

Universidade de Lisboa
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**VULNERABILIDADE SOCIAL À SUBIDA DO NÍVEL DO MAR NA
ORLA COSTEIRA DE PORTUGAL CONTINENTAL**

Samuel Filipe Cintra Pinheiro

Mestrado em SIG e Modelação Territorial Aplicados ao Ordenamento

Dissertação orientada pelo Doutor Pedro Manuel Pinto dos Santos e
pelo Doutor Jorge Manuel do Rosário Trindade

2026

**VULNERABILIDADE SOCIAL À SUBIDA DO NÍVEL DO MAR NA ORLA
COSTEIRA DE PORTUGAL CONTINENTAL**

Samuel Filipe Cintra Pinheiro

Mestrado em SIG e Modelação Territorial Aplicados ao Ordenamento

Dissertação orientada pelo Doutor Pedro Manuel Pinto dos Santos e
pelo Doutor Jorge Manuel do Rosário Trindade

Júri:

Presidente: Doutor Nuno Manuel Sessarego Marques da Costa, Professor Associado do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa

Vogais:

- Doutora Raquel Susana dos Reis Alcântara de Melo, Professora Auxiliar do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa
- Doutora Ana Maria Almeida Nobre Silva, Professora Auxiliar do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa
- Doutor José Leandro Azevedo de Almeida Barros, Professor Auxiliar Convidado do Instituto Superior de Ciências da Informação e da Administração

Declaração de Autoria

Eu Samuel Filipe Cintra Pinheiro, declaro que a presente dissertação de mestrado intitulada Vulnerabilidade social à subida do nível do mar na orla costeira de Portugal continental, é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas na bibliografia ou outras listagens de fontes documentais, tal como todas as citações diretas ou indiretas têm devida indicação ao longo do trabalho segundo as normas académicas.

Esta dissertação de mestrado foi realizada no âmbito do projeto HighWaters – Avaliação de cenários de exposição e vulnerabilidade social à subida do nível do mar para o uso sustentável do território (EXPL/GESAMB/1246/2021), financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., e que no quadro do projeto RISKCOAST é financiado pelo Programa Interreg Sudoeste (SOE3/P4/E0868).

RESUMO

A subida do nível médio do mar, tanto atual como futura, constitui uma ameaça crescente para as zonas costeiras e para as comunidades que nelas residem, colocando em risco áreas sensíveis do ponto de vista natural e urbano. Nas metodologias de avaliação de risco face a perigos naturais, a vulnerabilidade social é frequentemente desvalorizada ou abordada de forma genérica, atribuindo-se muitas vezes o mesmo nível de vulnerabilidade a toda a população exposta. Este estudo desenvolve um índice de vulnerabilidade social à subida do nível médio do mar para Portugal continental, com base nos Censos de 2021, permitindo uma análise atualizada das condições socioeconómicas e demográficas da população potencialmente afetada. A análise foi realizada ao nível da subsecção estatística, numa faixa de 1 km a partir da linha de costa, abrangendo 52 municípios. Os dados foram normalizados através do método Z-Score e tratados com recurso à Análise de Componentes Principais, resultando na identificação de componentes interpretadas com base nas variáveis agregadas. A vulnerabilidade foi avaliada a partir de duas dimensões: criticidade (características individuais da população) e capacidade de suporte (presença de infraestruturas e equipamentos que reforçam a resiliência das comunidades). Os resultados revelam contrastes significativos entre zonas densamente povoadas e áreas com menor densidade populacional, permitindo identificar territórios onde a população poderá ter mais dificuldade em reagir e adaptar-se aos impactos da subida do nível médio do mar. O cruzamento desta informação com os dados de exposição permite obter uma avaliação mais precisa do risco, essencial para o ordenamento do território e para a definição de estratégias de proteção civil, contribuindo para uma melhor adaptação às alterações climáticas, tanto no presente como no médio e longo prazo.

Palavras-chaves: Alterações climáticas; Distância Tempo; Subida do Nível Médio do Mar; Vulnerabilidade Social.

ABSTRACT

The current and projected rise in mean sea level poses a growing threat to coastal areas and their resident communities, endangering both natural and urban environments. Within natural hazard risk assessment methodologies, social vulnerability is often overlooked or inadequately addressed, commonly assuming uniform vulnerability across populations. This study develops a social vulnerability index to MSL rise in mainland Portugal, using data from the 2021 Census to provide an updated analysis of the socio-economic and demographic conditions of the exposed population. The analysis was conducted at a local scale, using statistical subsections intersecting a 1 km coastal buffer zone, covering 52 municipalities and encompassing both currently and potentially exposed populations. Data were standardised using Z-Score normalisation, followed by Principal Component Analysis, which identified key components interpreted based on the clustering of variables. Social vulnerability was assessed through two main dimensions: criticality—reflecting individual population characteristics—and support capacity—reflecting the presence of public and private infrastructure and community facilities. These elements contribute to a community's ability to mitigate or recover from hazardous events. Marked contrasts were observed between densely populated and sparsely populated areas in terms of both criticality and support capacity. The results allowed for the identification of critical areas where populations are more likely to face difficulties in responding to and adapting to the impacts of rising sea levels. By combining social vulnerability with hazard exposure data, the study provides a more integrated risk assessment. This index serves as a valuable tool for spatial planning and civil protection, supporting more informed decision-making for climate adaptation strategies in the short, medium, and long term.

Keywords: Climate change; Time distance; Sea Level Rise; Social vulnerability.

AGRADECIMENTOS

Chegando ao fim de mais uma etapa, surge um momento de reflexão. Em primeiro lugar, um agradecimento à minha família, em especial, à minha mãe, Carolina, e irmã, Olímpia, que de perto ou longe têm acompanhado o meu percurso e que me incentivam a seguir o meu caminho. Um caminho construtivo, mas que contribuiu para que as visitas fossem sempre menos do que aquelas que eu desejava.

Em segundo, um agradecimento especial aos meus orientadores, Professor Pedro Pinto Santos e Professor Jorge Trindade, que sem os seus conselhos e motivação, esta dissertação não seria possível.

A todos os colegas e professores que se cruzaram comigo ao longo destes anos no IGOT e que contribuíram para os bons momentos vividos, conhecimentos adquiridos e para a conclusão desta dissertação. Nomeadamente, os geo-colegas da Sala de Projetos e GEOMODLAB.

À Ana, que me acompanhou desde o início, contribuindo para que este trabalho que por si, um pouco solitário, fosse mais leve.

Ao Alexandre, presente desde o primeiro ano académico e que com o seu apoio, este percurso foi mais fácil.

Aos camaradas e colegas do Instituto Hidrográfico pelas palavras de incentivo.

Ao grupo de investigação RISKam pela disponibilização de boas condições de trabalho.

A quem já não está entre nós, mas que está presente em mente e na pessoa que hoje sou.

O meu muito obrigado a todos!

ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	21
1. ESTADO DA ARTE	23
1.1. SUBIDA DO NÍVEL DO MAR	23
1.1.1. INTRODUÇÃO À SUBIDA DO NÍVEL DO MAR.....	23
1.1.2. CAUSAS DA ATUAL SUBIDA DO NÍVEL DO MAR.....	27
1.1.2. CENÁRIOS SHARED SOCIO-ECONOMIC PATHWAY	28
1.1.3. PROJEÇÕES DO NÍVEL DO MAR.....	30
1.1.2. ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO NO LITORAL.....	31
1.2. ELEMENTOS DO RISCO A PERIGOS NATURAIS.....	34
1.3. VULNERABILIDADE SOCIAL	36
2. DADOS E MÉTODOS.....	52
2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	52
2.2. METODOLOGIA.....	55
2.2.1. FONTE E RECOLHA DE DADOS.....	57
2.2.2. CAPACIDADE DE SUPORTE	59
2.2.3. CRITICIDADE.....	62
2.2.4. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIAL.....	64
2.2.5. RESIDENTES EXPOSTOS E RESPECTIVA VULNERABILIDADE SOCIAL 66	
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
3.1. CAPACIDADE DE SUPORTE	66
3.1.1. CP1 – PROTEÇÃO CIVIL E RECURSOS DE CONTINGÊNCIA.....	68
3.1.2. CP2 - ALOJAMENTO TEMPORÁRIO E COBERTURA DE SALVAMENTO MARÍTIMO.....	69
3.1.3. MODELO FINAL DE CAPACIDADE DE SUPORTE	71
3.2. CRITICIDADE	73
3.2.1. CP1 - IDADE E CONTEXTO URBANO ANTIGO	74
3.2.2. CP2 - ALOJAMENTOS SOBRELOTADOS.....	75
3.2.3. CP3 - DESEMPREGO	77
3.2.4. CP4 - CONDIÇÃO SOCIOECONÓMICA	78
3.2.5. CP5 - MOBILIDADE	80
3.2.6. CP6 - GRUPOS SOCIAIS DE RISCO.....	81
3.2.7. CP7 - CONDIÇÕES DE ALOJAMENTO	83
3.2.8. CP8 - MULHERES E POPULAÇÃO ESTRANGEIRA EM EMPREGOS NÃO QUALIFICADOS	84
3.2.9. MODELO FINAL DE CRITICIDADE.....	86
3.3. VULNERABILIDADE SOCIAL	88

3.3.2. PROJEÇÃO DA POPULAÇÃO EXPOSTA À SNMM	91
4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	94
4.1. APRECIÇÃO GEOGRÁFICA DOS RESULTADOS FACE A AVALIAÇÕES EXISTENTES.....	94
4.2. LIMITAÇÕES DOS DADOS E DA METODOLOGIA	95
4.3. APLICABILIDADE DOS PADRÕES IDENTIFICADOS	95
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	97
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
7. ANEXOS.....	106

Índice de Figuras

Figura 1 - Fatores relevantes para o NMM global.	22
Figura 2 – Reconstituição da Temperatura Média Global e concertação de CO2 para os últimos 100 Ma. As barras azuis contínuas indicam a existência de mantos de gelo sólidos enquanto a linha intermitente indica mantos de gelo intermitentes. Adaptado de Tierney et. (2020)	23
Figura 3 – Primeira proposta de variação do nível médio relativo do mar, em Portugal continental, desde o último máximo glaciário. Retirado de: Dias et al. (1997).	25
Figura 4 – Série de médias mensais do NMM de 1882 a 2017 registada pelo marégrafo de Cascais, interrompida por falhas de dados. Média móvel de 10 anos sobreposta (linha azul). Adaptado de: Antunes, 2019.	26
Figura 5 - Cenários SSP e classes RCP com respetivo forçamento energético em 2100. Adaptado de: Chen et al., 2021.	28
Figura 6 - Projeções da subida do nível médio do mar com base nos cenários SSP. À direita, a linha sombreada que dá continuação ao intervalo provável, representam o intervalo de percentis 5º-95º que incluem processos de baixa confiança, para as projeções dos cenários SSP1-2.6 e SSP5-8.5. Adaptado de: Fox-Kemper et al., 2021.	29
Figura 7 - Abordagens adaptativas à SNMM. Adaptado de Hauer et al., 2020.	31
Figura 8 - Representação conceptual da evolução do grau de Vulnerabilidade Social.	39
Figura 9 - População residente à data dos censos de 2021 por subsecção estatística.	53
Figura 10 - Esquema metodológico.	55
Figura 11 – Representação espacial da distância tempo para a variável Centros de Saúde.	60
Figura 12 - Representação espacial da distância tempo para a variável Bombeiros. ..	60
Figura 13 - Fórmula do Z-Score.	63
Figura 14 - Soma das CP para um determinado parâmetro (criticidade ou capacidade suporte).	64
Figura 15 - Normalização dos valores entre 0 e 1.	64
Figura 16 – Índice de Vulnerabilidade Social.	65
Figura 17 – Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP1 da CS.	67
Figura 18 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP1 da CS.	68

Figura 19 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP2 da CS, 2021.	69
Figura 20 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP2 da CS, 2021.	70
Figura 21 – Capacidade de suporte em 2021 e respetivas classes.	71
Figura 22 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CS.	72
Figura 23 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP1 da CRIT.	73
Figura 24 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP1 da CRIT, 2021.	74
Figura 25 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP2 da CRIT.	75
Figura 26 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP2 da CRIT, 2021.	75
Figura 27 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP3 da CRIT, 2021.	76
Figura 28 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP3 da CRIT.	77
Figura 29 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP4 da CRIT.	78
Figura 30 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP4 da criticidade, 2021.	78
Figura 31 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP5 da criticidade.	79
Figura 32 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP5 da CRIT, 2021.	80
Figura 33 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP6 da CRIT.	81
Figura 34 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP6 da CRIT, 2021.	81
Figura 35 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP7 da CRIT.	82
Figura 36 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP7 da CRIT, 2021.	83
Figura 37 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP8 da CRIT.	84

Figura 38 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP8 da CRIT, 2021.....	85
Figura 39 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CRIT, 2021.	86
Figura 40 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CRIT, 2021.	86
Figura 41 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe de Vulnerabilidade Social.	87
Figura 42 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da VS, 2021.....	88
Figura 43 - Média dos scores das subsecções de cada concelho.....	89
Figura 44 - População exposta à SNMM em 2040, por concelho, segundo o cenário SSP5-8.5	91
Figura 45 - População exposta à SNMM em 2100, por concelho, segundo o cenário SSP5-8.5.....	92

