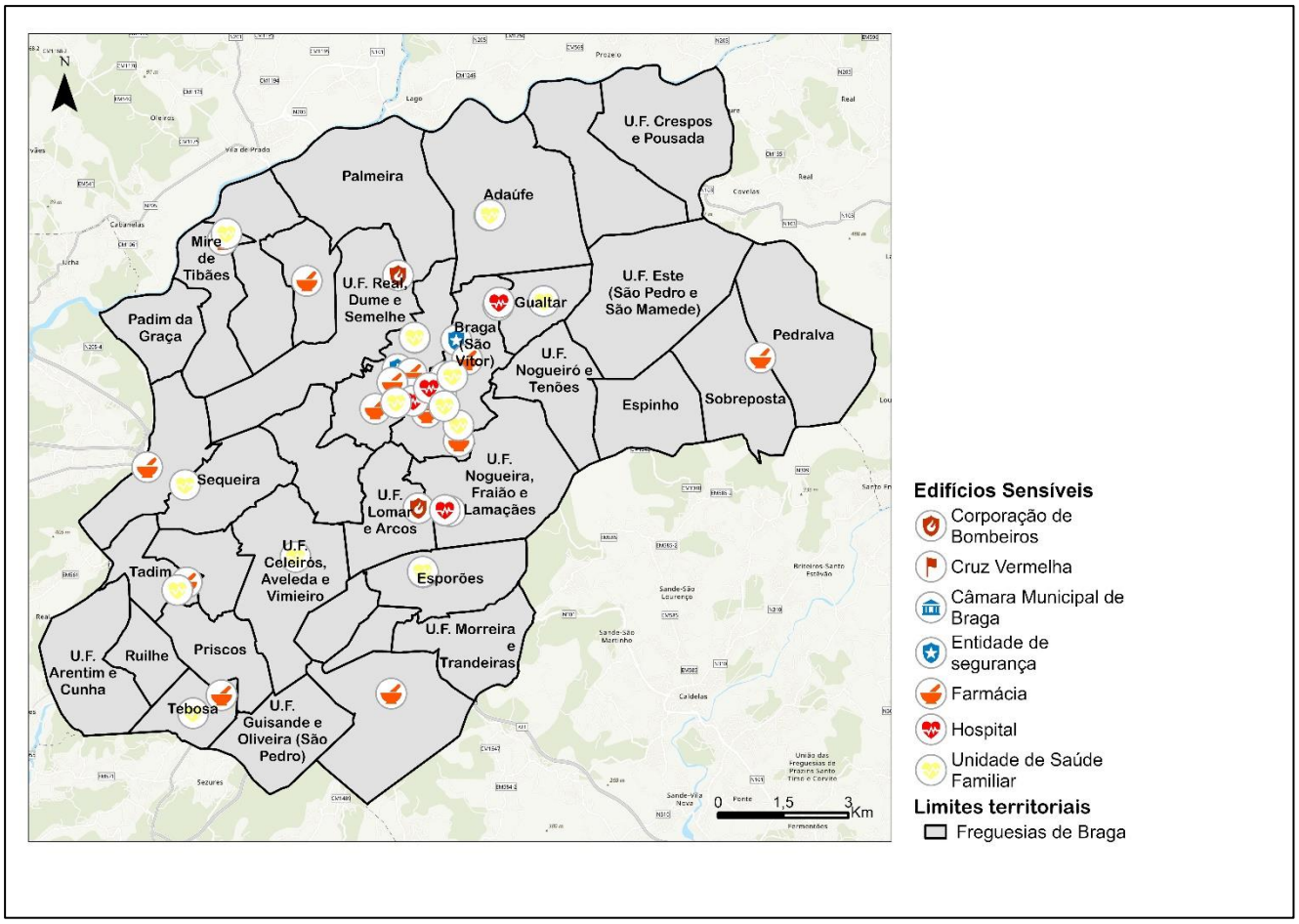


Figura 16: Localização dos edifícios sensíveis considerados nesta investigação.
Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados do NAVTEQ (2017).

A classificação foi efetuada da seguinte forma: grau de exposição baixo para freguesias sem nenhum edifício sensível; grau de exposição médio para localidades com um edifício; e grau de exposição elevado para as freguesias com dois ou mais edifícios sensíveis. As freguesias de Braga (São Vítor), onde se localiza o Hospital Público de Braga, Braga (São Vicente), Adaúfe, Mire de Tibães, Esporões, Tadim, Tebosa, U.F. Braga (Maximinos, Sé e Cividade), U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto), e U.F. Nogueira, Fraião e Lamaçães, onde se situa o Hospital Lusíadas, têm dois ou mais edifícios sensíveis (Figura 17).

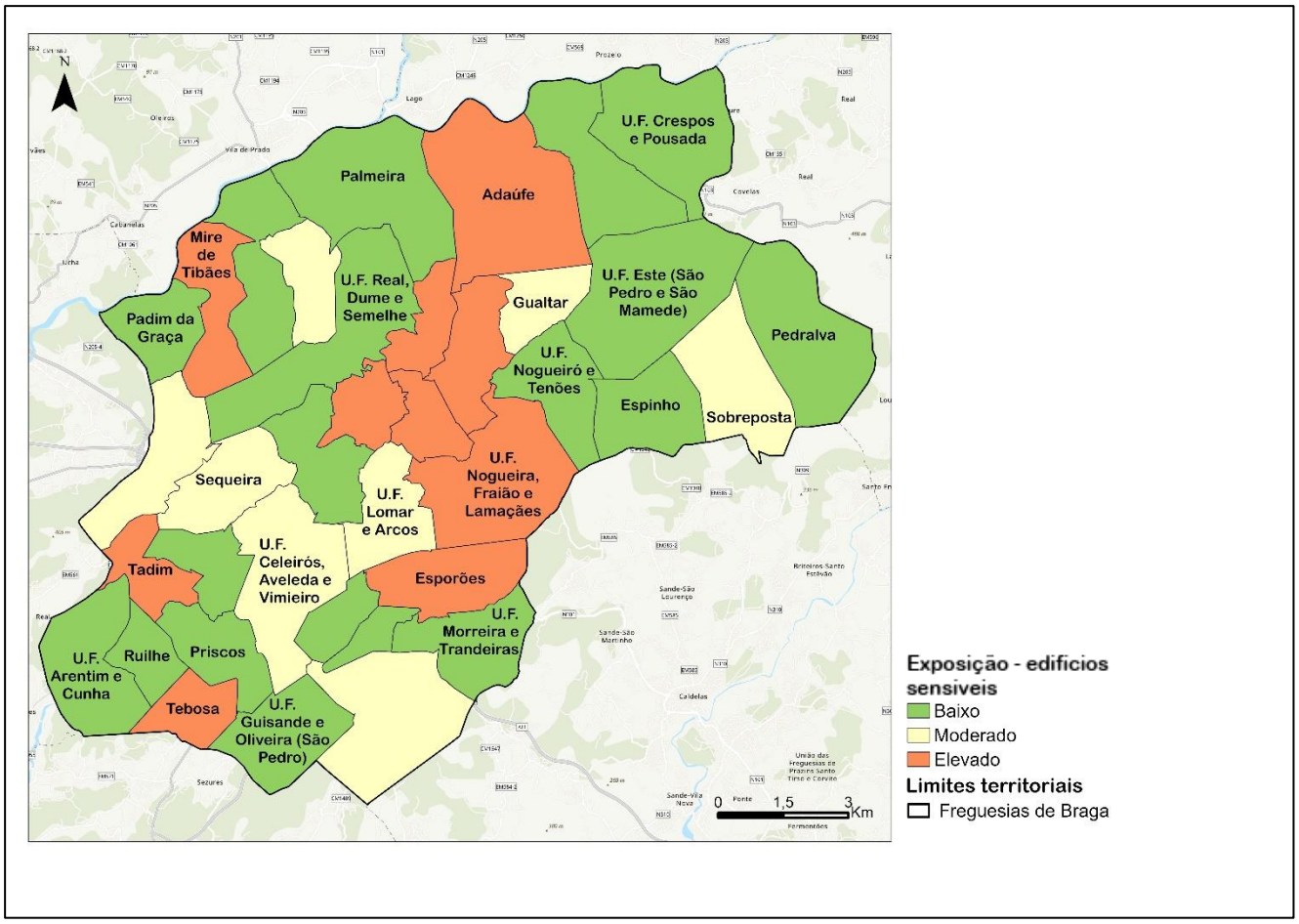


Figura 17: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente à presença de edifícios sensíveis.
Elaboração própria, tendo por base os dados do NAVTEQ (2017).

A maioria das freguesias com grau de exposição elevado neste indicador, ou seja, as que concentram a maioria dos edifícios sensíveis, localizam-se no centro do município, como é comum na maioria dos municípios portugueses.

3.7 - Número de pisos dos edifícios

Como mencionado na apresentação dos indicadores, o número de pisos dos edifícios é relevante para o caso das inundações. Os pisos mais baixos estarão muito mais expostos à entrada de água do que os pisos superiores, sofrendo possivelmente mais danos.

Para esta análise os dados foram agrupados em edifícios com 1 piso, edifícios com 2 pisos e edifícios com 3 ou mais pisos, e transformados em percentagem do número do edificado total. As freguesias com percentagem elevada de edifícios com maior número de pisos foram as do centro, como a freguesia de Braga (São Vítor), e as da periferia com predomino de edifícios com 1 ou 2 pisos (Tabela XVII).

Tabela XVII: Freguesias com maior percentagem de edifícios com 3 ou mais pisos e edifícios com 1 piso.

Freguesias	Nº de edifícios	1 piso (%)	2 pisos (%)	3 ou mais pisos (%)
Braga (São Vítor)	2704	9,4	18,6	72,1
U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	1765	10,4	21,0	68,6
U.F. Nogueira, Frião e Lamaçães	2704	6,9	26,6	66,5
U.F. Vilaça e Fradelos	590	30,3	51,9	17,8
Figueiredo	350	31,1	54,0	14,9
U.F. Merelim (São Paio), Panoias e Parada de Tibães	2058	31,4	52,0	16,5

Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados do INE

Uma vez que a exposição é maior em edifícios com menos pisos e menor em edifícios com mais pisos, a ponderação atribuída neste indicador foi a seguinte: risco elevado para edifícios com 1 piso; risco moderado para edifícios com 2 pisos; e risco baixo para edifícios com 3 ou mais pisos (Tabela XVIII).

Tabela XVIII: Freguesias com maior e menor exposição às inundações, pela ponderação relativa aos pisos dos edifícios.

Freguesias	Ponderação
Braga (São Vítor)	137,3
U.F. Nogueira, Fraião e Lamaçães	140,5
U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	141,8
U.F. Cabreiros e Passos (São Julião)	218,2
Pedralva	221,9
U.F. Crespos e Pousada	222,6

Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados do INE

As freguesias de Braga (São Vítor), a U.F. Nogueira, Fraião e Lamaçães, a U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto, Gualtar, a U.F. Braga (Maximinos, Sé e Cividade), e Braga (São Vicente) são as freguesias com maior percentagem de edifícios com 3 ou mais pisos, logo menos expostas (Figura 18). A maioria das freguesias tem exposição elevada por haver muitos edifícios unifamiliares na periferia (Figura 18).