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Evolução das subsecções estatísticas pelos Censos que intercetam a área de estudo.....	55
Tabela 2 - População residente nos 52 municípios em estudo, por Censo.	55
Tabela 3 - Caracterização dos dados de base.	57
Tabela 4 - Variáveis sociodemográficas iniciais do modelo de criticidade.	58
Tabela 5 - Metodologia aplicada para os elementos da capacidade de suporte.....	60
Tabela 6 - Normalização aplicada nas restantes variáveis do modelo de criticidade...	63
Tabela 7 - Componentes Principais e respetivas variáveis explicativas da Capacidade de Suporte.	67
Tabela 8 - Componentes Principais e respetivas variáveis explicativas da CRIT.	73
Tabela 9 - Residentes expostos por cenário.	91

SIGLAS E ACRÓNIMOS

ANPC - Autoridade Nacional de Proteção Civil

BGRI - Base Geográfica de Referenciação de Informação

CP – Componente Principal

CRIT – Criticidade

CS – Capacidade de Suporte

ESV - Estações Salva-Vidas

GEE - Gases com efeito de estufa

GNR - Guarda Nacional Republicana

INE - Instituto Nacional de Estatística

NMM - Nível médio do mar

NUTS - Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

POC - Programas da Orla Costeira

SNMM - Subida do nível médio do mar

UMG - Último máximo glaciário

VS – Vulnerabilidade Social

INTRODUÇÃO

A orla costeira é um importante sistema de recursos naturais, que proporciona terrenos de declives suaves, alimento e recursos para as atividades humanas desde os primórdios da civilização. No passado, as variações do nível médio do mar (NMM) foram um fator significativo para a evolução das culturas, bem como para a dispersão e assentamento das civilizações. Atualmente, o litoral é uma zona economicamente essencial para os países costeiros, em que se localizam uma grande quantidade de atividades sociais e económicas (Nguyen et al., 2016). Nas últimas duas décadas observou-se um reforço da litoralização da população em Portugal continental (INE, 2023), em especial, nas áreas metropolitanas, mas também onde se incluem outras cidades litorais de estuário, como Aveiro, Setúbal e Faro. Fenómeno este que se testemunha desde a década de 1960, e que se acentuou a partir de 1974, sob o efeito da migração interna - êxodo rural - do campo para a cidade, a par da emigração que também teve um papel de relevo no envelhecimento populacional português (Ferreira et al., 2008; Rodrigues, 2022).

A tendência do NMM, como se verifica desde o séc. XX por registos de marégrafos em Portugal e no mundo, é de aumento (Antunes, 2016), ameaçando seriamente a viabilidade das comunidades costeiras como atualmente se constata, sendo que cerca de 10% da população mundial, 900 milhões de pessoas, vivem em zonas costeiras de baixa altitude (McGranahan et al., 2007; Reimann, et al., 2023). Devido ao comportamento da água e do calor que os próprios oceanos têm absorvido, a expansão térmica dos mesmos por si só é apontada como um processo que contribui para a subida do nível médio do mar (SNMM), mesmo que os fatores climáticos estabilizem (Nicholls et al., 2007). Num futuro com elevadas emissões de gases com efeito de estufa (GEE), esta subida poderá ultrapassar 1 m no final do presente século (Fox-Kemper et al., 2021). Contudo, a projeção da SNMM através de modelos determinísticos continua a ser um desafio com grande incerteza, principalmente devido às incógnitas em torno da estabilidade e comportamento das massas de gelo polares. Não obstante, as estratégias de adaptação requerem a quantificação das incertezas sobre a SNMM, em especial, para cenários mais pessimistas (Bamber et al., 2019).

Na sequência das projeções de SNMM, existe um conflito a longo prazo com os atuais padrões de desenvolvimento humano e tendência de migração para o litoral. As sociedades terão de conviver em condições ambientais cada vez mais adversas, por consequência, devem aumentar a resiliência por meio da diminuição das vulnerabilidades aos perigos naturais, cada vez mais intensos e frequentes num planeta que aquece a um ritmo preocupante (Birkmann et al., 2013, Hauer et al., 2020). As

exposições potenciais das comunidades costeiras, com base nas condições socioeconómicas atuais, são capazes de identificar a existência e o aumento duma exposição significativa tanto a nível regional como global (McGranahan et., 2007). Contudo, diversas avaliações de riscos a perigos, são muitas vezes direcionadas e quantificadas para perdas de bens/valores, infraestruturas, indústria, agricultura, etc. Considerando-se estes, impactos diretos dos perigos, no entanto negligentes pois ignoram a componente social, excluindo as fragilidades das comunidades expostas (Coninx e Bachus, 2007; Cutter et al., 2013).

As metodologias de avaliação da vulnerabilidade, tal como amplamente sugeridas pelo Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas (IPCC) desde o seu relatório inicial de metodologia comum em 1991, devem ter em conta tanto os aspetos biofísicos como os sociais, e a sua interação mútua, para estabelecer adequadamente políticas de adaptação relevantes para o desenvolvimento sustentável (Nguyen et al., 2016).

Assim, para responder a esta lacuna foi criado um Índice de Vulnerabilidade Social (VS) representado espacialmente num Sistema de Informação Geográfica (SIG), também utilizado para a sua elaboração a par de um software de gestão e análise de dados. A recolha e o tratamento de dados estatísticos constituem uma dimensão metodológica essencial de todo o processo do trabalho, garantindo a robustez analítica dos resultados. Ao mesmo tempo, a representação cartográfica dos resultados é uma ferramenta fundamental para a expressão espacial, permitindo a materialização e a interpretação do suporte territorial subjacente ao estudo.

O objetivo principal desta dissertação é avaliar e cartografar a VS atual à subida do nível do mar, sendo que os passos para a alcançar, passam por:

- Quantificar a exposição potencial para 2040, 2070 e 2100 a partir de cenários atuais (2021) de suscetibilidade ou perigosidade, produzidos no âmbito do projeto HighWaters;
- Avaliação da componente de criticidade da VS, recorrendo no essencial à informação da BGRI de 2021;
- Avaliação da componente de capacidade de suporte da VS a partir da criação de um inventário de variáveis territoriais;
- Melhorar a robustez e representação geográfica das variáveis em que se baseia a avaliação da VS recorrendo às ferramentas SIG.

Após esta introdução, o presente trabalho estrutura-se em cinco capítulos. O primeiro apresenta o estado da arte da SNMM, Vulnerabilidade Social e componentes

constituintes. Neste capítulo também são explorados temas como o risco associado às inundações. O segundo capítulo apresenta a caracterização da área de estudo, os dados e métodos utilizados. É identificado o fluxo de trabalho, a aquisição de dados e o seu tratamento, validação e posterior aplicação para obtenção de estatística espacial, exposição potencial e cartografia temática. O terceiro capítulo separa os resultados obtidos, não só a VS da área em estudo como isolando as suas componentes, obtendo-se por fim, a avaliação da exposição potencial. O quinto e último capítulo sintetiza o trabalho efetuado, com ênfase nos seus principais contributos científicos.

1. ESTADO DA ARTE

1.1. SUBIDA DO NÍVEL DO MAR

1.1.1. INTRODUÇÃO À SUBIDA DO NÍVEL DO MAR

O conceito NMM está associado a uma escala temporal (dia, mês, década ou século) em que se observam determinadas variações em relação a uma determinada referência altimétrica, obtida por uma série de observações maregráficas de duração variável, de preferência igual ou superior a 19 anos. No caso de Portugal, o nível médio do mar foi determinado com base nos registos do antigo marégrafo de Cascais, entre 1882 e 1938 (56 anos) pela média das médias anuais dos mesmos, definindo o Datum Altimétrico Nacional de 1938 (Rocha, 2016).

A nível global o NMM (Figura 1) depende de 3 fatores: (I) Do volume total de água presente nas bacias oceânicas; (II) da temperatura da água a diferentes profundidades (a qual influencia a densidade e o volume) e (III) da forma batimétrica das bacias oceânicas. Qualquer uma destas por si só, induz à variação do nível médio do mar, e por regra, lenta à escala humana.

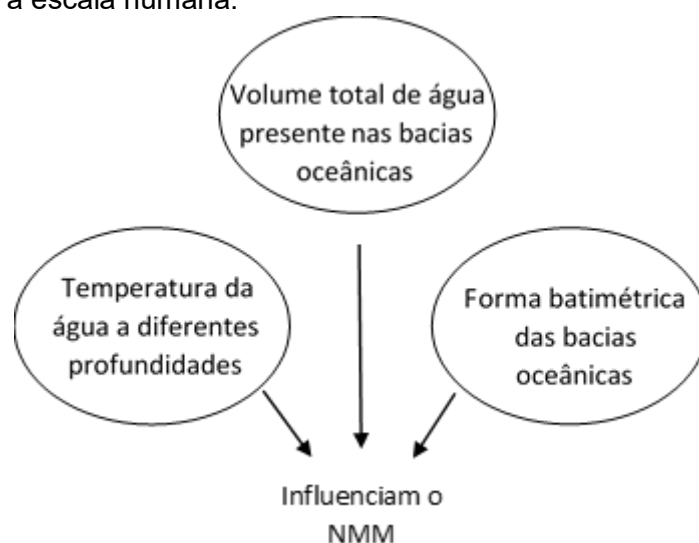


Figura 1 - Fatores relevantes para o NMM global.

Para além destes fatores, os níveis médios relativos de litorais geograficamente próximos podem apresentar comportamentos distintos, evoluindo mesmo em sentidos opostos. Isto deve-se ao efeito combinado das variações eustáticas com os movimentos da crosta terrestre, associados a fenómenos de compensação isostática (Titus, 1986; Dias e Taborda, 1988).

Temos que, ao longo da história do globo, a variação do nível do mar tem sido significativa, influenciada por diversos fatores climáticos e geológicos. No que toca à evolução do clima ao longo dos últimos 100 milhões de anos (Ma), através de registos paleoclimáticos verificou-se uma variabilidade notória, com a transição de um planeta sem presença de gelo e de temperaturas excecionalmente quentes (-92 Ma) para épocas glaciais frias (Figura 2), em que calotes de gelo cobriam um quarto da superfície terrestre no último máximo glaciário (UMG), há 21 mil anos (Tierney et al., 2020).

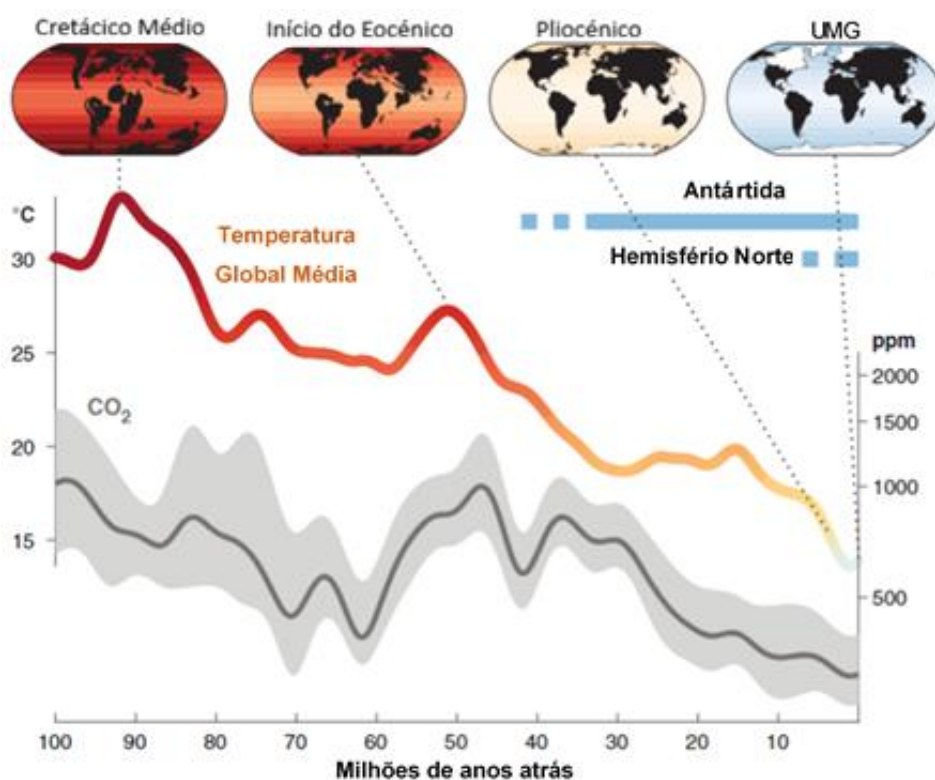


Figura 2 – Reconstituição da Temperatura Média Global e concertação de CO₂ para os últimos 100 Ma. As barras azuis contínuas indicam a existência de mantos de gelo sólidos enquanto a linha intermitente indica mantos de gelo intermitentes. Adaptado de Tierney et al. (2020).