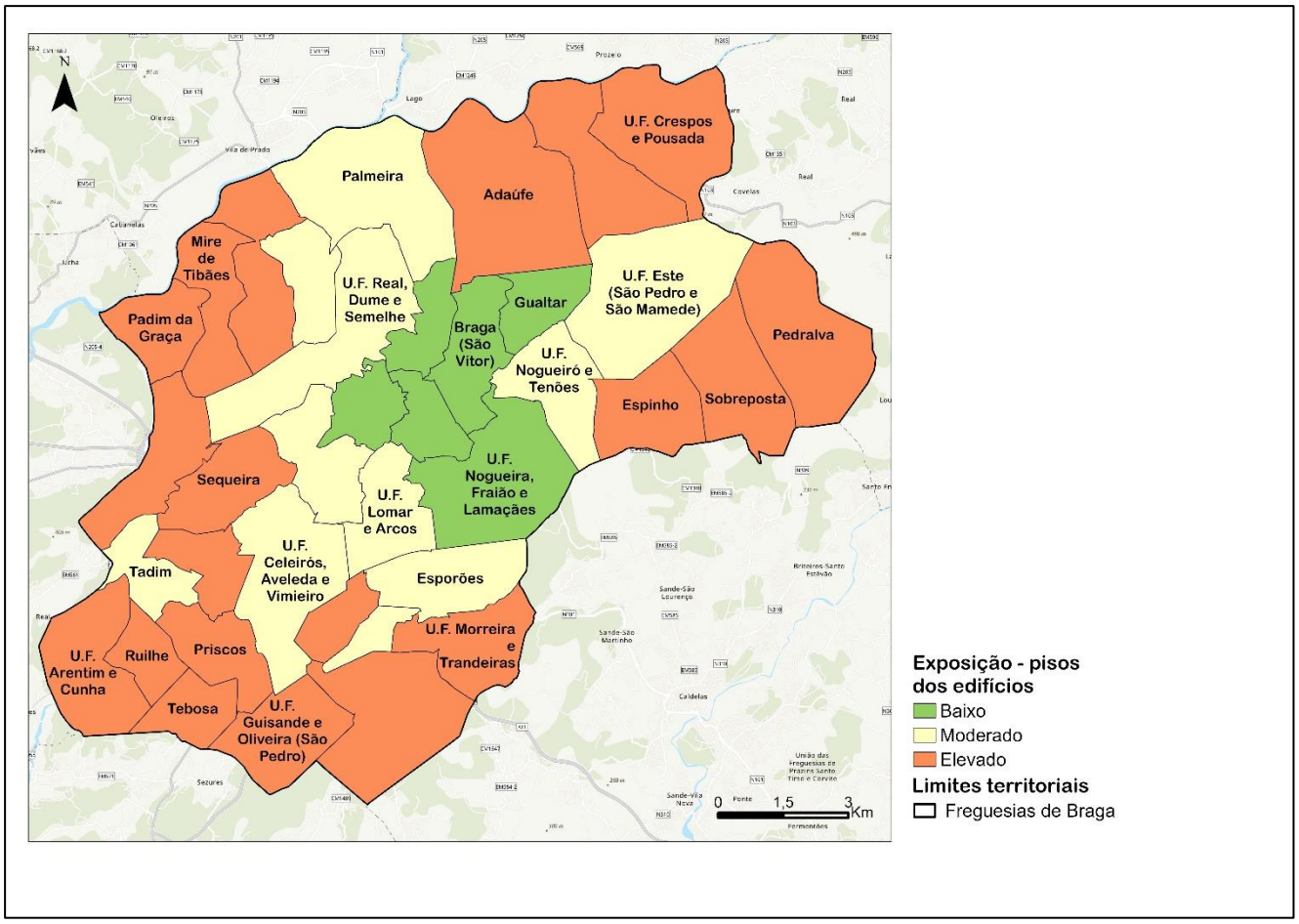


Figura 18: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente ao número de pisos dos edifícios.
Fonte: Elaboração própria, tendo por base os dados do INE (2021e).

A área central da cidade cresceu verticalmente devido ao elevado custo do solo, pelo que tem edifícios com mais pisos, enquanto o preço do solo é mais baixo à medida que nos afastamos do centro, sendo por isso mais apetecível o crescimento horizontal (menos pisos).

3.8 – Uso e Ocupação do Solo

A Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) é um instrumento essencial na gestão do território, pois exprime qual o uso que está a ser dado ao território (Meneses *et al*., 2017).

A COS tem diversos níveis que vão de características mais gerais a características mais detalhadas. Para esta investigação foi utilizada a versão mais simplificada (nível 1) dado que apenas interessa perceber quais os solos com maior ou menor capacidade de absorção da água.

Foi efetuada uma classificação da exposição nos três níveis de risco e, posteriormente, utilizado o método de Natural Breaks para a classificação dos dados. O grau de exposição baixo foi associado às florestas, matos e superfícies agroflorestais, devido à maior permeabilidade e ao menor número de infraestruturas associadas. Com grau de exposição moderado temos a agricultura, os espaços descobertos e as pastagens, uma vez que têm maior necessidade de instalações de apoio. A parte do território com massas de água superficiais e as áreas artificializadas são as mais expostas pois são os locais com cursos de água e com maior densidade edificado. Desta ponderação resultou que a menor exposição está presente na U.F. Guisande e Oliveira (São Pedro), na U.F. Vilaça e Fradelos, e na freguesia da Tebosa, e a maior exposição nas freguesias de Mire de Tibães, Palmeira e Adaúfe (Tabela XVIX).

Tabela XIX: Freguesias com maior e menor exposição às inundações, pela ponderação relativa ao uso do solo.

Freguesias	Ponderação
U.F. Guisande e Oliveira (São Pedro)	212 604
U.F. Vilaça e Fradelos	1 849 370
Tebosa	2 117 633
Mire de Tibães	17 649 405
Palmeira	19 043 703
Adaúfe	34 081 291

Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados da DGT

Este indicador gera bastantes contrastes no município, sem que haja um padrão, como se observa na Figura 19.

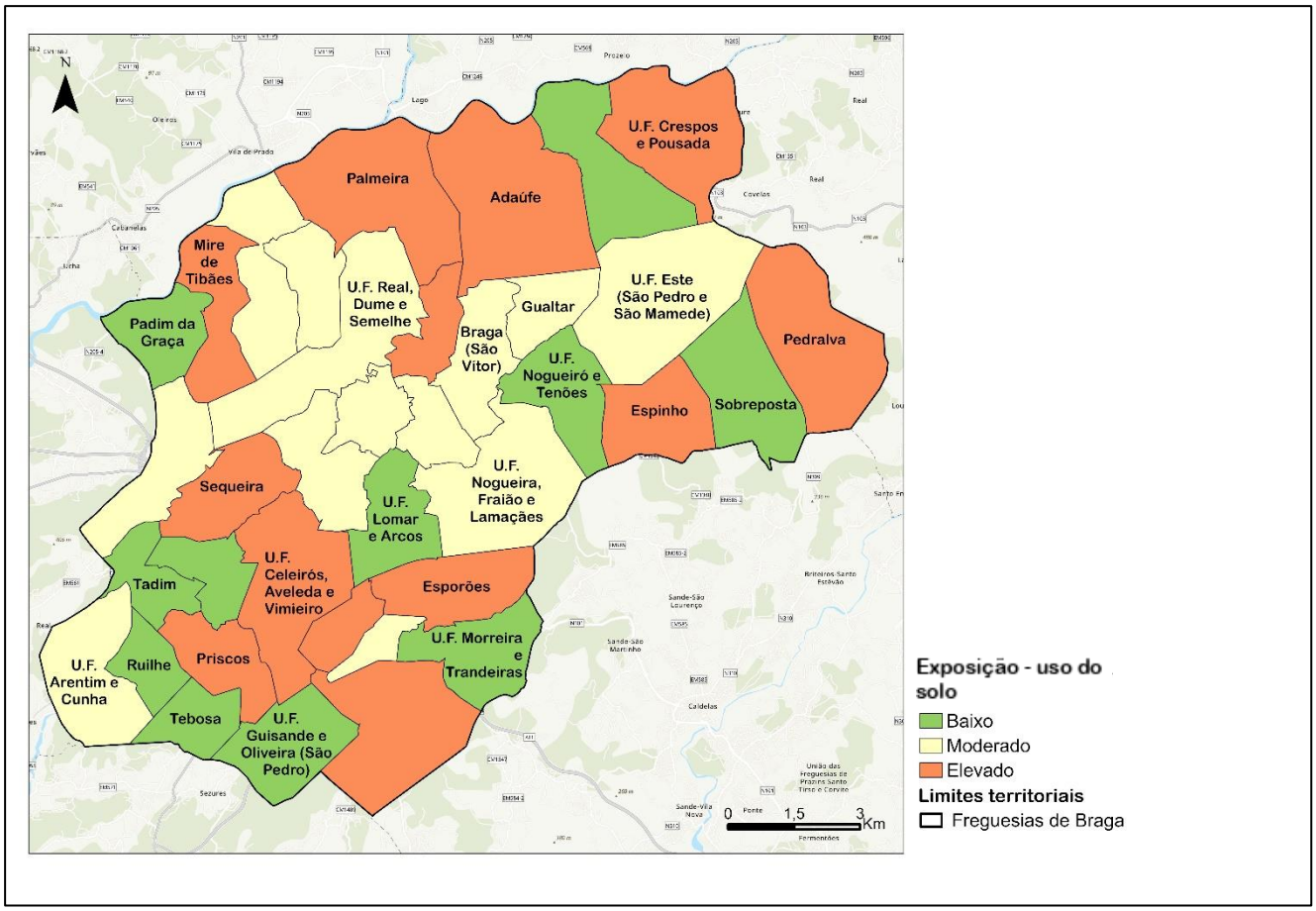


Figura 19: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente ao uso do solo.
Fonte: Elaboração própria, tendo por base os dados da DGT (2018b).

Algumas das freguesias com maior grau de exposição são a freguesia de Palmeira, Espinho, U.F. Crespos e Pousada, Priscos e Esporões. A U.F. Arentim e Cunha, a U.F. Real, Dume e Semelhe, e a freguesia de Gualtar enquadram-se no grau de exposição moderado, enquanto Padim da Graça, Tadim e Sobreposta são alguns dos exemplos de localidades com o menor grau de exposição.

3.9 - Património Cultural afetado

O município de Braga apresenta um elevado valor cultural pela presença de diversos locais emblemáticos (Património Cultural, I.P., 2024), pelo que estes elementos necessitam de ser protegidos. No total existem 59 locais classificados como Património Cultural no município que se encontram divididos segundo o nível de proteção, podendo estes ser IIP -- Imóvel de Interesse Público, IM -- Interesse Municipal, MIP -- Monumento de Interesse Público e MN -- Monumento Nacional (Figura 20).

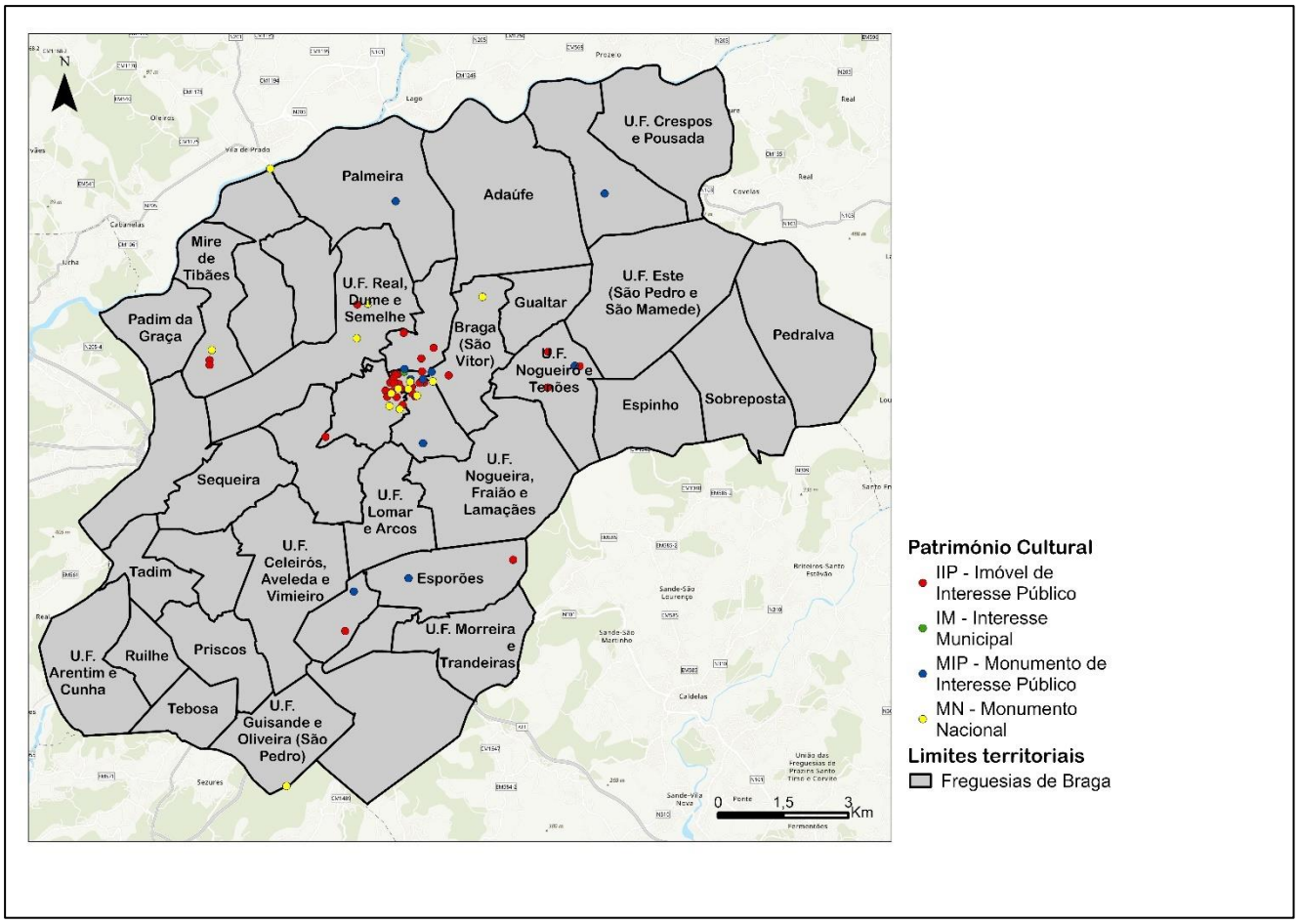


Figura 20: Classificação do Património Cultural segundo o nível de proteção.
Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados do Património Cultural, I.P.

Para este estudo, não foi considerado o tipo de classificação do património, apenas identificado o número de locais por freguesia. As freguesias onde existem locais classificados como Património Cultural estão identificadas na Tabela XX.

Tabela XX: Número de locais classificados como Património Cultural, por freguesia.

Freguesias	Nº de Património Cultural
Palmeira	1
U.F. Guisande e Oliveira (São Pedro)	1
U.F. Merelim (São Paio), Panoias e Parada de Tibães	1
U.F. Santa Lucrécia de Algeriz e Navarra	1
Esporões	2
Figueiredo	2
Mire de Tibães	3
U.F. Real, Dume e Semelhe	3
Braga (São Vítor)	4
U.F. Nogueiró e Tenões	4
Braga (São Vicente)	5
U.F. Braga (Maximinos, Sé e Cividade)	15
U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	17

Fonte: Elaboração própria, tendo por base dados do Património Cultural,

Tendo isso em consideração, as freguesias onde não existe nenhum património foram classificadas com grau de exposição baixo, freguesias entre um e cinco locais identificados obtiveram grau de exposição médio, e freguesias com seis ou mais elementos classificados como património cultural são de grau de exposição elevado (Figura 21).

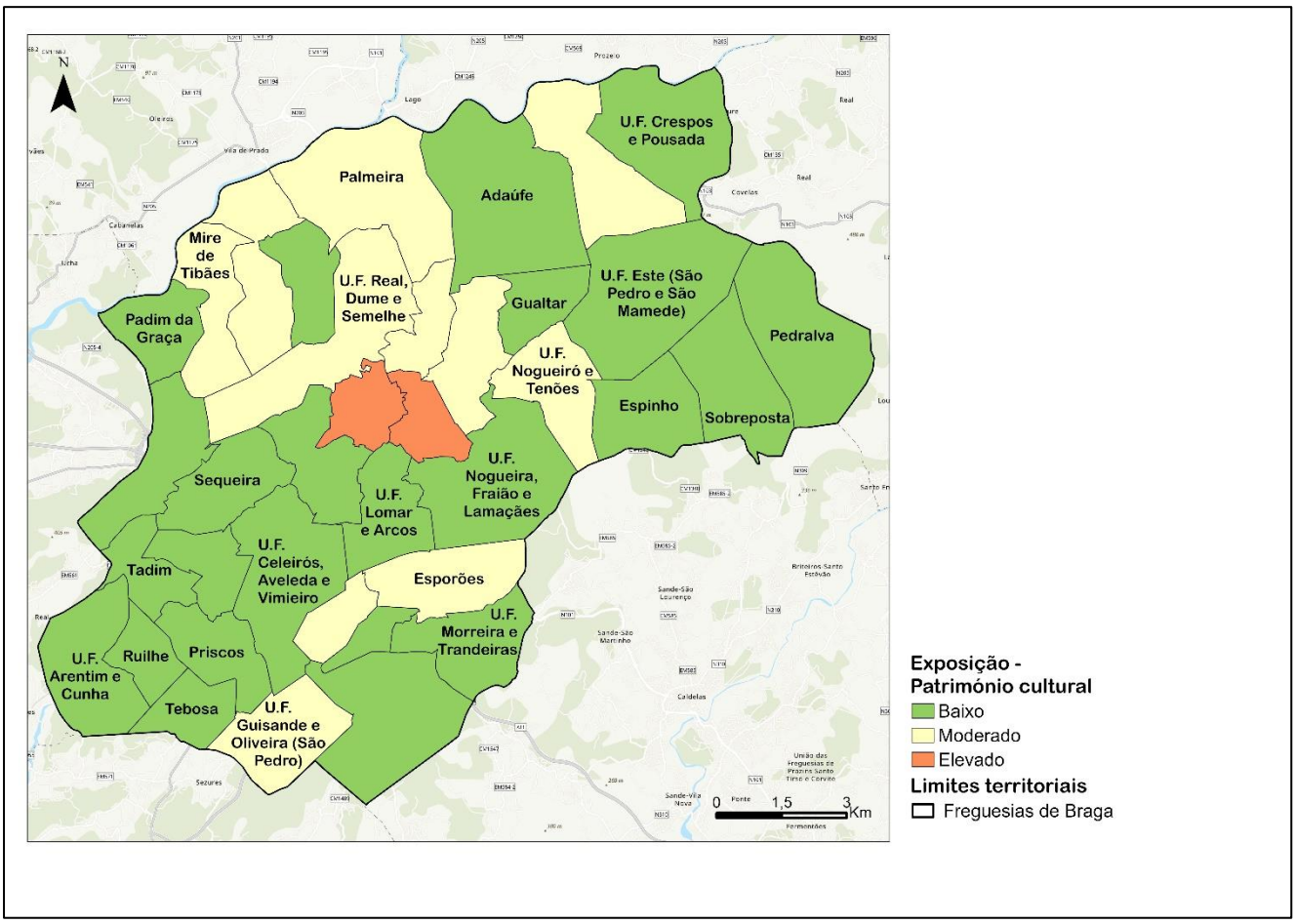


Figura 21: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente ao património cultural. Fonte: Elaboração própria, tendo por base os dados do Património Cultural, I.P. (2024).

As únicas freguesias com grau de exposição elevado foram a U.F. Braga (Maximinos, Sé e Cividade) e a U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto), ou seja, as freguesias mais centrais, realçando o valor patrimonial e cultural desta área territorial (Figura 21). As freguesias em torno do centro urbano, sobretudo a norte, apresentam exposição moderada, incluindo as freguesias de Palmeira, Mire de Tibães, U.F. Real, Dume e Semelhe, Esporões, e U.F. Nogueiró e Tenões. A maioria das freguesias, sobretudo, as periféricas, não têm nenhum património cultural pelo que o grau de exposição para esta sub-dimensão é baixo.

3.10 – Distância aos cursos de água

Uma vez que a tipologia das inundações em Braga é, essencialmente, do tipo fluvial, é fundamental analisar a distância das freguesias aos principais cursos de água (Ferreira *et al*., 2022).

Para cartografar este indicador foi utilizada a ferramenta *buffer* do *ArcGIS Pro*, na qual foram consideradas três distâncias que representam os diferentes graus de exposição. A escolha destas distâncias para os *buffers* teve por base o facto de todas as freguesias na distância de 250 metros aos cursos de água estarem em contacto próximo com alguma margem dos rios principais, e as freguesias no limiar dos 1 000 metros, apesar de não estarem tão próximas, poderem ser inundadas em caso de cheias que resultem em transbordamentos mais elevados.

Em primeiro lugar foi efetuado um *buffer* com 250 metros, que identificou as freguesias mais expostas, sendo estas a da margem direita do rio Cávado (Padim da Graça; Mire de Tibães; U.F. Merelim (São Paio), Panoias e Parada de Tibães; Palmeira; Adaúfe; U.F. Santa Lucrécia de Algeriz e Navarra; e U.F. Crespos e Pousada) e as freguesias por onde passa o rio Este (U.F. Arentim e Cunha; Ruilhe; Priscos; U.F. Celeirós, Aveleda e Vimieiro; U.F. Lomar e Arcos; e U.F. Ferreiros e Gondizalves) (Figura 22). De seguida, foi efetuado um *buffer* de 1 000 metros, que colocou as freguesias de Tadim, Esporões, Figueiredo, U.F. de Merelim (São Pedro) e Frossos, U.F. Escudeiros e Penso (Santo Estêvão e São Vicente), e Tebosa no nível de exposição moderado. As restantes freguesias, dada a sua distância aos principais cursos de água foram classificadas com grau de exposição baixo.