Como auxílio para um melhor entendimento da alteração do NMM em tendências de aquecimento climático, foi determinada a reconstrução do nível médio global do mar durante o período quente do Pliocénico médio (~ 3 Ma), de concentrações de CO₂

semelhante à atualidade, 400 ppm, e de temperaturas superiores ao período anterior à revolução industrial, com uma subida de cerca de 6 a 17 m em comparação ao nível global atual, um valor de grande incerteza devido à dinâmica da litosfera nestes casos de escala temporal longa, período em que evidências sugerem que os mantos de gelo eram de dimensões inferiores em relação à atualidade (Dutton et al., 2015; Tierney et al., 2020). Como um dos elementos de grande impacto para o NMM, vários estudos interdisciplinares evidenciam que os mantos de gelo polares são muito sensíveis à perda de massa nos períodos em que a Terra esteve mais quente provocando a SNMM, em períodos de maior radiação solar e de subida das temperaturas nos polos acompanhadas de um aumento semelhante ou superior dos GEE. Na sequência do degelo em períodos interglaciares, já numa época seguinte mais recente, o Pleistocénico, a contabilização dos movimentos isostáticos glaciares foi tida em conta para conciliar a variabilidade espacial do nível do mar no artigo de Dutton et al. (2015), onde identificam o nível médio global de 6 a 13 m (424 a 395 ka) e de 6 a 9 m (129 a 116 ka) acima do atual, contudo, a época com maior abundância e robustez de reconstruções do NMM, é o Holocénico, a atual época com início à 11,7 ka. Nos seus inícios, o NMM global estava ~60 m abaixo do atual, derivado à maior cobertura e volume dos mantos de gelo, tendo o nível do mar subido ~15 mm/ano de 11,4 a 8,2 ka e ~1 mm/ano de então em diante até ao início da revolução industrial.

Dias et al. (1997) sintetizaram o conhecimento sobre a evolução da plataforma continental portuguesa onde identificam a primeira proposta de curva de variação do nível médio relativo do mar em relação a Portugal continental, desde o UMG até à atualidade (à data de 1987), por meio de corpos sedimentares e aos elementos morfológicos reconhecidos na plataforma continental. Nomeadamente, à 18 000 anos, no decurso do UMG, o nível do mar encontrar-se-ia entre as cotas de -120m a -140m em relação ao nível do mar atual. Como se observa na Figura 3, a tendência foi de subida com oscilações relevantes, quer em aceleração de subida quer na inversão da tendência, aquando do período de -11 000 a -10 000 com a descida rápida do nível do mar em 20 m.

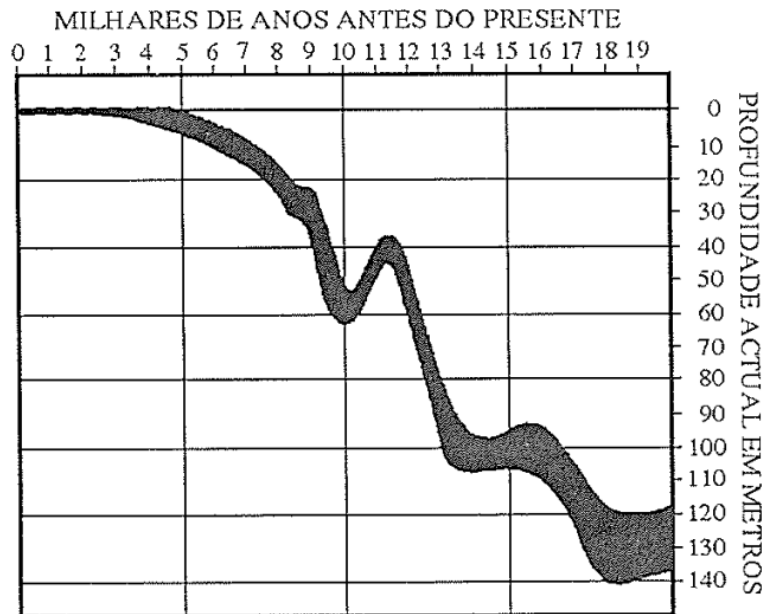


Figura 3 – Primeira proposta de variação do nível médio relativo do mar, em Portugal continental, desde o último máximo glaciário. Retirado de: Dias et al. (1997).

O esquema anteriormente estabelecido, apesar de inicialmente concebido para a plataforma norte de Portugal, demonstrou ser aplicável a toda a extensão do continente, graças a estudos adicionais em outros setores da plataforma portuguesa. O conhecimento sobre as variações históricas do nível do mar em Portugal é bastante limitado, existindo apenas algumas hipóteses preliminares. Em contraste, as variações do nível do mar ao longo do século XX são bem documentadas, principalmente através das séries maregráficas, com dados que se estendem por mais de um século em Cascais. Estas séries têm sido amplamente estudadas por diversos autores (Dias e Taborda, 1988,1992; Antunes, 2016; Picoto, 2022). De 1882 a 1920, em Cascais, o nível médio do mar terá descido a um ritmo de $0,5 \pm 0,4$ mm/ano potencialmente relacionado com o final da última pequena oscilação climática denominada “Pequena Idade do Gelo” que terminou no final do século XIX (Dias e Taborda,1988). De 1920 a 2000, observou-se uma subida consistente de $1,6 \pm 0,02$ mm/ano (Figura 4), atribuída ao efeito eustático e correlacionada com a expansão térmica do oceano, pela comparação com a evolução da temperatura média à superfície no Atlântico Norte (Dias e Taborda,1988; Antunes, 2019). Em posteriores análises do NMM, constata-se a existência de tendências constantes de subida, diferentes a nível regional, o marégrafo de Cascais registou um aumento da taxa para $2,1$ mm/ano no princípio do séc. XXI (Antunes, 2019), Viana do Castelo apresentou uma tendência de $1,97$ mm/ano (1984 a 2015), sendo o marégrafo de Sines a registar o maior aumento, nomeadamente $4,67 \pm 0,71$ mm/ano, para o período

de 1997 a 2020 (Picoto, 2022; Picoto et al., 2022a). Contudo, outras taxas podem ser estimadas por métodos estatísticos e períodos de análise diferentes (Antunes, 2019).

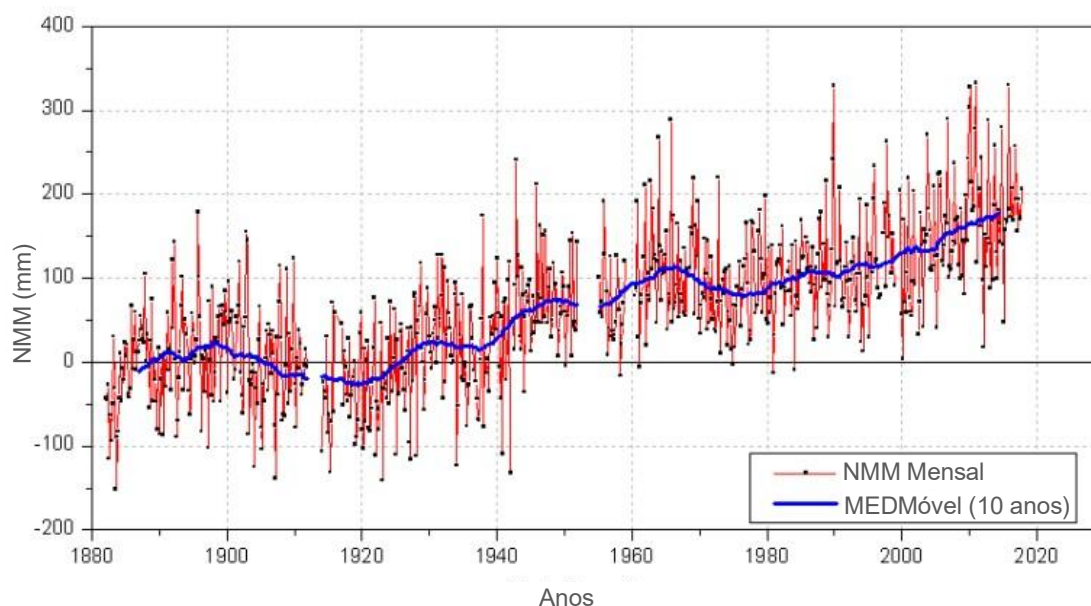


Figura 4 – Série de médias mensais do NMM de 1882 a 2017 registada pelo marégrafo de Cascais, interrompida por falhas de dados. Média móvel de 10 anos sobreposta (linha azul). Adaptado de: Antunes, 2019.

Entretanto, as alterações climáticas das últimas décadas têm modificado profundamente o cenário e a rapidez das mudanças. Saia et al. (2020) prevêem mudanças nos fluxos dos rios devido às alterações climáticas e, quanto à SNMM, Hauer (2020) descrevem-na como uma das consequências mais agravadas pelos impactos antropogénicos.

O trabalho de Neumann et al. (2015) revela que as populações locais serão afetadas a nível regional e global pela subida do nível do mar, com estimativas preocupantes entre 2030 e 2060.

1.1.2. CAUSAS DA ATUAL SUBIDA DO NÍVEL DO MAR

De acordo com o Capítulo 9 do sexto Relatório de Avaliação das Alterações Climáticas (RAAC) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), integrado na Organização das Nações Unidas (ONU), para a avaliação da ciência relacionada com as alterações climáticas, determinou-se que o aumento da emissão de GEE desde o séc. XIX provocou a absorção exponencial de energia pelo sistema Terra. Esta acumulação de energia é diretamente responsável pelos registos de alteração do

nível do mar, traduzindo-se pela perda de massas de gelo localizadas em terra e o efeito da expansão térmica associada ao aquecimento dos oceanos. De acordo com as somas das componentes que individualmente influenciam a alteração da média do nível do mar, comparadas através de observações independentes de marégrafos e de altimetria por satélite, determinou-se que estas contribuíram para o aumento do nível médio do mar entre 72 e 117 mm, no período de 1971-2018. O maior contributo foi dado pela expansão térmica do oceano (50%) e logo de seguida, pela diminuição do volume dos mantos de gelo e glaciares (42%) (Fox-Kemper et al., 2021). Os componentes mencionados, de maior impacto para a SNMM, estão na linha de observação de autores como Dias e Taborda (1988), Dutton et al. (2015), Antunes (2019) e Tierney et al. (2020).

Hauer et al. (2020) identificam que diferentes estudos projetam o aumento do NMM até 2,5 metros pelo final do século XXI, tornando a adaptação e a resiliência costeira, questões centrais para governos e comunidades do mundo. Entre os impactos mais significativos apontados, estão: - as inundações costeiras, que ameaçam regiões litorais e forçam o realojamento de pessoas, - a erosão costeira, que acelera a erosão de praias e dunas, prejudicando habitats naturais e impactando a economia do turismo, - a salinização de reservas de água doce, comprometendo fontes de água potável e terras agrícolas, - a ameaça a infraestruturas urbanas, onde edificações, estradas e redes elétricas podem ser danificadas por inundações e eventos climáticos extremos mais intensos, - o deslocamento de populações, onde milhões de pessoas podem tornar-se deslocados climáticos, forçadas a abandonar as suas habitações.

1.1.2. CENÁRIOS SHARED SOCIO-ECONOMIC PATHWAY

Os cenários como projeções dos níveis de aquecimento global, têm como base, um conjunto conciso de fatores socioeconómicos, incluindo demografia, processos económicos, inovações tecnológicas, políticas, estilos de vida e as relações entre estes, traduzindo-se em suposições sobre futuros desenvolvimentos, ações e consequências que servem de objetos de estudo para os investigadores avaliarem os impactos de cada nível no planeta. Ao contrário das predições, estes consideram a complexidade das interações entre sistemas e não representam um único conjunto de consequências. Podem também ser apenas definidos por fatores geofísicos, tais como emissões e concentrações de GEE, Aerossóis e precursores destes ou ainda padrões de utilização dos solos (Moss et al., 2010; Chen et al., 2021).

O sexto RAAC do IPCC, também recorre à abordagem das “histórias”, que contribuem para a construção de um quadro sólido e abrangente da informação climática, permite uma consideração e comunicação mais flexível do risco e pode abordar explicitamente resultados de baixa probabilidade e elevado impacto (Chen et al., 2021). Inicialmente o termo *Shared Socio-economic Pathway* (SSP) descrevia cinco famílias narrativas de futuros desenvolvimentos socioeconómicos, atualmente, tem uma conotação mais direta com os cenários de emissão e concentração de GEE, que resultam da combinação dos fatores socioeconómicos com pressupostos de atenuação das alterações climáticas (O’Neil et al., 2014; Chen et al., 2021). Os SSP (Figura 5) definem-se por “sustentabilidade” (SSP1), um “percurso a meio caminho do objetivo” (SSP2), “rivalidade regional” (SSP3), “desigualdades” (SSP4) e desenvolvimento intensivo com base em “combustíveis fósseis” (SSP5). A cada SSP está associado um modelo de avaliação integrada pela modelação de emissão de GEE, Aerossóis e padrões temporais de utilização do solo, designado como *Representative Concentration Pathway* (RCP), de 1.9 a 8.5. No pior cenário: SSP5-8.5, supõe-se um nível de forçamento energético de 8.5 W/m² em 2100, sendo uma imensa parte da energia recebida pelo sistema Terra absorvida, contribuindo para que pelo menos 98% da superfície do oceano aqueça, já sob o cenário SSP1-2.6 prevê-se o valor de pelo menos 83% (Chen et al., 2021; Fox-Kemper et al., 2021).