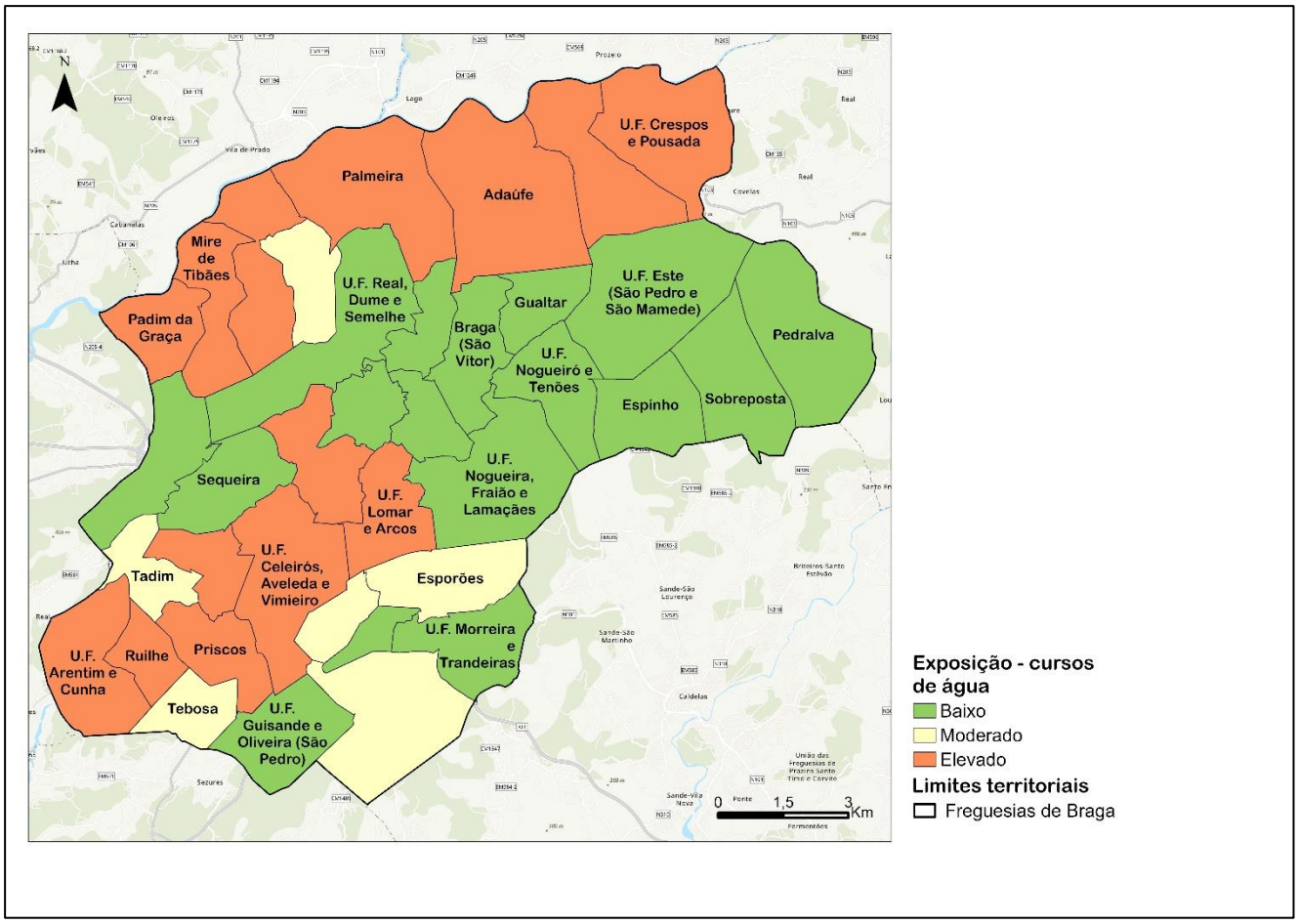


Figura 22: Grau de exposição das freguesias do município de Braga, relativamente à proximidade aos cursos de água.

Fonte: Elaboração própria, tendo por base os dados da APA (2023a).

Capítulo 4 – Discussão e resultados

Após a análise independente de todos os indicadores, foi possível aplicar a ponderação de cada um deles e a sua respetiva soma para cada uma das freguesias. A fórmula para esse cálculo foi a seguinte (Equação 1):

***E** = PR*0.25 + EE*0.125 + ES*0.125 + AE*0.08 + US*0.08 + ED*0.08 + EdS*0.065 + P*0.065 + PC*0.065 + CA*0.065* (Equação 1)

Sendo que:

PR – População Residente; EE- Estrutura Etária; ES – Escolaridade; AE – Atividades Económicas; US – Uso do Solo; ED – Edificado; EdS- Edifícios Sensíveis; P – pisos dos edifícios; PC – Património Cultural; CA – distância aos Cursos de água

Na Figura 23 sintetiza-se o resultado do grau de exposição às inundações nas freguesias do município de Braga, considerando a abordagem metodológica proposta.

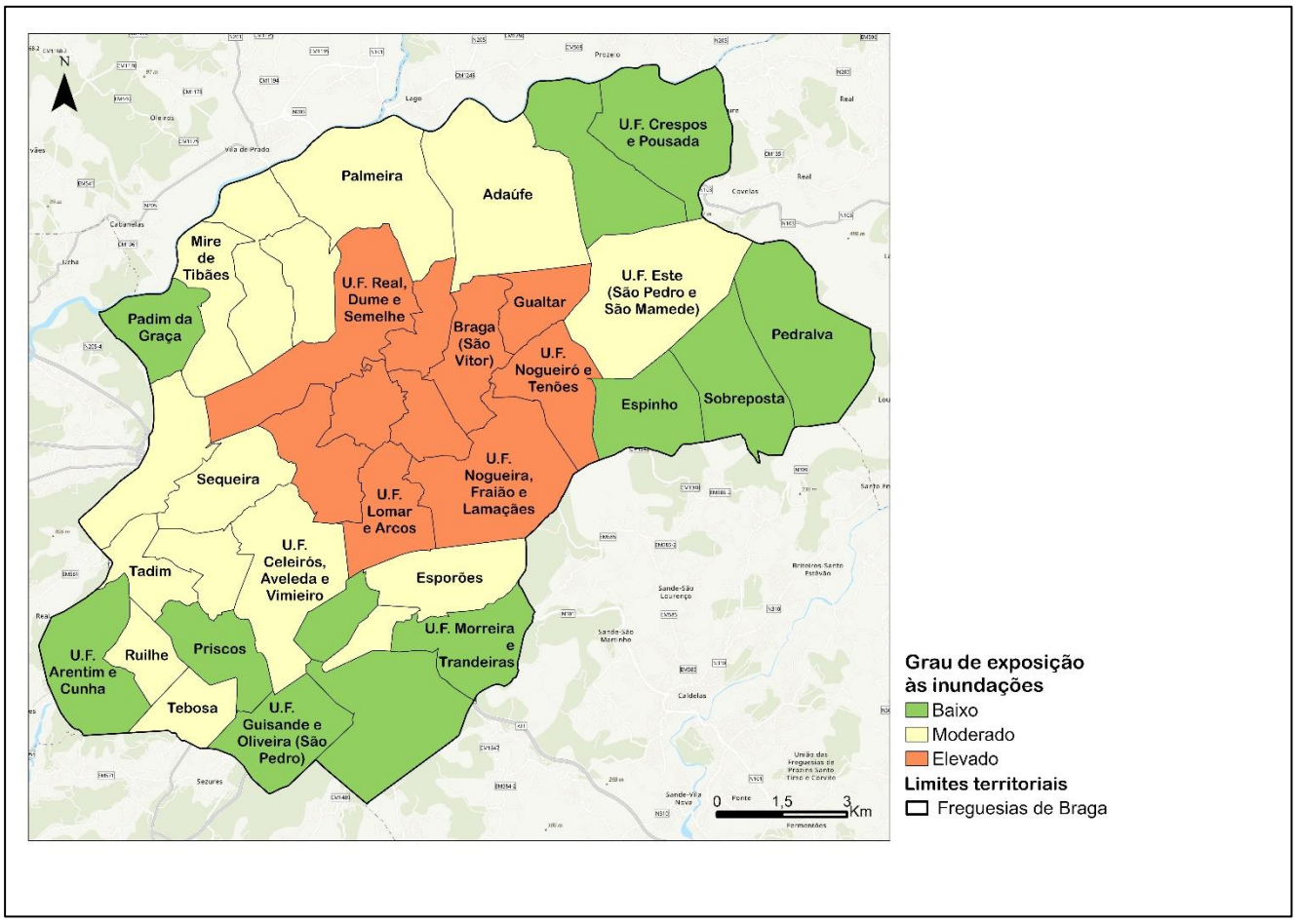


Figura 23: Grau de exposição às inundações, nas freguesias do município de Braga.
Fonte: Elaboração própria.

É percetível um padrão neste território no que concerne à exposição às inundações. As freguesias do centro são as mais expostas, as freguesias de transição entre o centro e a periferia têm um grau de exposição moderado, e com a menor exposição as freguesias da periferia (Figura 23). A espacialização da exposição apresentada nesta investigação encontra-se em concordância com os resultados obtidos por Ferreira *et al.* (2022), um dos estudos que serviu de base a esta metodologia.

Este padrão é verificado em diversos estudos sobre a exposição em Portugal, dado que é no centro das principais cidades que se encontra o maior número de elementos expostos. A investigação de Santos *et al.* (2020) analisou as componentes do risco, a nível nacional, incluindo a exposição que se traduziu em valores mais elevados em toda a costa litoral, sobretudo nas áreas metropolitanas, ou seja, onde o número de elementos expostos é maior. Teles & Cunha (2016) analisaram o município de Braga quanto à densidade populacional e à vulnerabilidade social no caso das inundações. Esta análise revelou igualmente uma maior densidade populacional no centro do município e um padrão mais disperso no que diz respeito à vulnerabilidade (Teles & Cunha, 2016). O estudo da exposição às inundações na zona ribeirinha de Ponte de Lima afirma que o centro histórico é um dos locais mais expostos devido à forte ocupação humana (Alonso *et al*., 2014). Deste modo, percebe-se que o centro dos municípios são normalmente as áreas mais expostas pela quantidade e vulnerabilidade dos elementos.

As freguesias com grau de exposição elevado são: U.F. Real, Dume e Semelhe; Gualtar; U.F. Ferreiros e Gondizalves; Braga (São Vicente); Braga (São Vítor); U.F. Lomar e Arcos; U.F. Nogueiró e Tenões; U.F. Nogueira, Fraião e Lamaçães; U.F. Braga (Maximinos, Sé e Cividade); e U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto). Estas freguesias centrais continuam a ser o maior enfoque populacional, embora mais envelhecido e consequentemente com escolaridade mais baixa. Além disso, a forte urbanização e terciarização nesta área contribuem para a impermeabilização do solo, o que reduz a capacidade de infiltração das águas pluviais e de precipitações intensas. É também na área central do município que se encontra uma maior densidade de edifícios sensíveis e de Património Cultural. Por todos estes motivos, e tal como a literatura científica aponta as áreas urbanas apresentam maior risco de inundação devido às suas características (Alcoforado *et al*., 2009).

Com grau de exposição moderado foram identificadas as seguintes freguesias: U.F. Este (São Pedro e São Mamede); Palmeira; U.F. Cabreiros e Passos (São Pedro); Sequeira; Tebosa; Lamas; U.F. Merelim (São Paio), Panoias e Parada de Tibães; U.F. de Merelim (São Pedro) e Frossos; Mire de Tibães; Tadim; U.F. Vilaça e Fradelos; U.F. Celeirós, Aveleda e Vimieiro; Ruilhe; Esporões; e Adaúfe. Estas freguesias de transição têm crescido devido à falta de habitação no centro e por isso um valor significativo da população fixou-se nessas áreas, em edifícios essencialmente compostos por pisos térreos.

As freguesias com grau de exposição baixo são: Padim da Graça; U.F. Arentim e Cunha; Priscos; U.F. Guisande e Oliveira (São Pedro); U.F. Escudeiros e Penso (Santo Estêvão e São Vicente); Figueiredo; U.F. Morreira e Trandeiras; Espinho; Sobreposta; Pedralva; U.F. Santa Lucrécia de Algeriz e Navarra; e U.F. Crespos e Pousada. São localidades de cariz menos urbanizado, que têm ganho destaque devido à expansão urbana. Permanecem ainda como áreas menos populosas e, dada a sua proximidade ao centro, atraem população jovem e mais escolarizada, tornando-as dormitórios. Como tal, além das áreas habitacionais, o restante território continua muito ligado ao setor primário, revelando grande permeabilidade do solo, o que minimiza a exposição face à proximidade dos cursos de água.