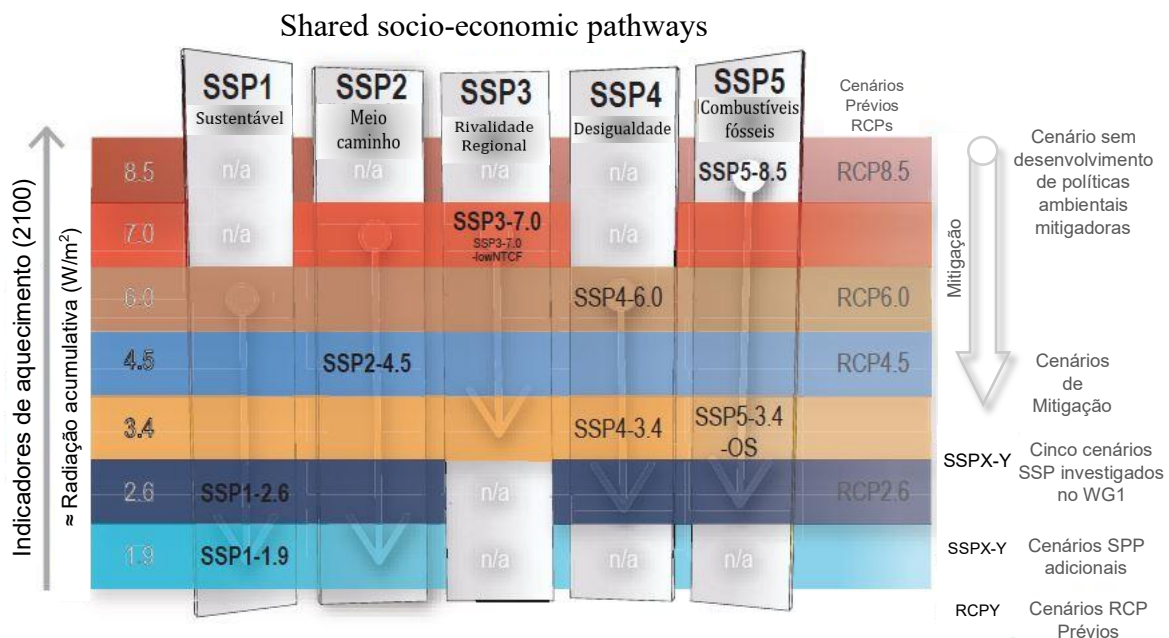


Figura 5 - Cenários SSP e classes RCP com respetivo forçamento energético em 2100. Adaptado de: Chen et al., 2021.

1.1.3. PROJEÇÕES DO NÍVEL DO MAR

Como não existe um modelo capaz de integrar todos os contributos para a modelação da SNMM, no sexto RAAC do IPCC as componentes foram calculadas individualmente e combinadas por fim, existindo um grau de incerteza associado. As maiores incertezas quanto à futura alteração do nível do mar estão relacionadas com os mantos de gelo da Gronelândia e da Antártica, com grandes limitações do seu contributo para os modelos preditivos (Bamber et al., 2019; Fox-Kemper et al., 2021). Para 2050, a soma das componentes é de elevado consenso científico e pouca dependência dos cenários (Figura 6), com provável (pelo menos 66% de certeza) SNMM entre 0,16 - 0,25 (mediana de 0,19) m sob o SSP1-2.6 e 0,20 – 0,30 (mediana de 0,23) m sob o SSP5-8.5, em relação ao período de referência de 1995 a 2014. Na Figura 6, visualizam-se cinco projeções da subida do nível do mar até 2150, de acordo com os cenários SSP, existindo um aumento exponencial da incerteza das projeções a partir de 2100. As linhas contínuas representam as medianas dos cenários, enquanto os sombreados correspondentes indicam os valores prováveis de confiança média (Chen et al., 2021; Fox-Kemper et al., 2021). Observa-se também a extrapolação obtida pela média e aceleração da altimetria determinada por satélites, com respetivo intervalo, semelhante às projeções. Aos resultados de confiança média foram adicionados os percentis 83º e 95º do SSP5-8.5, obtidos por processos com pouco consenso e evidência, mas que são passíveis de ocorrer. Em contrapartida aos intervalos definidos como prováveis, existe a possibilidade de até 34% das projeções que utilizam a mesma metodologia, apresentarem futuras observações fora do intervalo "provável". Não foram efetuadas avaliações para intervalos "muito prováveis" devido a processos cujas projeções exibem pouca confiança para sustentar a alteração da subida do nível do mar (Fox-Kemper et al., 2021).

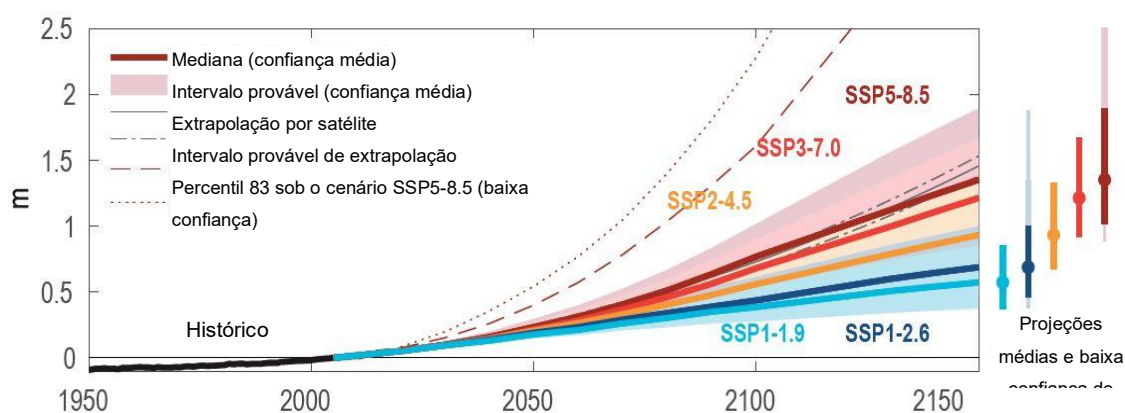


Figura 6 - Projeções da subida do nível médio do mar com base nos cenários SSP. À direita, a linha sombreada que dá continuação ao intervalo provável, representam o intervalo de percentis 5º-95º que incluem processos de baixa confiança, para a as projeções dos cenários SSP1-2.6 e SSP5-8.5. Adaptado de: Fox-Kemper et al., 2021.

Por meio de uma metodologia que recorre a uma técnica para modelar as correlações interdependentes entre processos e mantos de gelo, considerando as dependências em cenários extremos, Bamber et al. (2019) estimaram a projeção para 2100 de valores superiores a 2 m, no cenário de maiores emissões, mais do dobro previsto no Capítulo 9 do sexto RAAC do IPCC, nomeadamente, de 0,63 a 1,01 m (Fox-Kemper et al., 2021).

A SNMM aumentará o risco de inundação costeira no espaço europeu, para todos os cenários dos estudos de Nicholls et al. (2007) e Ciscar et al. (2009), com previsão de um elevado risco em todos os cenários aumentando com o progredir do tempo. Quanto a Portugal continental, Antunes (2019) com base na análise dos registos maregráficos de Cascais e pelos produtos altimétricos de satélites no Atlântico norte, estimou que o NMM irá aumentar cerca de 1,14 m com um intervalo de probabilidade de 95% entre 0,39 e 1,89 m até ao final do séc. XXI. Rocha (2016), para calcular a área potencialmente afetada pelo avanço do mar e conseqüente impacto no litoral, avaliou diferentes cenários de SNMM e períodos de retorno de eventos extremos, utilizando as observações de Antunes (2016) e Vieira et al. (2012). A partir dessa avaliação, determinou a vulnerabilidade física costeira em cinco níveis, de *Muito Baixo* a *Extremo*, por área das subsecções estatísticas vulneráveis para o ano de 2025 e por freguesias para 2050 e 2100.

Mais recentemente, Trindade et al. (2023), para avaliarem o risco associado à SNMM, basearam-se no modelo de projeções do sexto relatório do IPCC, em conjunto com outras componentes, como os níveis extremos de agitação marítima e a erosão costeira. Delimitaram áreas suscetíveis à SNMM no litoral exposto de Portugal continental, observando-se uma maior exposição no Norte de Portugal, tanto em sistemas predominantemente arenosos como rochosos. Nos primeiros, os eventos de agitação marítima podem atingir 10,9 m na costa norte e 7,5 m na costa sul, enquanto nos sistemas rochosos as amplitudes são menores, variando entre 7,83 m e 6,06 m.

1.1.2. ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO NO LITORAL

As definições de litoral e áreas costeira são abundantes e divergem em duas perspetivas, as que identificam e estudam os processos morfodinâmicos litorais, e as que são atribuídas de acordo com a preocupação de aplicação no quadro do ordenamento do território. Nesta última, implementam-se limites bem definidos, quer no lado de áreas emersas, quer das submersas (Ramos-Pereira, 2008).

A orla costeira, nos termos do Decreto-Lei n.º 159/2012, de 24 de julho, é definida como “a porção do território onde o mar, coadjuvado pela ação eólica, exerce diretamente a sua ação e que se estende, a partir da margem, até 500 m”. Este conceito está na base dos Programas da Orla Costeira (POC), criados pelo Decreto-Lei n.º 80/2015, de 14 de maio, que sucedeu ao antigo POOC. Os POC abrangem uma faixa de terra com uma largura mínima de 500 m, que pode ser alargada até 1000 m quando necessário para garantir a proteção dos valores biofísicos e a mitigação dos riscos. A sua função vai além da conservação ecológica, integrando a salvaguarda das populações e das infraestruturas contra riscos naturais, tais como a erosão, as cheias costeiras e as inundações. Desta forma, os POC são instrumentos estratégicos para o planeamento sustentável e a resiliência territorial, conciliando a valorização ambiental com a segurança e o bem-estar das comunidades costeiras. Norteando as intervenções a realizar ao longo dos diferentes troços da orla costeira, quer sejam no âmbito nacional, regional ou local.

Para enfrentar os desafios impostos pela elevação do NMM, pode-se categorizar 3 abordagens principais de adaptação: Proteção, Acomodação e Recuo (Figura 7). Estas respostas institucionais adaptativas operam como obstáculos ou facilitadores da migração populacional. Sendo que a abordagem ou abordagens selecionadas pelos governos derivam da combinação de fatores ambientais e socioeconómicas (Hauer et al., 2020).

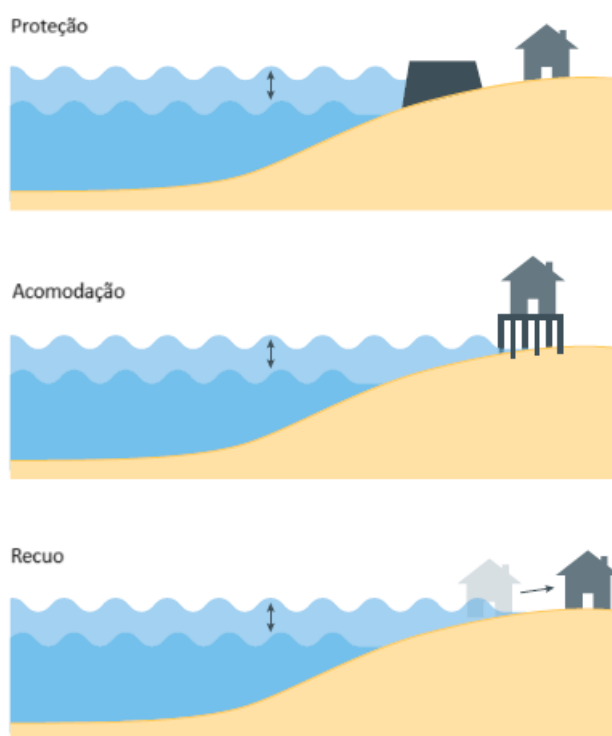


Figura 7 - Abordagens adaptativas à SNMM. Adaptado de Hauer et al., 2020.

A proteção é a mais mencionada na literatura, subdivide-se em proteção pesada ou leve, a primeira consiste na implementação de infraestruturas resilientes como a construção de diques, paredões, molhes, sistemas de drenagem eficientes, etc. Largamente aplicada em cidades com muita população. Contudo, devido aos custos, escala e erosão costeira incrementada a jusante da deriva litoral, é improvável que seja selecionada para toda a costa. A segunda, promove a defesa natural, como a alimentação artificial de sedimentos, conservação das dunas ou de

ecossistemas costeiros, p.e. recifes, mangais ou pradarias marinhas, estes estabilizam sedimentos e captam carbono. (Oppenheimer et al., 2019; Hauer et al., 2020; Nguyen et al., 2022). A acomodação visa incrementar a capacidade de adaptação ao perigo evitando a migração de residentes, não só com o aumento da resiliência das infraestruturas, desde a elevação das mesmas, construção de cidades flutuantes, impermeabilização de edifícios contra inundações, mas também pelo ajuste da gestão do uso do solo, criação de um sistema de avisos e instalação de bombas de inundação. Compreende-se também a alteração das técnicas de extração de águas subterrâneas. A acomodação apresenta medidas de baixo e de elevado custo, mas continuam a ser mais baratas que medidas de proteção extensivas (Oppenheimer et al., 2019; Hauer et al., 2020).

Embora socialmente, culturalmente e politicamente desafiante, umas das abordagens a longo prazo mais eficaz para os agregados familiares será o recuo, menos desejado mas inevitável para certas comunidades devido à exposição aos perigos e nos casos em que os valores da proteção e acomodação sejam muito elevados. O recuo subcategoriza-se em 3 tipos: Recuo planeado, não planeado e migração. O recuo planeado traduz-se na realocização de comunidades expostas à erosão e perigos costeiros, implementado pelo governo e autarquias, mais eficaz onde os riscos costeiros são mais elevados e a densidade populacional reduzida. Nesta abordagem também se considera a realocização de infraestruturas e serviços de apoio à população para áreas potencialmente menos perigosas. Já o recuo não planeado advém da deslocação involuntária e imprevista dos residentes devido a eventos ambientais extremos. A migração é um movimento voluntário permanente ou temporário, de pelo menos um ano. A decisão de migrar resulta de uma combinação de incentivos políticos, oportunidades de emprego, condições socioeconómicas e laços sociais, sempre mediada pela perceção do risco. Estes fatores podem atuar em conjunto ou separadamente. Na ausência de medidas institucionais para mitigar a exposição aos riscos costeiros, as famílias adaptam-se com base nos recursos disponíveis e na sua perceção dos perigos. Contudo, mesmo face a riscos evidentes como inundações, tempestades ou erosão, muitas resistem a abandonar as suas casas, revelando a complexidade das decisões de permanência ou deslocação. (Oppenheimer et al., 2019; Hauer et al., 2020).

Diante dos desafios, Thead (2016) aponta que diversas cidades e países estão a implementar estratégias para mitigar os impactos da elevação do nível do mar. Alguns exemplos incluem Nova York, que após a devastadora passagem do furacão Sandy, investiu em barreiras contra tempestades, reforço de praias e infraestruturas resilientes;

Roterdão, que construiu um sistema avançado de diques e barreiras para conter inundações, planeia a renovação de paisagens urbanas; Sydney, onde as autoridades locais não só realizam avaliações de segurança aos seus já criados paredões contra inundações, como investiram em soluções baseadas na natureza para fortalecer a proteção costeira. Países insulares, como as Fiji, Samoa e São Tomé e Príncipe desenvolveram estratégias para realojar residentes em risco ao longo da linha de costa (World Bank, 2016; Hauer et al., 2020).

Na Europa, a chamada defesa pesada manteve-se predominante durante a primeira metade do século XX. Contudo, os impactos de erosão a jusante que lhe são inerentes conduziram a uma progressiva perda de relevância, tendência que se verificou, inicialmente, também nos Estados Unidos da América. Apesar de Portugal ter sido o primeiro país europeu a concretizar uma operação de alimentação artificial, realizada em 1950, na Praia do Tamariz (Estoril), como experiência motivada pelas exigências emergentes do turismo e do lazer, as três décadas seguintes foram marcadas pela predominância das soluções de defesa pesada, amplamente promovidas pelo governo central e pela comunidade científica nacional. A partir da década de 1980, observou-se uma inversão nas estratégias de gestão costeira: o número de intervenções de alimentação artificial aumentou de forma consistente, em paralelo com a redução da implementação de estruturas de defesa pesada (Ramos-Pereira, 2008; Pinto et al., 2018). No total, entre 1950 e 2017, foram realizadas 174 operações de alimentação artificial no território continental português (Pinto et al., 2018).

1.2. ELEMENTOS DO RISCO A PERIGOS NATURAIS

O risco associado a perigos naturais é uma preocupação recorrente a nível global, essencialmente pela incapacidade de as controlar ou prevenir, como resultado, surge o aumento da procura por informação e compreensão do mesmo (Welle e Birkmann, 2015). Conceptualmente, deriva do perigo e vulnerabilidade, como o produto da probabilidade de um fenómeno perigoso e o potencial de perda consequente do mesmo (Gilard, 2016). Outros autores e organizações, integram a exposição de pessoas e bens, na formulação do risco (Perigosidade x Vulnerabilidade x Exposição), de forma a referirem os aspetos físicos da vulnerabilidade, pela necessidade de melhor se determinar os prejuízos materiais e económicos numa determinada área (Crichton, 1999; Zêzere et al., 2006; Julião et al., 2009; IPCC, 2014; UNDRR, 2019; Santos et al., 2020).

No Hyogo Framework for Action, o conceito de perigo é definido como um evento físico, fenómeno ou atividade humana com potencial para causar perda de vidas, ferimentos, danos materiais, perturbações sociais e económicas, ou degradação ambiental. Os perigos podem incluir condições latentes que representem ameaças futuras e podem ter diferentes origens: naturais (como geológicos, hidrometeorológicos e biológicos) e tecnológicos, provocados por atividades humanas (como degradação ambiental e riscos tecnológicos) (UNISDR; 2004). Em perspetiva à variabilidade e alterações climáticas como stressores de perigos naturais, pode-se separar estes em duas classes: os repentinos e os crónicos. Enquanto os repentinos podem provocar danos a um nível local, tais como cheias e tornados; Os perigos crónicos afetam áreas muito superiores e tendem a ser pouco perceptíveis pela sociedade até atingirem um tipping point e transcenderem a desastres, p.e. secas e a subida do nível médio do mar. Em termos de medidas do ordenamento do território, existe uma diferença significativa entre os perigos repentinos e crónicos, dado que os agentes políticos podem antecipar as respostas necessárias para reduzir os impactos de perigos repetidos na população e no território, p.e. cheias e tornados. Ao contrário dos crónicos em que se torna mais complicado prever qual a intensidade e impactos por não serem imediatos e definidos, dado que é difícil prever como o clima irá mudar, sendo por exemplo necessárias medidas mais vigorosas entre uma seca ligeira e severa, o mesmo para a subida do nível do mar e as consequentes inundações costeiras (Cutter et al., 2009; UNDRR; 2015).

A vulnerabilidade a perigos naturais é um conceito amplamente discutido e definido no Hyogo Framework for Action como: “As condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, económicos e ambientais, que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade ao impacto de perigos” (UNISDR, 2004). Este conceito destaca a importância de considerar múltiplas dimensões ao avaliar a vulnerabilidade, incluindo a infraestrutura física, as condições socioeconómicas e os fatores ambientais.

Nas metodologias mais aprofundadas quanto às condições, o risco é encarado como uma função dinâmica, onde se considera não só a perigosidade, a exposição e a vulnerabilidade, mas também a capacidade de resposta. Esta última refere-se aos meios pelos quais indivíduos, comunidades ou organizações utilizam os recursos disponíveis, como uma função de diversos fatores, incluindo a governação, a preparação para desastres e sistemas de alerta precoce, os serviços médicos, bem como a segurança social e económica. Estes fatores, ao serem fortalecidos, contribuem diretamente para a capacidade de uma sociedade lidar com eventos extremos e minimizar as suas consequências. Em termos gerais, a capacidade de resposta envolve a gestão e mobilização de recursos antes, durante e após eventos naturais ou induzidos pelo

homem, com ênfase na prevenção e mitigação das consequências, contribuindo para a resiliência, permitindo suportar os efeitos dos perigos (UNDRR, 2015; Welle e Birkmann, 2015). Desta forma, o risco é entendido como uma interação complexa entre os perigos, a vulnerabilidade dos elementos expostos e a capacidade de adaptação e resposta, sendo de particular relevância para a mitigação de perdas potenciais. A avaliação deste risco, que inclui comunidades e bens, pode fornecer informações valiosas para o desenvolvimento de estratégias de gestão de risco, resultando em políticas de mitigação e na implementação de coberturas de seguros contra determinados perigos (UNDRR, 2015; Koks et al., 2015; Welle e Birkmann, 2015).

1.3. VULNERABILIDADE SOCIAL

Risco a inundações é geralmente definido como a combinação do perigo, exposição e vulnerabilidade. Nestas avaliações, a VS continua a ser uma das componentes mais complexas e ignoradas nas medidas de gestão de risco a inundações. Sendo muitas vezes a vulnerabilidade física a base dos danos, com foco na estimativa e modelação do prejuízo, ou quando aplicada, a vulnerabilidade social assume uma homogeneidade para toda a população. Consequentemente, muitas avaliações de risco, não passam de avaliação de perigo, pecando por quantificar, padronizar e comparar dimensões sociais de vulnerabilidade (Cutter et al., 2009; Koks et al., 2015; Katic, 2017).

O Quadro de Sendai para a Redução do Risco de Catástrofes 2015-2030, o acordo da ONU que estabelece orientações para reduzir o risco de desastres naturais entre 2015 e 2030, como explicam Mendes et al. (2019), define vulnerabilidade como as condições determinadas por fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade diante de um evento perigoso. A análise da vulnerabilidade, utilizada no Quadro de Sendai, expressa como diferentes grupos e regiões são afetados por choques ou situações de stress e a sua capacidade de absorver e resistir a esses impactos. O conceito de VS evoluiu ao longo do tempo, deixando de se restringir às características individuais das pessoas para incluir as suas interações na sociedade, a natureza dessas relações e o ambiente físico e social em que vivem (Mendes et al., 2019). Assim, a avaliação da VS não se resume a prever os impactos de desastres, mas também contribuir para os processos de recuperação e reconstrução, garantindo que esses processos não perpetuem desigualdades e fragilidades pré-existentes.

Embora não haja consenso sobre a definição e implicações metodológicas da VS, é geralmente descrita como as características das pessoas que afetam a capacidade da comunidade se preparar e recuperar de perigos e desastres. Essas características são influenciadas por processos e imposições naturais, definindo assim os limites sociais do perigo. A VS ajuda a explicar porque diferentes comunidades sofrem impactos diferentes para os mesmos perigos de intensidade igual, como cheias ou inundações (Dow, 1992; Cutter et al., 2009). Os impactos sociais referem-se às mudanças na forma como as pessoas vivem, trabalham, interagem e se organizam, abordando questões como pobreza, efeitos na saúde, perda de vidas, coesão comunitária e tempo, entre outros. Estes impactos são difíceis de quantificar monetariamente e são influenciados por fatores como classe social, género, raça e circunstâncias familiares (Coninx-Bachus, 2007; Cutter et al., 2009).

Mendes et al. (2019) destacam o papel do planeamento na redução da VS. Os autores destacam que os impactos dos desastres são fortemente influenciados pelas características do sistema social exposto a esses riscos. Assim, esclarecem, o conceito de sistema humano está intrinsecamente ligado à ideia de vulnerabilidade, que pode ser analisada a partir de diversas dimensões, incluindo aspetos físicos, culturais, ambientais, económicos, institucionais e sociais. A VS, em particular, tem sido considerada uma componente essencial da vulnerabilidade geral, pois permite compreender o grau de exposição de indivíduos e comunidades a riscos, além de antecipar as respostas e os processos de recuperação após um desastre. Daí a sua referência neste trabalho.

Portanto, revela-se fundamental levar em conta os efeitos desiguais dos desastres sobre grupos como mulheres, crianças, idosos e pessoas em situação de pobreza, exigindo, para isso, bases de dados consistentes e comparáveis em diferentes escalas. Produzir informações úteis para a gestão de emergências, mitigação de riscos, formulação de políticas públicas e consciencialização comunitária, por meio do mapeamento de impactos conhecidos e prováveis, bem como da análise das condições socioeconómicas da população, representando um instrumento crucial para enfrentar os desafios (Mendes et al., 2019).

Nesse cenário, as metodologias de avaliação da VS têm incorporado diferentes abordagens, incluindo estudos de impacto e medições do nível de adaptação das comunidades: o grau de resiliência de uma comunidade diante de desastres está fortemente relacionado à sua estrutura social, institucional e cultural. Quanto maior a VS, maiores serão os impactos dos desastres e mais desafiadora se torna a

recuperação. Assim, as avaliações de VS tornam-se ferramentas estratégicas para planejar políticas de gestão de riscos mais eficientes e adaptadas às necessidades locais. Hardy e Hauer (2018) também destacam que a vulnerabilidade será maior para alguns subgrupos, em decorrência de diferenças socioeconômicas e demográficas.

A VS pode ser vista, portanto, como resultado de um conjunto de fatores espaciais, socioeconômicos, demográficos, culturais e institucionais específicos. Devido à sua complexidade, é difícil definir um conjunto único de indicadores que possam medir a VS de grupos e indivíduos de maneira padronizada. Nesse sentido, os índices de VS são ferramentas valiosas, pois conseguem sintetizar informações complexas, estabelecer métricas quantitativas para comparar populações em diferentes áreas e monitorar mudanças ao longo do tempo. Métodos qualitativos, especialmente quando aplicados a nível local, têm sido fundamentais para identificar os principais fatores que contribuem para a vulnerabilidade, compreender estratégias de adaptação e analisar elementos como redes sociais e apoio institucional. Métodos quantitativos, por sua vez, utilizam essas informações para desenvolver indicadores capazes de comparar a vulnerabilidade entre diferentes localidades e acompanhar a sua evolução ao longo do tempo (Cutter et al., 2003).

A análise da VS pode ser realizada de duas formas principais: a abordagem dedutiva, que se baseia na aplicação de teorias para interpretar a relação entre um número restrito de variáveis; e a abordagem indutiva, que utiliza grandes conjuntos de dados para identificar padrões estatísticos. A segunda abordagem, contam os autores, tem sido amplamente utilizada em estudos que analisam VS a partir de variáveis socioeconômicas e indicadores de desempenho de comunidades e instituições. Enquanto a abordagem dedutiva pode proporcionar um maior realismo na interpretação dos dados, ela não é aplicável em áreas onde há falta de informações. Já a abordagem indutiva permite inferir sobre o impacto potencial dos desastres e a capacidade de resposta das comunidades, mesmo sem dados históricos de perdas (Mendes et al., 2019).