A Tabela XXI sintetiza as principais características de cada grupo de exposição enunciadas anteriormente.

Tabela XXI: Síntese das características das áreas considerando o grau de exposição associado.

Grau de Exposição	Características
Grau de Exposição Baixo	-- Áreas menos populosas; -- Predomínio de grupos etários em idade ativa; -- Presença de atividades do setor primário e grande percentagem de solo florestal e agrícola; -- Densidade de edificado baixa; -- Existência residual de edifícios sensíveis e Património Cultural; -- Proximidade aos cursos de água, atenuada pelo tipo de uso e ocupação do solo.
Grau de Exposição Moderado	-- Áreas em crescimento populacional e urbano; -- Edificado com crescimento em altura; -- Presença de alguns edifícios sensíveis e locais classificados como Património Cultural; -- Proximidade aos cursos de água.

Grau de Exposição Elevado	-- Áreas bastante populosas; -- Predomínio do setor terciário e de territórios artificializados; -- Elevada densidade do edificado, dos edifícios sensíveis e do Património Cultural.

Fonte: Elaboração própria.

Apesar das características das freguesias que compõe o mesmo grupo de exposição serem semelhantes, podem existir alguns contrastes. Por esse motivo é relevante sintetizar as características principais de cada uma dessas freguesias (Tabela XXII).

Tabela XXII: Síntese das características principais de cada freguesia do município de Braga.

Freguesias	Características
Adaúfe	Número de população residente mais reduzida; baixo nível de escolaridade; 2 edifícios sensíveis; crescimento do edificado na horizontal; território artificializado; proximidade a curso de água.
Espinho	Número de população residente mais reduzida; baixo nível de escolaridade; predomínio do setor primário; crescimento do edificado na horizontal; território artificializado.
Esporões	Número de população residente mais reduzida; baixo nível de escolaridade; 2 edifícios sensíveis; território artificializado.
Figueiredo	Número de população residente mais reduzida; baixo nível de escolaridade; predomínio do setor primário; crescimento do edificado na horizontal; território artificializado.
Gualtar	Em crescimento populacional; elevado nível de escolaridade; predomínio do setor terciário; 1 edifício sensível; crescimento em altura.
Lamas	Número de população residente mais reduzida; baixo nível de escolaridade.
Mire de Tibães	Número de população residente mais reduzida; baixo nível de escolaridade; 2 edifícios sensíveis; crescimento do edificado na horizontal; território artificializado; proximidade a curso de água.
Padim da Graça	Número de população residente mais reduzida; baixo nível de escolaridade; predomínio do setor primário; crescimento do edificado na horizontal; área agrícola e florestal; proximidade a curso de água.
Palmeira	Em crescimento populacional; elevada densidade de edificado; território artificializado; proximidade a curso de água.
Pedralva	Número de população residente mais reduzida; baixo nível de escolaridade; predomínio do setor primário; crescimento do edificado na horizontal; território artificializado.

Freguesias	Características
Priscos	Número de população residente mais reduzida; baixo nível de escolaridade; predomínio do setor primário; crescimento do edificado na horizontal; território artificializado; proximidade a curso de água.
Ruilhe	Número de população residente mais reduzida; crescimento do edificado na horizontal; área agrícola e florestal; proximidade a curso de água.
Braga (São Vicente)	Elevado número de indivíduos residentes; predomínio do setor terciário; 3 edifícios sensíveis; crescimento em altura; território artificializado.
Braga (São Vítor)	Elevado número de indivíduos residentes; elevado nível de escolaridade; predomínio do setor terciário; elevada densidade de edificado; 7 edifícios sensíveis; crescimento em altura.
Sequeira	Número de população residente mais reduzida; estrutura etária envelhecida; baixo nível de escolaridade; 1 edifício sensível; crescimento do edificado na horizontal; território artificializado.
Sobreposta	Número de população residente mais reduzida; baixo nível de escolaridade; predomínio do setor primário; 1 edifício sensível; crescimento do edificado na horizontal; área agrícola e florestal.
Tadim	Número de população residente mais reduzida; 2 edifícios sensíveis; área agrícola e florestal.
Tebosa	Número de população residente mais reduzida; baixo nível de escolaridade; 2 edifícios sensíveis; crescimento do edificado na horizontal; área agrícola e florestal.
U.F. Arentim e Cunha	Número de população residente mais reduzida; baixo nível de escolaridade; predomínio do setor primário; crescimento do edificado na horizontal; proximidade a curso de água.
U.F. Braga (Maximinos, Sé e Cividade)	Elevado número de indivíduos residentes; predomínio do setor terciário; 8 edifícios sensíveis; crescimento em altura; valor patrimonial elevado.
U.F. Braga (São José de São Lázaro e São João do Souto)	Elevado número de indivíduos residentes; estrutura etária envelhecida; predomínio do setor terciário; 16 edifícios sensíveis; crescimento em altura; valor patrimonial elevado.
U.F. Cabreiros e Passos (São Julião)	Número de população residente mais reduzida; estrutura etária envelhecida; baixo nível de escolaridade, 1 edifício sensível; crescimento do edificado na horizontal.
U.F. Celeirós, Aveleda e Vimieiro	Em crescimento populacional; baixo nível de escolaridade; elevada densidade de edificado; 1 edifício sensível; território artificializado; proximidade a curso de água.
U.F. Crespos e Pousada	Número de população residente mais reduzida; baixo nível de escolaridade; predomínio do setor primário; crescimento do edificado na horizontal; proximidade a curso de água.
U.F. Escudeiros e Penso (Santo Estêvão e São Vicente)	Número de população residente mais reduzida; baixo nível de escolaridade; predomínio do setor primário; 1 edifício sensível; crescimento do edificado na horizontal; território artificializado.
U.F. Este (São Pedro e São Mamede)	Número de população residente mais reduzida.

Freguesias	Características
U.F. Ferreiros e Gondizalves	Em crescimento populacional; predomínio do setor terciário; proximidade a curso de água.
U.F. Guisande e Oliveira (São Pedro)	Número de população residente mais reduzida; baixo nível de escolaridade; predomínio do setor primário; crescimento do edificado na horizontal; área agrícola e florestal.
U.F. Lomar e Arcos	Em crescimento populacional; predomínio do setor terciário; 1 edifício sensível; área agrícola e florestal; proximidade a curso de água.
U.F. Merelim (São Paio), Panoias e Parada de Tibães	Em crescimento populacional; elevada densidade de edificado; crescimento do edificado na horizontal; proximidade a curso de água.
U.F. de Merelim (São Pedro) e Frossos	Número de população residente mais reduzida; 1 edifício sensível.
U.F. Morreira e Trandeiras	Número de população residente mais reduzida; baixo nível de escolaridade; predomínio do setor primário; crescimento do edificado na horizontal; área agrícola e florestal.
U.F. Nogueira, Fraião e Lamações	Elevado número de indivíduos residentes; elevado nível de escolaridade; predomínio do setor terciário; elevada densidade de edificado; 3 edifícios sensíveis; crescimento em altura.
U.F. Nogueiró e Tenões	Em crescimento populacional; elevado nível de escolaridade; predomínio do setor terciário; área agrícola e florestal.
U.F. Real, Dume e Semelhe	Populosa; predomínio do setor terciário; elevada densidade de edificado.
U.F. Santa Lucrécia de Algeriz e Navarra	Número de população residente mais reduzida; baixo nível de escolaridade; predomínio do setor primário; crescimento do edificado na horizontal; área agrícola e florestal; proximidade a curso de água.
U.F. Vilaça e Fradelos	Número de população residente mais reduzida; baixo nível de escolaridade; crescimento do edificado na horizontal; área agrícola e florestal; proximidade a curso de água.

Fonte: Elaboração própria.

Estas informações permitem um melhor reconhecimento do território e, por isso, devem ser integradas nos diferentes Instrumentos de Gestão Territorial, nomeadamente no PGRI, tal como a Diretiva 2007/60/CE, que orienta, para que sejam criadas medidas de mitigação e adaptação destas áreas ao risco de inundação.

Capítulo 5 – Propostas de medidas a implementar

As medidas que têm em consideração as particularidades do território são potencialmente mais eficazes, permitindo identificar as áreas com maior necessidade de intervenção e torná-las mais resilientes (Aragão, 2011; Chakraborty *et al*., 2023; UN, 2015).

Na última década o município tem implementado ações de proteção e mitigação às inundações em diversas freguesias e em diversos domínios, nomeadamente através do Plano Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas (PMAC) (CMB, 2024a). Uma das medidas propostas foi a criação de sistemas de monitorização dos caudais dos rios e das áreas inundáveis, tendo sido implementada em três locais: junto à Piscina Municipal da Rodovia, Hotel Meliã e na ponte junto da Bosch. O município tem procedido ao desassoreamento de linhas de água no rio Este, no rio Torto, no rio Labriosque e no rio Cávado, iniciativa proposta no PMAC. O município tem promovido os espaços verdes através da arborização de corredores, como aconteceu na Rua de S. Martinho (U.F. de Maximinos, Sé e Cividade), na Rua

Vítor de Sá (U.F. Nogueira, Fraião e Lamaçães), junto ao Campo da Rodovia (Braga - São Vítor), e na margem do rio Torto (U.F. Merelim (S. Pedro) e Frossos).



Para além das medidas propostas no âmbito do PMAC, o município procedeu à descentralização da Proteção Civil através Unidades Locais de Proteção Civil, de modo a uma maior proximidade da população com os meios de socorro e a uma resposta mais rápida e eficaz. Houve um investimento de cerca de 10 mil euros em equipamentos para estas unidades na U.F. Este (São Pedro e São Mamede), na freguesia de Pedralva, na Sobreposta e na U.F. Lomar e Arcos (CMB, 2024b).

Mais recentemente, através do financiamento do programa NORTE2030 – FEDER, foram elaboradas novas ações (CMB, 2025; Jornal de Notícias, 2025), na margem direita do rio Cávado, entre as freguesias de Padim da Graça e de Mire de Tibães e no rio Este, na freguesia de Braga (São Vítor).

A primeira ação visa proteger e adaptar a margem do rio Cávado através de uma barreira de proteção naturalizada, em conjunto com uma melhoria nos sistemas de monitorização, previsão e alerta (CMB, 2025), junto ao Parque Industrial de Padim da Graça. No Rio Este, pretende-se que o futuro parque ecológico sirva como uma bacia de retenção natural, de modo a minimizar as consequências das inundações para as áreas envolventes, nomeadamente para o aglomerado urbano de Celeirós (CMB, 2025) (Figura 25).

Figura 24: Intervenção no rio Este.
Fonte: O Minho, 2025.

Tendo em conta o quadro histórico de intervenções realizados nos últimos anos, definimos uma tipologia das medidas propostas a adotar pelo município, indicando como poderão aumentar a resiliência das comunidades.