Assim, diversos índices foram desenvolvidos para medir a VS em diferentes contextos. Alguns exemplos incluem o índice de bem-estar das nações das Nações Unidas, o Indicador Preditivo de Vulnerabilidade, os índices elaborados por Cutter e outros investigadores, o Índice de Vulnerabilidade Prevalente e o Índice Global de Riscos Urbanos. Um fator essencial a ser considerado na aplicação desses índices é a escala de análise. Estudos indicam que a VS pode ser melhor compreendida quando analisada a nível local, pois, permite interpretar com mais precisão os fatores

específicos que influenciam a vulnerabilidade das comunidades. No entanto, a escala da análise pode afetar os resultados obtidos, tornando fundamental a escolha adequada do nível de agregação dos dados.

Mendes et al. (2011) abordam a VS quanto aos perigos naturais e tecnológicos, executando uma avaliação desagregada ao nível do município no quadro de Portugal continental e outra ao nível sub-municipal com base numa amostra de sete municípios da região Centro de Portugal. Afirmaram que cada escala aplicada requer diferentes variáveis de consolidação do modelo, dado que observaram que os municípios quando desagregados ao nível da freguesia, evidenciam uma elevada heterogeneidade e a desagregação da unidade geográfica não apresenta uma relação linear.

No caso de Portugal, Índices de VS foram aplicados no Continente ou por diferentes regiões, p.e. Centro e a AML. Os resultados dessas análises mostraram que a VS está associada a padrões de urbanização e industrialização, permitindo uma visão mais ampla das desigualdades e interações entre diferentes fatores de risco. A metodologia baseada na análise de componentes principais foi utilizada, por exemplo, para identificar áreas vulneráveis em torno do estuário do Tejo, destacando fatores como a presença de populações idosas, famílias com responsabilidades de cuidado, padrões de mobilidade e recursos de contingência. Esse tipo de abordagem territorial é fundamental para orientar políticas de gestão de riscos e planeamento urbano, garantindo que as medidas de proteção civil sejam adaptadas às necessidades locais.

De entre a literatura que estuda a VS em Portugal, os estudos abordam casos concretos ou realizados a pequena escala (usando o município como indivíduo estatístico) não contemplando toda a orla costeira do continente. Craveiro et al. (2012) identificaram a exposição de 1,3 milhões residentes à subida do nível das águas em Portugal continental, considerando as vulnerabilidades na exposição a riscos ambientais como resultante de fatores de ordem social, económicos e geofísicos.

Santos e Ferreira (2023), avaliando o risco de inundação na Área Metropolitana de Lisboa (AML), destacam que as informações a nível municipal, de freguesia e de edifícios, dependendo da escala de apresentação de dados, pode resultar em perceções distintas desse risco na AML. Como os outros autores estudados, Santos e Ferreira (2023), também destacam a importância do envolvimento de diversos profissionais e atores de decisão, atuando em diferentes escalas e setores relacionados à governança do risco.

No estudo de Mendes et al. (2019), a avaliação da vulnerabilidade social foi realizada por meio de uma abordagem indutiva, considerando duas componentes principais:

criticidade e capacidade de suporte. Embora baseada em metodologias anteriores, essa abordagem foi aprimorada para incluir um maior número de variáveis territoriais, garantindo uma análise mais detalhada e aplicável à realidade local. A criticidade refere-se às características individuais e sociais que aumentam a vulnerabilidade de um grupo ou comunidade, tornando-os mais suscetíveis a desastres. Entre os fatores analisados pelos autores, estiveram a assistência social, o mercado de trabalho, a demografia, a educação, a habitação e a saúde. Já a capacidade de suporte diz respeito às infraestruturas e serviços disponíveis para apoiar a população em caso de emergência, como equipamentos de saúde, redes de transporte, fornecimento de água e energia e recursos de proteção civil. A combinação desses dois elementos permite uma análise territorial mais precisa, destacando áreas que exigem maior atenção na formulação de estratégias de mitigação e adaptação. Os autores defendem que, ao contrário de abordagens que analisam a vulnerabilidade social apenas a nível municipal ou regional, o novo índice proposto permite incorporar a especificidade do território, permitindo identificar desafios e oportunidades de ação em escalas menores, como freguesias e bairros. A abordagem oferece uma visão mais detalhada das condições locais, possibilitando a formulação de estratégias mais eficazes de prevenção e resposta a desastres. Percebe-se, portanto, porque a interação entre criticidade e capacidade de suporte é um elemento central na análise da VS. Em termos práticos, a Figura 8 representa a relação teórica entre criticidade e capacidade de suporte para a determinação de vulnerabilidade entre populações. A VS tende a ser mais elevada em locais onde a criticidade é elevada e a capacidade de suporte é reduzida.

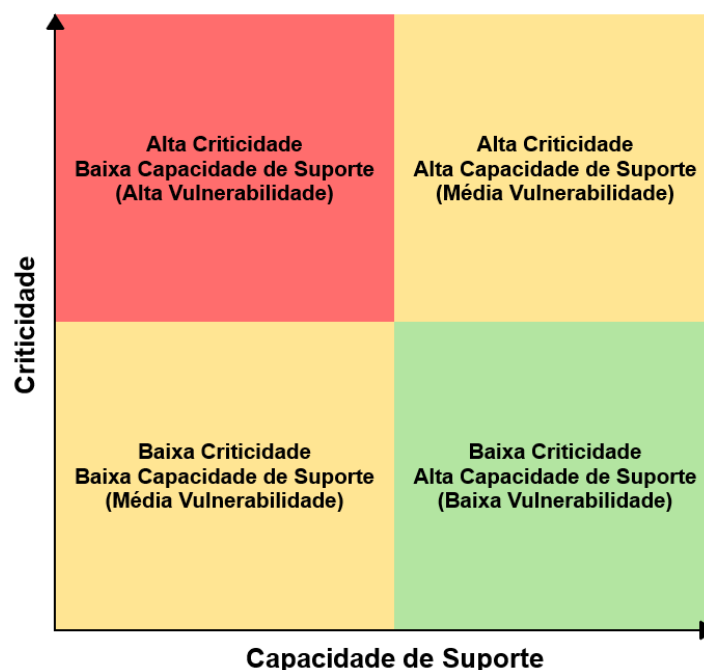


Figura 8 - Representação conceptual da evolução do grau de Vulnerabilidade Social.

Olhemos mais detalhadamente para a criticidade e a capacidade de suporte enquanto elementos de referência para a VS. A criticidade refere-se às características intrínsecas de indivíduos e comunidades que os tornam mais suscetíveis a impactos negativos de desastres e crises socioeconómicas, um conceito que engloba fatores como a estrutura etária da população, a composição familiar, os níveis de escolaridade, a participação no mercado de trabalho, as condições habitacionais, a situação económica, etc. Portanto, grupos populacionais com maiores índices de criticidade são aqueles que apresentam características que dificultam a sua resposta e recuperação face a eventos adversos, tais como idosos que vivem sozinhos, famílias monoparentais em situação de pobreza, pessoas com baixa escolaridade e trabalhadores precários ou desempregados. Nessa linha, o envelhecimento populacional, por exemplo, é um dos principais fatores de criticidade identificados em Portugal, especialmente no interior do país, onde a população idosa é mais prevalente e enfrenta dificuldades de mobilidade e de acesso a serviços de saúde. Da mesma forma, comunidades que dependem economicamente de sectores vulneráveis, como a agricultura ou o turismo sazonal, tendem a apresentar níveis mais elevados de criticidade devido à sua menor capacidade de resposta a choques económicos e ambientais.

Por outro lado, a capacidade de suporte diz respeito aos recursos e infraestruturas disponíveis para mitigar os impactos negativos da VS e aumentar a resiliência das comunidades. A capacidade de suporte é determinada pela presença e acessibilidade a equipamentos e serviços essenciais, tais como hospitais, centros de saúde, escolas, redes de transporte, fornecimento de energia e água potável, infraestruturas de proteção civil e redes de apoio social. Comunidades com uma elevada capacidade de suporte, portanto, são aquelas que dispõem de serviços eficazes que permitem atenuar os efeitos das adversidades e facilitar o processo de recuperação. Por exemplo, áreas urbanas bem servidas por transportes públicos e infraestruturas de saúde têm uma maior capacidade de suporte do que zonas rurais isoladas, onde a escassez de serviços básicos pode agravar os impactos negativos de eventos climáticos extremos ou crises económicas. Da mesma forma, uma rede de apoio social forte, com organizações comunitárias e programas de assistência, pode desempenhar um papel crucial na redução da vulnerabilidade social ao fornecer suporte financeiro, psicológico e logístico às populações mais fragilizadas.

Historicamente, os índices de VS, começaram pela elaboração de indicadores sociais desde cerca 1830. Estes últimos, tiveram origem na iniciativa de ativistas sociais da Europa e EUA, para criticar as condições sociais e contribuir para a melhoria da saúde pública (Cobb e Rixford, 1998). Assim, os indicadores sociais têm sido

largamente aplicados para determinar a mudança e comparar o status na população e comunidades ao longo da história da ciência social (Dwyer et al., 2004). Apesar de nenhuma avaliação representar uma resposta holística e totalmente abrangente, estes indicadores conseguem evidenciar aspetos da vulnerabilidade que podem ser explorados e representados através do desenvolvimento e aplicação de indicadores quantitativos de vulnerabilidade (Neuman, 2014). Pela década de 1960, já eram utilizados por vários governos e organizações como uma componente de importância no desenvolvimento de políticas e avaliação comparativa entre comunidades de todo o mundo. A partir da década de 1990, começou-se a focar maioritariamente em metodologia qualitativas em oposição a metodologias quantitativas (Dwyer et al., 2004).

Tem de ser lembrado que os indicadores só fornecem uma indicação de conceitos sociais muito mais amplos, complexos e difíceis de quantificar (Dwyer et al., 2004; Cutter et al., 2009). Sendo medidas quantitativas que pretendem caracterizar uma característica ou parâmetro do sistema em estudo, através dum único valor (Cutter et al., 2008; Cutter et al., 2009).

Muitos autores revêm a bibliografia de forma a consolidar as variáveis e indicadores, dado que existe pouco consenso entre os métodos apropriados para a criação de índices de vulnerabilidade social. Metodologicamente, os índices de VS focam-se em três grandes divisões: (I) Escala do Índice; (II) Os indicadores em estudo e o (III) Método de agregação (Cutter et al., 2009; Cutter et al., 2013).

Importa destacar que os índices de vulnerabilidade são mais eficazes para descrever as condições existentes e antecipadas a um evento do que como preditores, servindo como guia para os decisores políticos na redução da vulnerabilidade a nível nacional e subnacional (Cutter et al., 2009).

O estudo de Santos et al. (2022), que investigou a VS e seus fatores determinantes em Portugal, indicou uma melhoria geral no índice em Portugal, apontando como dois principais fatores determinantes a condição económica (PC1) e o envelhecimento e despovoamento (PC2). Foram também destacados enquanto fatores o deslocamento e mobilidade interna e deslocamento diário para o trabalho. A análise demonstrou a importância dos dados censitários na caracterização territorial, social e demográfica do país, possibilitando o fornecimento de subsídios para o desenvolvimento de estratégias eficazes de redução do risco de desastres a médio e longo prazo. Ainda, o estudo contextualizou a VS a partir de diversas perspetivas, enfatizando que se trata da propensão de indivíduos e comunidades a serem prejudicados por processos perigosos, dependendo de suas características sociais, demográficas e territoriais. No entanto, um dos desafios dessa abordagem é a necessidade de indicadores robustos e metodologias

que garantam a comparabilidade dos dados ao longo do tempo. Nesse sentido, a adoção do método AMPI no estudo de Santos et al. (2022) permitiu a normalização dos dados, superando as limitações de abordagens mais tradicionais, que não possibilitam comparações temporais diretas. AMPI significa Índice de Mazziotta-Pareto Ajustado, um índice composto que permite considerar a dimensão temporal, usado para resumir um conjunto de indicadores considerado não-substituíveis, baseado em uma função não-linear. Entre outras funções, pode ser medido para avaliar dotação estrutural.

O estudo em questão também demonstra que a escala da avaliação também desempenha um papel crucial na escolha dos dados e das abordagens analíticas. Nessa linha, enquanto estudos globais e nacionais abordam frequentemente grandes agregações de dados, análises locais permitem um nível mais detalhado de compreensão da VS, como havíamos visto, e, nesse contexto, os censos populacionais mostraram-se valiosos para a construção de bases de dados robustas, possibilitando a aplicação de metodologias estatísticas como a Análise de Componentes Principais (ACP). A utilização desses dados possibilitou a identificação de padrões de vulnerabilidade em diferentes períodos, destacando mudanças importantes na estrutura demográfica e socioeconómica do país.

Os Censos, enquanto contagem e caracterização exaustiva de dados estatísticos de população e habitação no território nacional, exigem a referenciação geográfica da informação com base em unidades territoriais de pequena dimensão. Com esse intuito, o Instituto Nacional de Estatística (INE) desenvolveu um sistema de referenciação geográfica, a BGRI que, contendo a delimitação administrativa, subdivide as freguesias em pequenas áreas estatísticas. Esta base constitui não só uma infraestrutura fundamental de suporte às operações censitárias, como também um instrumento para a difusão de informação censitária com vertente geoespacial (INE, s.d).

A BGRI organiza-se hierarquicamente, atribuindo a cada unidade espacial um código identificador, o que possibilita o estudo e a caracterização do território a um nível geográfico mais detalhado. A partir do nível de freguesia é alcançado o maior detalhe local. A secção estatística corresponde a uma área contínua pertencente a uma única freguesia, integrando em média entre 550 e 650 alojamentos destinados à habitação, consoante a tipologia urbana da freguesia em que se insere. Por sua vez, a subsecção estatística constitui a unidade territorial elementar da BGRI, delimitando uma parcela do território, sempre que possível, por eixos viários com toponímia ou por outros elementos facilmente identificáveis no terreno (INE, 2022).

O estudo de Santos et al. (2022) identifica também que a VS pode ser explicada por uma série de variáveis relacionadas a diferentes dimensões, como idade, condição económica, nível educacional, mobilidade e estrutura familiar. Dentre dessas variáveis, algumas mostraram-se particularmente relevantes, como a taxa de envelhecimento da população, o nível de escolaridade e a participação das mulheres no mercado de trabalho. Ainda, a análise espacial da vulnerabilidade social em 1991, 2001 e 2011 revelou uma melhoria geral ao longo do tempo, com uma redução da vulnerabilidade em muitas freguesias. Em 1991, áreas de baixa vulnerabilidade estavam concentradas nas capitais distritais e regiões industrializadas, enquanto a vulnerabilidade mais alta era observada em áreas rurais e menos desenvolvidas, todavia, ao longo das décadas, houve uma tendência de melhoria nesses indicadores, especialmente nas regiões urbanas e litorais. Apesar disso, algumas áreas mantiveram altos níveis de vulnerabilidade, principalmente no interior e no sul do país, onde fatores como o envelhecimento populacional e o despovoamento ainda são desafios significativos. Os dados também indicaram que alguns fatores de vulnerabilidade tornaram-se menos relevantes ao longo do tempo, como a falta de infraestrutura básica nas residências e as taxas de abandono escolar, que melhoraram significativamente nas últimas décadas. Porém, outros fatores emergiram como preocupações importantes, nomeadamente, a mobilidade interna e a presença de residentes estrangeiros, que podem enfrentar desafios específicos relacionados ao acesso a serviços e à adaptação à comunidade local.

No artigo de Mendes et al. (2019) propõe-se um novo índice de VS ao nível das Secções estatísticas do Instituto Nacional de Estatística (INE). Nele analisam-se dois concelhos, Cascais e Lagos, com características de: suscetibilidade a perigos, território, condições sociais e económicas comparáveis, apesar de Cascais apresentar uma maior e mais densa área urbana. Averiguaram, por exemplo, uma clara diferenciação entre as regiões norte e sul do município de Cascais em relação a VS. Este novo índice demonstrou ser capaz de produzir conhecimentos para a redução do risco a perigos e ser relevante para a proteção civil.

Ainda sobre o cenário português, o artigo de Guillard-Gonçalves et al (2014) analisou a VS de 149 freguesias da AML, a partir de 38 variáveis, submetidas a uma PCA seguida de uma rotação Varimax, técnica estatística para compreender a relação entre fatores. Desse estudo, 12 freguesias foram identificadas com a VS muito elevada e 24 com a VS elevada, o que corresponde a cerca de 24%, ou quase um quarto, das freguesias. Por isso, interessa olhar mais detalhadamente para esse estudo, embora ele seja anterior ao de Santos et al (2022), que como vimos identificou uma melhoria

nos índices de VS aplicados em Portugal. Temos que os fatores extraídos na análise representam diferentes dimensões da VS. O primeiro fator, apontado também nos outros estudos, está associado a envelhecimento populacional, urbanização e género, refletindo a elevada vulnerabilidade de freguesias urbanas com uma população idosa e maior presença de mulheres em situações socioeconómicas desfavoráveis. O segundo fator relaciona-se com níveis de desenvolvimento e educação, destacando zonas menos urbanizadas e com menor acesso a serviços básicos. O terceiro fator captura a presença de populações estrangeiras e grupos étnicos minoritários, enquanto o quarto fator diz respeito a níveis de riqueza e mobilidade populacional. Os últimos fatores abordam questões específicas, como abandono escolar, deficiência e acesso a serviços médicos. As freguesias foram classificadas em diferentes níveis de VS. A maior parte das freguesias mais vulneráveis localizam-se no Município de Lisboa, sobretudo no centro histórico da cidade, onde há uma concentração de população idosa, habitação precária e dificuldades de acesso a serviços essenciais. No entanto, freguesias de Loures, Mafra e Vila Franca de Xira também apresentam níveis elevados de vulnerabilidade, os maiores do estudo, devido a fatores como baixa escolaridade, habitação inadequada e elevada dependência económica.

Após a definição do mapa de VS, os autores integraram este com mapas de suscetibilidade a diferentes tipos de desastres naturais, incluindo sismos, inundações, cheias repentinas, deslizamentos de terra, tsunamis e erosão costeira, uma análise que demonstrou que algumas das áreas mais vulneráveis socialmente coincidem com zonas de elevada suscetibilidade a desastres naturais, aumentando o potencial impacto de eventos extremos sobre as populações residentes.

Outro aspeto central do estudo foi a consideração da população exposta aos riscos naturais. Para tal, os dados populacionais foram combinados com os mapas de risco, permitindo a estimativa do número de pessoas potencialmente afetadas por desastres. A análise revelou que as freguesias com maior densidade populacional coincidem frequentemente com zonas de risco elevado, o que reforça a necessidade de medidas preventivas para reduzir a exposição e aumentar a resiliência das comunidades locais.

Em termos metodológicos, o estudo destacou a importância da escolha adequada das variáveis e dos métodos estatísticos para avaliar a VS de forma robusta e comparável. A aplicação da PCA demonstrou ser eficaz na identificação dos principais fatores que influenciam a VS, permitindo uma análise mais detalhada das dinâmicas territoriais.

Portanto, os resultados do estudo têm implicações significativas para o planeamento urbano e a gestão de riscos em Portugal, uma vez que a identificação de freguesias com elevada VS e exposição a perigos naturais pode apoiar a implementação de estratégias de mitigação de riscos, como a melhoria das infraestruturas, o reforço dos serviços sociais e a criação de planos de emergência adaptados às necessidades locais. A abordagem proposta também pode ser possível de ser aplicada a outras regiões metropolitanas, permitindo a replicação da metodologia em diferentes contextos geográficos e sociais. O estudo também apontou ainda algumas limitações e desafios futuros na análise da VS e do risco natural. Uma das principais dificuldades foi a disponibilidade limitada de dados censitários atualizados, uma vez que a análise se baseou em dados do Censo de 2001, enquanto o Censo de 2011 ainda não estava totalmente acessível no momento da investigação. A importância dos dados é outra conclusão que aparece repetidamente na literatura. Além disso, a avaliação da vulnerabilidade estrutural dos edifícios e infraestruturas não foi incluída no estudo, representando uma lacuna que poderá ser explorada em futuras investigações. Outra questão relevante é a necessidade de integrar análises económicas e probabilísticas do risco, considerando não apenas a suscetibilidade física, mas também os custos e impactos socioeconómicos dos desastres. O ponto principal desse estudo que se quer destacar reside na integração da VS com mapas de suscetibilidade a múltiplos perigos, permitindo uma abordagem holística e multidimensional da análise do risco. Este método oferece uma visão abrangente dos desafios enfrentados pelas comunidades da Grande Lisboa e fornece uma base sólida para a formulação de políticas públicas eficazes. Portanto, ao cruzar indicadores sociais com dados geoespaciais, a investigação contribui para um melhor entendimento da interação entre fatores sociais e ambientais no cálculo do risco, promovendo um planeamento territorial mais informado e resiliente.

Para concluir o presente item, destaca-se as reflexões da tese de Prall (2022), sobre o planeamento urbano da adaptação climática e a importância dos fatores sociais nesse planeamento. Trata-se de estudo que analisou a utilização de projeções socioeconómicas na adaptação urbana às mudanças climáticas, explorando o seu potencial para promover a justiça climática, com uma pesquisa baseada numa revisão sistemática da literatura e numa análise de políticas de adaptação em grandes cidades costeiras. O objetivo foi compreender como estas projeções são aplicadas, identificar lacunas e propor recomendações para tornar o planeamento urbano mais justo e inclusivo.

Discutindo, os resultados, Prall (2022), sobre a revisão sistemática realizada, conta que esta revelou que a investigação sobre projeções socioeconómicas na adaptação urbana ainda é recente e subdesenvolvida. Foram identificados apenas 41 artigos que abordam essa temática, e nenhum deles estabelece uma ligação direta entre projeções socioeconómicas e justiça climática urbana. As projeções socioeconómicas analisadas podem ser desenvolvidas através de abordagens participativas, envolvendo atores locais em workshops e consultas públicas, ou através de modelação estatística e preditiva, criando cenários futuros. A segunda abordagem é mais comum, refletindo a tendência crescente da governança climática neoliberal, onde a tomada de decisões é guiada por dados técnicos e expertise científica, em detrimento da participação cidadã. Apesar da sua relevância, estas projeções raramente são integradas profundamente no planeamento urbano e tendem a ser utilizadas apenas numa fase do processo de adaptação, especialmente na avaliação de risco e vulnerabilidade. No entanto, não são aplicadas de forma significativa na implementação, monitorização ou avaliação de políticas de adaptação, o que representa uma oportunidade perdida. A literatura utilizada por Prall, e também no presente trabalho, destaca a necessidade urgente de integrar dados socioeconómicos futuros na investigação sobre adaptação urbana, pois as mudanças socioeconómicas podem ter um impacto mais relevante na vulnerabilidade e no risco urbano do que as próprias mudanças climáticas.

O que a pesquisa de Prall também revela é que a análise de políticas revelou que a aplicação de projeções socioeconómicas na formulação de estratégias de adaptação urbana ainda é limitada. De um conjunto de 81 políticas urbanas e metropolitanas analisadas, apenas 22 de 18 cidades consideram projeções socioeconómicas, representando apenas 27% das políticas de adaptação em grandes cidades costeiras. A forma como estas projeções são utilizadas varia amplamente. Algumas políticas integram projeções de forma aprofundada, utilizando abordagens participativas ou modelação para prever tendências futuras. No entanto, muitas políticas apenas utilizam projeções demográficas pré-existentes, sem explorar diferentes cenários socioeconómicos possíveis. Esta falha na consideração de múltiplos futuros potenciais pode ser problemática, dada a grande incerteza associada às mudanças climáticas e ao desenvolvimento urbano.

Nas políticas de adaptação analisadas, as projeções socioeconómicas são mais frequentemente utilizadas para avaliar riscos e vulnerabilidades futuras. No entanto, algumas políticas também as aplicam para selecionar opções de adaptação e monitorizar medidas implementadas. Embora nenhuma política utilize projeções socioeconómicas com o objetivo explícito de promover a justiça climática, muitas

mencionam equidade ou justiça, o que indica que as políticas de adaptação procuram promover a equidade, mas não reconhecem as projeções socioeconômicas como uma ferramenta para garantir uma adaptação urbana justa. As políticas analisadas demonstram potencial para promover a justiça distributiva e processual, mas não apresentam oportunidades evidentes para a justiça de reconhecimento e restaurativa (p. 50). Para colmatar esta lacuna, seria necessário expandir as aplicações das projeções socioeconômicas, considerando melhor as necessidades dos grupos marginalizados.

Tanto na investigação como na política urbana, a aplicação de projeções socioeconômicas na adaptação climática ainda é escassa. A inclusão de dados socioeconômicos futuros não é uma prática comum, e não existem metodologias padronizadas amplamente adotadas para a sua utilização. Destaca-se que as diferenças na abordagem entre investigação e política são notórias. Na investigação, as projeções socioeconômicas são frequentemente desenvolvidas com cenários participativos e modelos preditivos, criando múltiplos cenários futuros. Já nas políticas públicas, as projeções são geralmente menos detalhadas e baseiam-se em dados socioeconômicos existentes, sem considerar diferentes cenários de futuro. Tanto a investigação como as políticas públicas tendem a utilizar projeções socioeconômicas na fase de avaliação de riscos e vulnerabilidades, mas raramente na monitorização e avaliação das medidas de adaptação, refletindo uma lacuna na capacidade de acompanhar a evolução da vulnerabilidade urbana ao longo do tempo. Apesar de nenhuma investigação ou política utilizar explicitamente as projeções socioeconômicas para promover a justiça climática urbana, há um grande potencial para que estas projeções sejam utilizadas para esse fim. A literatura demonstra oportunidades para garantir justiça nas três dimensões da justiça climática, enquanto as políticas públicas têm potencial para assegurar apenas a justiça distributiva e processual.