1. Reforço e modernização das redes de drenagem: esta medida pode ser aplicada a todo o município, mas é, sobretudo, fulcral para as freguesias do centro, ou seja, as mais urbanizadas. As áreas centrais têm sofrido bastante com os episódios de precipitação intensa, registando-se vários danos e obstruções de vias, decorrentes das inundações urbanas. Isto ocorre porque o desenvolvimento da rede e das infraestruturas de drenagem não acompanhou o aumento de áreas impermeabilizadas, ou seja, com menor capacidade de absorção de água, pelo que a pressão sobre estas é cada vez maior (Feng *et al*., 2021; Huang *et al*., 2020; Pedroso *et al*., 2016; Girão, 2014). Assim, o reforço e a modernização destas redes aumentam a capacidade de drenagem das águas fluviais e da precipitação, minimizando as ocorrências de inundações nestas áreas (Huang *et al*., 2020; Pedroso *et al*., 2016; Girão, 2014).

2. Renaturalização e manutenção dos cursos de água: esta medida vai ao encontro das intervenções já planeadas pelo município, e mencionadas no capítulo 5.5. A retirada de obstáculos nos cursos de água que impeçam o escoamento, como a acumulação de sedimentos e resíduos, irá permitir um melhor fluxo da água (Fallowfield & Motta, 2024; Pedroso *et al*., 2016).

3. Soluções baseadas na natureza: tipologia de medida cada vez mais adotada pelos países, nomeadamente europeus. Alguns exemplos do que pode ser feito neste domínio foram apresentados no capítulo 4.1, como a reflorestação, corredores verdes no centro das cidades, bacias de retenção integradas em parques, e telhados verdes (Agência Europeia do Ambiente, 2018). Estas soluções têm ganho importância pelos custos reduzidos e pelo residual gasto de energia (Huang *et al*., 2020).

4. Sensibilização da população: esta é, possivelmente, a medida de mais fácil adoção, com menores custos e menos burocracias. A população é o elemento mais relevante quando estamos perante uma situação de risco e, por isso, o seu conhecimento sobre a situação

em que se poderão vir a encontrar é fundamental para que fiquem menos expostos e aumentem a sua resiliência (Burningham *et al.*, 2008). Devem ser promovidas sessões informativas que indiquem se as suas habitações se encontram em áreas de risco de inundação, como se devem preparar, o que podem fazer para tornar as suas áreas menos expostas, de modo a apelar à consciencialização das comunidades (Burningham *et al*., 2008).

Na Tabela XXIII estão indicadas as medidas específicas para cada uma das tipologias indicadas, enunciando o objetivo, o local, os meios e recursos, os intervenientes, a população-alvo, a viabilidade económica e os resultados esperados.

Tabela XXIII: Medidas específicas para a adaptação e mitigação às inundações, no município de Braga.

Designação	Objetivo	Local	Meios e recursos	Intervenientes	População-alvo	Viabilidade económica	Resultados esperados
1.1 Substituição e ampliação das condutas de drenagem	Aumentar a capacidade de escoamento nas áreas urbanas.	Freguesias mais artificializadas.	Equipas técnicas e novos materiais.	CMB, empresas de obras públicas, SMAS.	Residentes em áreas urbanizadas.	Elevados custos de difícil implementação, com retorno a médio prazo.	Aumento da capacidade de drenagem; danos menores.
1.2 Monitorização da rede de drenagem	Detetar limites da capacidade da rede de modo a prevenir alagamentos.	Todo o município.	Sensores, software de monitorização.	CMB, ANEPC.	Toda a população, sobretudo residentes em áreas urbanizadas.	Custos moderados de fácil implementação, com elevada eficiência operacional.	Rápida intervenção; redução dos danos.
2.1 Limpeza dos leitos e margens	Evitar obstáculos ao escoamento.	Freguesias ribeirinhas.	Equipas operacionais e maquinaria de remoção de sedimentos.	CMB, Juntas de Freguesia, APA.	Residentes em áreas ribeirinhas.	Custos baixos, de fácil implementação.	Maior escoamento; menos episódios de cheias.
2.2 Reabilitação ecológica das margens	Reforçar os ecossistemas e aumentar a infiltração.	Freguesias ribeirinhas.	Vegetação ripícola, equipas operacionais.	CMB, Juntas de Freguesia, APA.	Residentes em áreas ribeirinhas.	Custos baixos, de fácil implementação.	Estabilização natural das margens; aumento da biodiversidade; maior capacidade de absorção.
3.1 Aplicação de telhados verdes nos edifícios	Reduzir o escoamento.	Todo o município.	Materiais isolantes, substratos vegetais.	CMB, proprietários de edifícios, empresas de jardinagem.	Toda a população.	Custos médio-alto, dificuldade de implementação média.	Redução do escoamento superficial; melhoria do microclima urbano; maior eficiência energética.

Designação	Objetivo	Local	Meios e recursos	Intervenientes	População-alvo	Viabilidade económica	Resultados esperados
3.2 Reflorestação urbana e corredores verdes	Aumentar a capacidade de infiltração das águas.	Todo o município, com maior incidência nas áreas urbanizadas.	Árvores autóctones; equipamentos de plantação.	CMB, Juntas de Freguesia, empresas de jardinagem.	Toda a população, sobretudo residentes em áreas urbanizadas.	Custo baixo, fácil implementação.	Aumento da infiltração; aumento das áreas verdes; aumento da biodiversidade.
3.3 Bacias de retenção naturais	Criar áreas de retenção naturais e funcionais.	Todo o município, com maior incidência nas áreas urbanizadas.	Equipamentos de plantação; maquinaria de obras públicas, árvores autóctones.	CMB, arquitetos paisagísticos, equipas operacionais, empresas de jardinagem.	Toda a população, sobretudo residentes em áreas urbanizadas.	Custo médio-alto, implementação média.	Aumento da infiltração; aumento das áreas verdes; aumento da biodiversidade; valor acrescentado para espaços públicos com função dupla (lazer e segurança).
4.1 Campanhas informativas	Transmitir informação à população.	Todo o município.	Folhetos informativos; redes sociais; sessões públicas.	CMB, Juntas de Freguesia, voluntários.	Toda a população.	Custo baixo, fácil implementação.	Maior conhecimento da realidade; maior resiliência; comportamentos preventivos.
4.2 Formações sobre a temática das inundações e da adaptação	Promover a cultura de risco.	Escolas e empresas de todo o município.	Material pedagógico.	CMB, Juntas de Freguesia, professores, investigadores, voluntários.	Crianças, jovens, adultos.	Custo baixo, fácil implementação.	Capacitação de agir em situações de emergência; desenvolvimento de uma cultura preventiva; maior resiliência.
4.3 Sensibilização da população mais envelhecida	Maior colaboração da população idosa na evacuação.	Lares e centros de dia.	Material pedagógico.	CMB, Juntas de Freguesia, professores, investigadores, voluntários.	População idosa.	Custo baixo, fácil implementação.	Reposta mais rápida em situações de emergência; maior resiliência.

Fonte: Elaboração própria.

Em síntese, as medidas 1.1, 3.2 e 3.3 são aplicadas à escala das freguesias mais urbanizadas, as medidas 1.3 e 3.1 à escala das freguesias ribeirinhas, e as restantes aplicadas à totalidade do município. Quanto à sua natureza, as medidas do ponto 1 são estruturais, pelo que a sua aplicação poderá ser mais difícil, devido aos elevados custos e à burocracia associada. As medidas dos pontos 2 e 3 são baseadas na natureza e as do ponto 4 são medidas de sensibilização, ambas associadas a custos e dificuldades de aplicação menores.

A diferente complexidade de cada uma das medidas irá influenciar o prazo de implementação das mesmas, podendo estes prazos serem alterados consoante a capacidade de atuação dos territórios. Na Tabela XXIV estão agrupadas as medidas segundo os prazos de implementação expectáveis.

Tabela XXIV: Prazo de implementação das medidas.

Prazo de Implementação	Medidas
Curto prazo	2.1 Limpeza dos leitos e margens; 4.1 Campanhas informativas; 4.2 Formações sobre a temática das inundações e da adaptação; 4.3 Sensibilização da população mais envelhecida.
Médio prazo	1.2 Monitorização da rede de drenagem; 2.2 Reabilitação ecológica das margens; 3.2 Reflorestação urbana e corredores verdes.
Longo prazo	1.1 Substituição e ampliação das condutas de drenagem; 3.1 Aplicação de telhados verdes nos edifícios; 3.3 Bacias de retenção naturais.

Fonte: Elaboração própria.

Para um maior sucesso destas medidas deve haver um esforço conjunto entre todas as freguesias do município, juntamente com a Comunidade Intermunicipal do Cávado (CIM Cávado) e com a Comunidade Intermunicipal do Ave (CIM Ave), e fomentando a participação pública em assuntos relacionados com a sua exposição às inundações.

Conclusão

A ocorrência de inundações no município de Braga tornou-se, nos últimos anos, uma constante. A forte urbanização aliada às alterações climáticas e à falta de eficácia do planeamento urbano são os principais fatores que explicam a existência de episódios mais recorrentes de inundações, quer do tipo fluvial, quer do tipo urbano. As projeções para o município indicam uma continuidade da urbanização e do crescimento populacional e ao nível climático apontam para episódios de precipitação, cada vez mais, intensos e frequentes. O planeamento urbano é a variável que poderá mitigar os danos consequentes das inundações. Apesar de a legislação sobre a temática ser vasta, tanto a nível nacional como a nível internacional, até agora ainda não foram aplicados esforços suficientes para solucionar esta problemática.

Para que as entidades governamentais saibam o grau de exposição das comunidades, de modo a definirem áreas de intervenção prioritária, é fundamental aplicar uma metodologia que analise as particularidades dos territórios em estudo, através de índices compostos. Foi com esta intenção que elaboramos uma proposta metodológica para o município de Braga, onde foram incluídos dez indicadores quantitativos e qualitativos que refletissem a dinâmica do território a diferentes níveis. Esta metodologia tem a vantagem de utilizar variáveis disponíveis gratuitamente para todo o território, de fácil acesso e de aplicação universal.

O maior número de habitantes, sobretudo idosos e sem muitas habilitações académicas, aliado a uma forte ocupação pelo edificado habitacional, comercial e cultural, revelaram uma maior exposição nas freguesias do centro do município. Nestes locais é necessário aumentar e melhorar as redes de drenagem, bem como criar bacias de retenção e aumentar os espaços verdes. Por outro lado, as freguesias mais distantes do centro estão menos expostas, devido à menor presença de elementos expostos. Contudo, são áreas com maior presença de cursos de água, pelo que a manutenção dos mesmos ajudará a minimizar as consequências dos episódios de precipitação intensa. As restantes freguesias encontram-se na transição entre as áreas mais urbanizadas e as áreas de cariz mais rural, situando-se num grau de exposição moderado, ao qual se deverá ter atenção às mudanças que poderão sofrer num futuro próximo. Para todas estas áreas devem ser implementadas medidas de sensibilização da

população, para que todos saibam como se adaptar a esta nova realidade. As atividades lúdicas para os mais novos, *workshops* para os jovens, e palestras para os adultos, são alguns exemplos de como fazer esta comunicação mais próxima à população, sem ser necessário um grande esforço económico por parte dos governantes.

Esta dissertação permitiu analisar os efeitos da exposição do município de Braga ao risco de inundação de forma mais detalhada, podendo auxiliar na tomada de decisões sobre o território, quer por parte das entidades locais, quer por parte da população que procura saber mais sobre a sua área de residência e os perigos aos quais está exposta.

No entanto, reconhece-se que este estudo teve algumas limitações que poderão ser ultrapassadas em investigações futuras. Um dos principais obstáculos foi a indisponibilidade de alguma informação a um nível mais detalhado do que o nível da freguesia. As freguesias do município de Braga são extensas pelo que as características podem variar bastante, nomeadamente quanto ao uso do solo e ao edificado. Quanto a este último, a análise da idade dos edifícios e a necessidade de reparação dos mesmos, também pode interferir no quão expostos estes estão às inundações, uma vez que edifícios mais antigos e mais degradados sofrerão, possivelmente, mais danos.

Seria interessante a aplicação deste método para o cálculo do grau de exposição, tanto no que concerne às inundações como a outros fenómenos, noutros locais, com recurso aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), de modo que se consiga identificar as áreas de intervenção prioritária. Assim, as entidades locais poderiam redirecionar mais eficazmente os seus meios, aumentando a resiliência das comunidades.

Referências Bibliográficas

Agência Europeia do Ambiente. (2018). *Climate-ADAPT : How Europe is adapting to climate change: 10 case studies*. Publications Office of the European Union. Disponível em https://data.europa.eu/doi/10.2800/097442 (consultado em 16/05/2025).

Alcoforado, M. J., Andrade, H., Lopes, A., & Vasconcelos, J. (2009). Application of Climatic Guidelines to Urban Planning. The example of Lisbon (Portugal). *Landscape and Urban Planning, 90, 56-65.*

Alonso, J. M., Guerra, C. A. B., Martins, I. P. de O., Arnaud-Fassetta, G., Marques, A., & Costa, F. da S. (2014). Risco de cheia e inundação: Exposição e adaptação na área ribeirinha de Ponte de Lima. *Territorium, 21*, 33-48.

APA. (2023a). *Rede hidrográfica GeoCodificada.* SNIAmb Geoportal. Disponível em https://sniambgeoportal.apambiente.pt/geoportal/catalog/search/resource/details.page?uuid=%7B904F4CBA-26C4-43C5-9E66-8045F6F3C771%7D (consultado em 26/09/2025).

APA. (2023b). *Carta de risco de inundação - Portugal continental*. SNIAmb Geoportal. Disponível em https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/srv/api/records/de6352d5-d956-4efc-be49-9d62424f0a46 (consultado em 26/09/2025).

APA. (2021). Planos de Gestão dos Riscos de Inundação. [Post em blogue]. Disponível em https://apambiente.pt/agua/planos-de-gestao-dos-riscos-de-inundacoes (consultado em 09/04/2025).

APA. (2019a). *Avaliação Preliminar de Risco de Inundações RH2 - Cávado, Ave e Leça.* Plano de Gestão dos Riscos de Inundações 2022/2027 - 1º Fase. Departamento de Recursos Hídricos.

APA. (2019b). Ficha de ARPSI RH2 – Cávado, Ave e Leça. Plano de Gestão dos Riscos de Inundações 2022/2027. Departamento de Recursos Hídricos.

Aragão, A. (2011). Prevenção de riscos na União Europeia: o dever de tomar em consideração a vulnerabilidade social para uma protecção civil eficaz e justa. *Revista Crítica de Ciências Sociais, 93*, 71-93. Disponível em http://hdl.handle.net/10316/15264 (consultado em 03/02/2025).

Bednar-Friedl, B. *et al*. (2022). Europe. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment. *Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, *et al.* (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 1817–1927.

Burningham, K., Fielding, J., & Thrush, D. (2008). 'It'll never happen to me': Understanding public awareness of local flood risk. *Disasters, 32*, 216-238. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/5471521_'It'll_never_happen_to_me'_Understanding_public_awareness_of_local_flood_risk (consultado em 13/02/2025).

Câmara Municipal de Braga. (2025, 2 de junho). *Braga com candidatura aprovada para melhorar a gestão dos recursos hídricos.* Disponível em https://www.cm-braga.pt/pt/0201/home/noticias/item/item-1-20439 (consultado em 04/08/2025).

Câmara Municipal de Braga. (2024a). *Plano Municipal de Ação Climática de Braga*. Disponível em https://www.cm-braga.pt/archive/doc/PMAC.pdf (consultado em 17/01/2025).

Câmara Municipal de Braga. (2024b). Braga reforça capacidade de resposta das Unidades Locais de Protecção Civil. Disponível em https://www.cm-braga.pt/pt/0201/home/noticias/item/item-1-18310 (consultado em 20/10/2025).

Câmara Municipal de Braga. (2021). *Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios: Caderno I – Diagnóstico (Informação de Base)* (Versão 2.0). Disponível em https://www.cm-braga.pt/archive/doc/CADERNO_I.pdf (consultado em 16/10/2025).

Carvalho, J. M., Chaminé, H. I., & Plasencia, N. (2003). *Caracterização dos recursos hídricos subterrâneos do maciço cristalino do Norte de Portugal: implicações para o desenvolvimento regional*. Imprensa da Universidade de Coimbra. Disponível em https://hdl.handle.net/10316.2/39225 (consultado em 10/10/2025).

Castro, F., & Lourenço, L. (2017). Resiliência, população e território: contributo conceptual para a terminologia dos riscos. *Territorium, 24,* 5-13. Disponível em https://doi.org/10.14195/1647-7723_24_1 (consultado em 01/03/2025).

Chakraborty, L., Thistlethwaite, J., Scott, D., Henstra, D., Minano, A., & Rus, H. (2023). Assessing social vulnerability and identifying spatial hotspots of flood risk to inform socially just flood management policy. *Risk Analysis, 43*, 1058–1078. Disponível em https://doi.org/10.1111/risa.13978 (consultado em 01/03/2025).

CIM do Cávado. (2023). *Sistema de aquisição e monitorização das vulnerabilidades da NUT III Cávado às alterações climáticas*. Disponível em https://www.cimcavado.pt/sistema-de-monitorizacao/ (consultado em 23/10/2025).

Costa, F. S., & Lopes, H. S. (2024). The Portuguese dams of the international Douro, climate change and adaptation strategies: perspectives within the framework of the Albufeira Convention and the Water Framework Directive. *Water International*, *49*, 417–428. Disponível em https://doi.org/10.1080/02508060.2024.2321820 (consultado em 05/04/2025).

Costa, F. (2020). Riscos de inundação e suas manifestações. In L. Lourenço & A. Vieira (Eds.), *Catástrofes naturais: uma abordagem global* (pp. 71-117). Imprensa da Universidade de Coimbra. Disponível em https://doi.org/10.14195/978-989-26-1936-1_4 (consultado em 05/04/2025).

Costa, F. (2009). Risco de inundação na cidade de Amarante (Norte de Portugal): Contributo metodológico para o seu estudo. *Territorium, 16,* 99-111. Disponível em https://doi.org/10.14195/1647-7723_16_9 (consultado em 30/08/2025).

CRED. (2025). *2024 Disasters in numbers*. EMDAT report. Disponível em https://reliefweb.int/report/world/2024-disasters-numbers (consultado em 23/06/2025).

Croteau, R., Pacheco, A., & Ferreira, Ó. (2023). Flood vulnerability under sea level rise for a coastal community located in a backbarrier environment, Portugal. *Journal of Coastal Conservation, 27(4*), 28.

Cutter, S.L., & Finch, C. (2008). Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 105,* 2301-2306.

Cutter, S.L., Boruff, B.J., & Shirley, W.L. (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly, 84*, 242-261.

Decreto-Lei n.º 9/2025, de 12 de fevereiro, República Portuguesa. Disponível em https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/9-2025-907097147 (consultado em 26/10/2025).

Decreto-Lei n.º 239/2012, de 2 de novembro, República Portuguesa. Disponível em https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/239-2012-191514 (consultado em 26/10/2025).

Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro, República Portuguesa. Disponível em https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/115-2010-307873 (consultado em 08/07/2025).

Despacho n.º 12734/2024, de 25 de outubro, República Portuguesa. Disponível em https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/despacho/12734-2024-892664373 (consultado em 08/07/2025).

DGT. (2018a). *Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP)*, versão 2018. Disponível em https://www.dgterritorio.gov.pt/cartografia/cartografia-tematica/caop (consultado em 06/01/2025).

DGT. (2018b). *Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS 2018).* Disponível em https://snig.dgterritorio.gov.pt/rndg/srv/por/catalog.search#/metadata/1eaaacee-4aaa-44c6-9c06-eda52c315524 (consultado em 25/04/2025).

Diretiva 2007/60/CE, de 23 de outubro, Parlamento Europeu e do Conselho. Disponível em http://data.europa.eu/eli/dir/2007/60/oj (consultado em 08/07/2025).

EM-DAT. (2025). Desastres naturais na Europa em 2025. Disponível em https://doc.emdat.be/ (consultado em 04/09/2025).

Ericsson, T. (2022). *Planning for Eventual Flooding: How municipalities can adapt to floods with Umeå municipality as case study.* Dissertação de Mestrado, Umeå University, Suécia.

Expresso. (2010, 3 de outubro). *Carros submersos pelas chuvadas em Braga*. Disponível em https://expresso.pt/actualidade/carros-submersos-pelas-chuvadas-em-braga-videos=f607154 (consultado em 27/07/2025).

Fallowfield, L., & Motta, D. (2024). The permanent flood risk of culverts and the impact of increasing debris blockage. *Journal of Flood Risk Management, 17(4),* e13021.

Feng, B., Zhang, Y. & Bourke, R. (2021). Urbanization impacts on flood risks based on urban growth data and coupled flood models. *Nat Hazards*, 106, 613–627.

Ferreira, I., Bento-Gonçalves, A., & Vieira, A. (2022). O risco hidrológico no município de Braga: contributo para a sua cartografia. In L. Lourenço & A. Nunes (Eds.), Risco de Cheias e Risco de Inundações Fluviais. Aprender com o Passado (pp. 169-196). RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança.

Ferreira, T. M., & Santos, P. P. (2020). An Integrated Approach for Assessing Flood Risk in Historic City Centres. *Water*, *12*(6), 1648.

Gaspar, P. (2005). Cidade e urbanizaçao no virar do milénio. *Homenaje a Joaquín González Vecín*, 285–299.

Girão, L. (2014). *Modelação hidráulica e de qualidade da água de sistemas de drenagem em meios urbanos.* Dissertação de mestrado, Universidade de Coimbra, Portugal.

Gonçalves, A., Oliveira, S., Sá, A., Benali, A., Zêzere, J. L., Pereira, J. M. (2021). Avaliação da exposição das comunidades locais a incêndios rurais: o caso de Alvares, Góis. *Finisterra, LVI*(117), 29-53.

Huang, Y., Tian, Z., Ke, O., Liu, J., Irannezhad, M., Fan, D., Hou, M., & Sun, L. (2020). Nature-based solutions for urban pluvial flood risk management. *WIREs Water, 7.*

INE. (2021a). *População residente em 2021 e taxa de variação entre 2011 e 2021 por grupo etário*. Disponível em https://www.ine.pt/ (consultado em 10/07/2025).

INE. (2021b). *Nível de escolaridade mais elevado completo*. Disponível em https://www.ine.pt/ (consultado em 10/07/2025).

INE. (2021c). *Número de empresas e valor acrescentado bruto por atividade económica*. Disponível em https://www.ine.pt/ (consultado em 10/07/2025).

INE. (2021d). *Número de edifícios*. Disponível em https://www.ine.pt/ (consultado em 10/07/2025).

INE. (2021e). *Número de andares dos edifícios*. Disponível em https://www.ine.pt/ (consultado em 10/07/2025).

IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama, Eds.). Cambridge University Press.

IPCC. (2014). Climate change 2014: mitigation of climate change, working group III contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Géneve, Switzerland.

IPMA. (2025). Lista de estações meteorológicas automáticas. Disponível em https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/redes.observacao/meteo/index.jsp (consultado em 13/08/2025).

IPMA. (n.d.). *Normais climatológicas: 1971–2000*. https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/ (consultado em 28/09/2025).

ISDR. (2008). *Climate Change and Disaster Risk Reduction.* United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Disponível em http://www.undrr.org/quick/10958 (consultado em 2/09/2025).

Jornal de Notícias. (2025, 22 de fevereiro). *Braga constrói barreira no rio Cávado para impedir inundações*. Disponível em https://www.jn.pt/pais/artigo/braga-constroi-barreira-no-rio-cavado-para-impedir-inundacoes/17852936 (consultado em 01/10/2025).

Julião, R., Nery, F., Ribeiro, J.L., Branco, M., & Zêzere, J.L. (2009). *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica de base municipal*. Autoridade Nacional de Proteção Civil.

Leal, M. (2019). Cheias e inundações urbanas: tipos, características e danos materiais. In A. Ramos, M. Leal, R. Bergonse, J. Trindade & E. Reis (Eds.), *Água e Território: um tributo a Catarina Ramos* (pp. 131-146). Universidade de Lisboa, Centro de Estudos Geográficos.

Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, Assembleia da República. Disponível em https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/58-2005-469068 (consultado em 30/04/2025).

Lei n.º 54/2005, de 15 de novembro, República Portuguesa. Disponível em https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/54-2005-583983 (consultado em 30/04/2025).

Lopes, H. S., Silva, P. F., Pinto, B. G., Cuevas, P. D., Ribeiro, V., & Remoaldo, P. (2025). Urban heat stress in the context of socioeconomic and environmental challenges: Heat risk analysis and online surveys in northwestern Portugal. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *120*(10538), 105384. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2025.105384

Lopes, H., Remoaldo, P., Ribeiro, V., & Martín-Vide, J. (2023). The Impacts of Climate Change on Human Wellbeing in the Municipality of Porto—An Analysis Based on Remote Sensing. In W. Leal Filho, D.G. Vidal, & M.A..P. Dinis (Eds.), Climate Change and Health Hazards. Climate Change Management. Springer, Cham.

Lopes, H. (2016). *O turismo como alavanca do desenvolvimento de áreas rurais: o caso de estudo do município de Boticas*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Portugal. Disponível em https://hdl.handle.net/1822/47445 (consultado em 12/10/2025).

Matthews, J. (2014). Flood. *Encyclopedia of environmental change, 3*, 411-411. Disponível em https://doi.org/10.4135/9781446247501.n1497 (consultado em 09/07/2025).

McClure, L., & Baker, D. (2018). How do planner deal with barriers to climate change adaptation? A case study in Queensland, Australia. *Landscape and Urban Planning, 173*, 81-88.

McDermott, T. K. J. (2022). Global exposure to flood risk and poverty. *Nature communications*, *13*(1), 3529.

Meneses, B. M., Pereira, S., Reis, E., Reis, R., & Vale, M.J. (2017). *Identificação das forças motrizes das alterações do uso e ocupação do solo em Portugal.* XI Congresso da Geografia Portuguesa: as dimensões e a responsabilidade social da Geografia, (pp. 239-243). Associação Portuguesa de Geógrafos.

Merz, B., Hall, J., Disse, M., & Schumann, A. (2010). Fluvial flood risk management in a changing world. *Natural Hazards and Earth System Sciences, 10*, 509–527.

NAVTEQ. (2017). *Pontos de interesse no município de Braga.* Disponível em https://www.here.com/navteq (acedido em 29/09/2025).

O Minho. (2025). *Braga aprovou criação do Parque Ecológico do rio Este*. Disponível em https://ominho.pt/braga-aprovou-criacao-do-parque-ecologico-do-rio-este/ (consultado em 01/10/2025).

O Minho. (2024). *Braga volta a sofrer com a chuva.* Disponível em https://ominho.pt/braga-volta-a-sofrer-com-a-chuva/ (consultado em 14/08/2025).

O Minho. (2022). *"A água no meu quarto chegou ao metro de altura": Inundações em Braga causam prejuízo de 10 mil euros a família*. Disponível em https://ominho.pt/a-agua-no-meu-quarto-

chegou-ao-metro-de-altura-inundacoes-em-braga-causam-prejuizo-de-10-mil-euros-a-familia/ (consultado em 14/08/2025).

O Minho. (2019). *Parque de estacionamento do Braga Parque inundado*. Disponível em https://ominho.pt/mau-tempo-parque-de-estacionamento-do-braga-parque-inundado/ (consultado em 14/08/2025).

O'Neill, E., Brereton, F., Shahumyan, H., & Clinch, J.P. (2016). The Impact of Perceived Flood Exposure on Flood-Risk Perception: The Role of Distance. *Risk Analysis, 36.*

Património Cultural, I.P. (2024). *Património Cultural Imóvel*. Disponível em https://www.patrimoniocultural.gov.pt/ (acedido em 25/04/2025).

Pedroso, A., Abreu, C., & Danelon, J. (2016). Os riscos de inundação urbana: uma proposta de gestão das águas pluviais nos aglomerados urbanos. In: L. Lourenço (Ed.), *Geografia, cultura e riscos: livro de homenagem ao Prof. Doutor António Pedrosa* (pp. 309-340). Imprensa da Universidade de Coimbra.

Perera, C., & Nakamura, S. (2023). Conceptualizing the effectiveness of flood risk information with a socio-hydrological model: A case study in Lower Kelani River Basin, Sri Lanka. *Frontiers in Water, 5*, 1131997.

Pereira, S.C., Carvalho, D., & Rocha, A. (2021). Temperature and Precipitation Extremes over the Iberian Peninsula under Climate Change Scenarios: A Review. *Climate, 9 (139),*1-16.

Pinheiro, C., & Laranjeira, M. M. (2023). Ilha(s) de calor urbano de superfície em territórios de urbanização difusa: o estudo de caso dos municípios de Braga e de Guimarães (Portugal). *Revista Brasileira De Climatologia*, *32*(19), 61–82.

Pinheiro, C., Laranjeira, M., & Bandeira, M. (2020). Comportamento da temperatura de superfície em Braga e Guimarães no decorrer da onda de calor de julho de 2010. *GOT - Geography and Spatial Planning Journal*.

Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro, República Portuguesa. Disponível em https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/336-2019-125002934 (acedido a 05/03/2025).

Público. (2009, 24 de janeiro). *Mau tempo provoca queda de árvores em Vila Real, Braga, Viana do Castelo e Viseu*. Disponível em https://www.publico.pt/2009/01/24/sociedade/noticia/mau-tempo-provoca-queda-de-arvores-em-vila-real-braga-viana-do-castelo-e-viseu-1357365 (consultado em 27/07/2025).

Ramos, C. (2013). Perigos naturais devidos a causas meteorológicas: o caso das cheias e inundações. *e-LP Engineering and Technology Journal, 4,* 11-16.

Ramos, C. (2009). Dinâmica Fluvial e Ordenamento do Território (Programa de Unidade Curricular do 2º Ciclo). Lisboa: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa.

Record. (2012, 14 de dezembro). *Mau tempo provoca 32 ocorrências em Braga*. Disponível em https://www.record.pt/fora-de-campo/detalhe/mau-tempo-provoca-32-ocorrencias-em-braga-793867 (consultado em 27/07/2025).

Rodrigues, S. P. C. (2017). *Aplicação de metodologias SIG à avaliação da perigosidade de inundação fluvial. O caso da cidade de Tomar (estudos preliminares).* Relatório de estágio, Instituto Politécnico de Tomar, Portugal.

Santos, P., Pereira, S., Zêzere, J., Tavares, A., Reis, E., Garcia, R., & Oliveira, S. (2020). A comprehensive approach to understanding flood risk drivers at the municipal level. Journal of Environmental Management, 260.

Santos, M., Fonseca, A., Fragoso, M., & Santos, J. (2018). Recent and future changes of precipitation extremes in mainland Portugal. *Theor Appl Climatol 137*, 1305–1319.

Santos, P. (2015). *Cheias e inundações: avaliação, impactos e instrumentos para a gestão do risco*. Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Portugal. Disponível em http://hdl.handle.net/10451/22720 (consultado em 12/12/2024).

Schmidt-Thomé, P., Kallio, H., Jarva, J., Tarvainen, T., Greiving, S., Fleischhauer, M., Peltonen, L., Kumpulainen, S., Olfert, A., Bärring, L., Persson, G., Relvão, A. M., Batista, M. J. (2006). *Spatial effects of natural and technological hazards.* ESPON (1.3.1.). Disponível em https://www.espon.eu/programme/projects/espon-2006/thematic-projects/spatial-effects-natural-and-technological-hazards (consultado em 12/12/2024).

Sic Notícias. (2017, 11 de dezembro). *Mais de 2.700 ocorrências devido à tempestade Ana em Portugal Continental*. Disponível em https://sicnoticias.pt/pais/2017-12-11-Mais-de-2.700-ocorrencias-devido-a-tempestade-Ana-em-Portugal-Continental (consultado em 27/07/2025).

Silva, M. F.., Trindade, L. H., & Barbosa, A. P. (2025). A relevância dos planos de contingência na defesa civil de pequenos municípios: estratégias e desafios em cidades com menos de 100 mil habitantes. *ARACÊ* , *7*(7), 36557-36575.

SNIRH. (2025). Dados de base: monitorização. *Agência Portuguesa do Ambiente*. Disponível em https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=2&idItem=1 (consultado em 13/08/2025).

Teles, V., & Cunha, L. (2016). Sociedade e Natureza na determinação de riscos naturais urbanos: Vulnerabilidade a inundações no município de Braga. *Conferência Internacional de Riscos Urbanos*. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/304999137_Sociedade_e_Natureza_na_determinacao_de_riscos_naturais_urbanos_Vulnerabilidade_a_inundacoes_no_municipio_de_Braga_Society_and_Nature_in_determining_urban_natural_risks_Vulnerability_to_floods_in_the_ (consultado em 18/10/2025).

Teles, V. (2010). *A (In)Consciência dos Riscos Naturais em Meio Urbano. Estudo de caso: o risco de inundação no concelho de Braga*. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, Portugal. Disponível em https://hdl.handle.net/1822/13999 (consultado em 29/08/2025).

UN (United Nations). (2025). *Glossary – Flood*. United Nations Indonesia. Disponível em https://www.unspider.org/flood (consultado em 28/09/2025).

UN (United Nations). (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction*. Disponível em https://www.undrr.org/implementing-sendai-framework/what-sendai-framework (consultado em 19/05/2025).

Wilby, R. L., & Keenan, R. (2012). Adapting to flood risk under climate change. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment, 36*, 348–378. Disponível em https://doi.org/10.1177/0309133312438908 (consultado em 18/04/2025).

Zandvoort, M. *et al.* (2017). Adaptation pathways in planning for uncertain climate change: Applications in Portugal, the Czech Republic and the Netherlands. *Environmental Science and Policy, 78,* 18-26.

Zêzere, J.L. (2005). Dinâmica de vertentes e Riscos geomorfológicos - Programa. Relatório nº 14, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa.

Zhu, X., Dai, Q., Han, D., Zhuo, L., Zhu, S., & Zhang, S. (2019). Modeling the high-resolution dynamic exposure to flooding in a city region. *Hydrology and Earth System Sciences, 23*, 3353–3372. Disponível em https://doi.org/10.5194/hess-23-3353-2019 (consultado em 02/09/2025).