Entretanto, importa dizer que a investigação de Prall apresenta algumas limitações metodológicas que podem afetar a validade e fiabilidade dos resultados. A revisão sistemática foi limitada a artigos indexados na Web of Science, excluindo possivelmente estudos relevantes de outras bases de dados. A análise de políticas focou-se apenas em grandes cidades costeiras, não sendo representativa de todas as áreas urbanizadas. A pesquisa não seguiu um quadro conceptual estabelecido sobre justiça climática e projeções socioeconômicas, adotando uma abordagem interpretativa. Não obstante, os resultados ainda são relevantes.

Para que as projeções socioeconómicas se tornem uma ferramenta eficaz na promoção da justiça climática urbana, é essencial combinar conhecimento técnico e local, garantindo que as projeções não se tornem um instrumento puramente técnico e desligado das realidades locais. Deve-se garantir uma participação diversa ao longo de todas as fases do desenvolvimento e aplicação das projeções, sendo fundamental integrar informações qualitativas, quantitativas e espaciais, combinando o conhecimento dos cidadãos com dados técnicos e científicos. Considerar a interconexão entre processos locais e globais é crucial para que as projeções locais estejam alinhadas com tendências globais. Deve-se também desenvolver múltiplos cenários futuros, em vez de modelar um único futuro provável, para evitar má adaptação e injustiça climática.

Antes de avançar para os dados e métodos encontrados na presente pesquisa, reflete-se que interseção entre VS e a SNMM representa um dos desafios mais urgentes das mudanças climáticas, uma vez que o aumento do nível do mar ameaça ainda mais gravemente comunidades vulneráveis que já enfrentam dificuldades socioeconómicas significativas. A exposição desigual a riscos ambientais reflete e amplia desigualdades preexistentes, tornando essencial uma abordagem integrada e equitativa na formulação de políticas de adaptação. Compreender a relação entre VS e SNMM, portanto, implica não apenas analisar os impactos físicos do aumento do mar, mas também considerar os fatores sociais, económicos e políticos que determinam a capacidade de resposta das populações expostas a esses riscos.

A VS diante da SNMM resulta da sobreposição de fatores críticos, como pobreza, acesso desigual a infraestruturas e serviços, baixos níveis de educação, envelhecimento populacional, desigualdades de género e falta de representatividade política, portanto, comunidades que já vivem em condições precárias são frequentemente mais afetadas pelo aumento do mar quando da sua localização em áreas costeiras de baixo custo, muitas vezes mal planeadas e com infraestrutura insuficiente para resistir a eventos extremos, como cheias e erosão costeira. Além disso, a dependência económica de atividades vulneráveis a SNMM, como a pesca e o turismo, aumenta a precariedade das populações expostas.

O que se percebe, de toda a literatura analisada, é que a resposta a SNMM exige abordagens holísticas que combinem medidas estruturais e não estruturais. As primeiras incluem infraestruturas de proteção costeira, como diques e barreiras contra inundações, bem como a construção de edifícios resilientes ao aumento do mar. No entanto, essas soluções beneficiam frequentemente comunidades mais ricas e urbanizadas, enquanto populações marginalizadas permanecem em risco, seja por falta

de investimento nas suas áreas ou por processos de deslocamento forçado sem garantias de reassentamento digno. Por isso, insuficiente. As soluções não estruturais, como planeamento urbano sustentável, incremento de resiliência das redes comunitárias e melhoria dos sistemas de alerta precoce, são fundamentais para mitigar a VS. Assim, políticas de adaptação devem, nesta linha, considerar as necessidades específicas dos grupos mais vulneráveis, garantindo acesso equitativo a recursos e oportunidades.

A análise das políticas urbanas de adaptação mostra que a consideração de projeções socioeconómicas no planeamento da SNMM ainda é limitada, com muitas estratégias concentradas nos aspetos físicos e tecnológicos da adaptação, negligenciando fatores sociais e económicos que influenciam a vulnerabilidade. Além disso, a ausência de múltiplos cenários socioeconómicos no planeamento pode levar a soluções inadequadas, que não contemplam as mudanças dinâmicas na composição e necessidades das populações costeiras. A integração de projeções socioeconómicas permitiria prever como diferentes grupos populacionais serão afetados pelo aumento do nível do mar em diferentes contextos futuros, possibilitando uma resposta mais ajustada à realidade das comunidades expostas.

Nessa linha, o planeamento urbano e a gestão do risco costeiro devem ser orientados por uma visão de longo prazo, reconhecendo que a SNMM é um processo contínuo, cujos impactos se agravarão ao longo das próximas décadas. A implementação de estratégias de adaptação baseadas apenas nas condições atuais pode resultar em má adaptação, ou seja, medidas que, em vez de reduzirem a VS, acabam por amplificá-la ao deslocar o problema para populações mais vulneráveis. A adoção de abordagens flexíveis e inclusivas, que considerem diferentes trajetórias de desenvolvimento socioeconómico, revela-se essencial para garantir uma adaptação eficaz e justa.

A monitorização e avaliação contínua das políticas de adaptação a SNMM são fundamentais, nesse cenário, para garantir que os investimentos feitos realmente beneficiem as populações em risco. Atualmente, a maioria das estratégias de adaptação foca-se na implementação inicial das medidas, sem um acompanhamento detalhado do seu impacto a médio e longo prazo. A inclusão de indicadores de VS na monitorização das políticas de adaptação permitiria avaliar se estas estão a reduzir desigualdades ou, pelo contrário, a perpetuar a injustiça climática. Além disso, a criação de sistemas de participação cidadã para a avaliação das medidas adotadas fortaleceria a justiça

processual, assegurando que as soluções implementadas reflitam as necessidades reais das comunidades afetadas.

Um dos principais desafios na adaptação a SNMM revela-se a necessidade de combinar conhecimento técnico e conhecimento local na formulação das respostas. Enquanto as projeções científicas fornecem uma visão quantitativa dos riscos futuros, o conhecimento das comunidades costeiras é essencial para compreender os desafios quotidianos enfrentados pelos grupos mais vulneráveis. A valorização do saber local no planeamento da adaptação permite identificar soluções mais eficazes e culturalmente apropriadas, evitando intervenções que ignorem as dinâmicas sociais e económicas das populações afetadas.

A cooperação entre diferentes níveis de governação – local, nacional e internacional – é crucial para enfrentar a VS associada à SNMM, já que tantas comunidades vulneráveis enfrentam limitações institucionais e financeiras para implementar medidas de adaptação, o que exige uma abordagem que opere em diferentes escalas e que envolva governos centrais, organizações internacionais e atores da sociedade civil. O financiamento climático deve ser distribuído de forma equitativa, garantindo que as comunidades mais vulneráveis recebam o apoio necessário para se adaptarem ao aumento do nível do mar. Além disso, é fundamental que as políticas de adaptação estejam alinhadas com estratégias de desenvolvimento sustentável, garantindo que a redução da vulnerabilidade climática ocorra de forma integrada com a promoção do bem-estar social e económico.

A relação entre VS e SNMM destaca, portanto, a necessidade de uma abordagem transformadora na adaptação climática, que vá além das soluções tecnológicas e infraestruturais para abordar as desigualdades estruturais que tornam certas comunidades mais vulneráveis ao aumento do nível do mar. O impacto da SNMM na VS e da VS no impacto causado pela SNMM não é apenas uma questão ambiental, mas também social, económica e política, de forma que uma adaptação eficaz exige uma mudança de paradigma no planeamento urbano e na gestão do risco costeiro, incorporando princípios de equidade e justiça em todas as fases do processo. O futuro das cidades costeiras depende da capacidade de integrar conhecimento técnico e participação cidadã, garantindo que a adaptação ao aumento do nível do mar beneficie todas as comunidades, independentemente da sua condição socioeconómica. Assim, a luta contra os impactos da SNMM deve ser simultaneamente uma luta pela justiça climática, assegurando que as populações mais vulneráveis tenham as ferramentas e

os recursos necessários para enfrentar os desafios das mudanças climáticas de forma digna e segura.

2. DADOS E MÉTODOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Portugal continental situa-se no extremo Sudoeste da Europa e Península Ibérica, entre as latitudes 36°57'N e 42°9'N e longitudes de 6°12' W a 9°30' W. A sua linha de costa, quase retilínea, pode-se dividir em duas áreas distintas, nomeadamente, desde a foz do Rio Minho e o Cabo de S. Vicente define-se como a costa Ocidental, com uma orientação geral Norte-Sul. Já entre o Cabo de S. Vicente e a foz do Rio Guadiana temos a costa Meridional, de orientação predominante Oeste-Este. O litoral é quase tão extenso quanto a fronteira terrestre, cerca de 987 km (APA, 2014), valor que pode variar em função da escala cartográfica e do grau de suavidade da linha de costa, p.e. recorrendo aos SIG tendo por base dados da Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP), Pacheco (2024) estimou uma extensão de 1 241 km.

A largura da linha de costa varia consoante o sistema litoral, designadamente: as praias, dunas, arribas, plataformas rochosas de sopé, estuários, entre outros elementos geomorfológicos característicos. De forma geral, os litorais rochosos de arriba são mais estreitos que litorais de praia, sobretudo quando estes se associam a campos dunares (Ramos-Pereira, 2008).

A área de estudo está sobre a influência de dois tipos de clima de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, ambos Temperados do Tipo C e s de subtipo, definido por verões secos. Desde Caminha ao Oeste Alentejano e Algarvio segundo os resultados das normais climatológicas 1971-2000, os verões são secos e suaves, clima com a designação Csb, à exceção do litoral Almada – Tróia que apresentam verões quentes e secos, a par da costa Meridional do Algarve (IPMA, 2023). Em relação à temperatura, toda a costa beneficia de amplitudes térmicas menores comparativamente ao interior do país, devido ao efeito amenizador do oceano. Em relação a eventos de nevoeiro, de norte para sul na costa Ocidental e de oeste para este na costa Meridional, estes fenómenos são cada vez menos frequentes (Ferreira, 2011).

A agitação marítima em regra geral distingue-se em dois perfis. Na costa Ocidental, o mar é geralmente influenciado pela ondulação predominante do Atlântico Norte e pelos ventos locais N ou NW, designadamente, o Mar de Noroeste que ocorre em cerca de

280 dias por ano, anualmente, a média de altura significativa é de 1 a 2 m com registos de 3 a 4 m durante o inverno. Na costa Meridional, o mar é mais calmo e menos energético, com ondas de um metro durante a maior parte do ano, só atingindo os quatro metros durante os períodos mais agitados, provocados pelos ventos de Leste, apelidado de Mar de Levante ou Mar de Sudeste com águas mais quentes. Assim, a costa Ocidental está mais exposta a tempestades, enfrentando agitação marítima mais severa, enquanto a costa sul tem condições mais amenas, por estar abrigada dos ventos predominantes, mais favorável para atividades turísticas e de lazer, como o turismo marítimo e a navegação de recreio, principalmente no verão (Ramos-Pereira, 2001; Ferreira, 2011; Silva et al., 2015).

Tendo em conta preocupações sociais e aplicações no âmbito do ordenamento do território, definiu-se a orla costeira como área de estudo, determinando-se uma área mais específica, intercetou-se uma faixa de 1 km ao longo do litoral pela informação espacial dos Censos 2021, nomeadamente, a Base Geográfica de Referência de Informação (BGRI). Obteve-se 9 832 subsecções, com uma área média de 19,4 ha e ≈ 65 (64,5) residentes. Pertencentes a 149 freguesias de 52 municípios. Sendo estas subsecções o elemento estatístico, para o qual se calculará o grau de VS e dimensões constituintes. Do total de subsecções em análise, 599 (6,1 %) não contêm residentes. A área de estudo corresponde a 2,1% de Portugal continental mas nela residem 6,4% (634 232) dos habitantes, apresentando aproximadamente o triplo da densidade populacional, 332,1 hab/km² para 111,4 hab/km² do continente.

A área de estudo está inserida na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) I, de código alfanumérico “1” - Portugal continental. Todas estas unidades foram implementadas para a União Europeia com fins estatísticos, sendo que estão divididas em 3 níveis: I, II e III, delineados por valores demográficos. As NUTS II dividem-se em Regiões e as NUTS III em divisões mais detalhadas, no caso português, a um agrupamento de municípios que permite a integração deste nível como «unidade administrativa», tal como as NUTS I (INE, s.d; Vala, 2023). Os 52 municípios em estudo distribuem-se pelas 11 regiões NUTS III que contactam com o litoral, sendo estas de Norte para Sul: Alto Minho, Cávado, Área Metropolitana do Porto, Região de Aveiro, Região de Coimbra, Região de Leiria, Oeste, Grande Lisboa, Península de Setúbal, Alentejo Litoral e Algarve, nunca pertencentes a um Distrito inserido numa outra divisão administrativa.

Na Figura 9 está representado o número de residentes por subsecção estatística na área de estudo. Portugal continental foi dividido em 5 faixas, todas de escala igual à

faixa C. Tendo a figura uma escala de pequeno pormenor, é possível observar contrastes ao longo do litoral, entre áreas mais e menos populosas, a par da própria dimensão das subsecções. Os municípios com mais residentes na área de estudo é respetivamente e por ordem decrescente: Cascais, Oeiras, Matosinhos, Vila Nova de Gaia e Vila do Conde. Já os municípios com menos residentes, são: Grândola, Óbidos, Santiago do Cacém, Alcácer do Sal e Pombal.

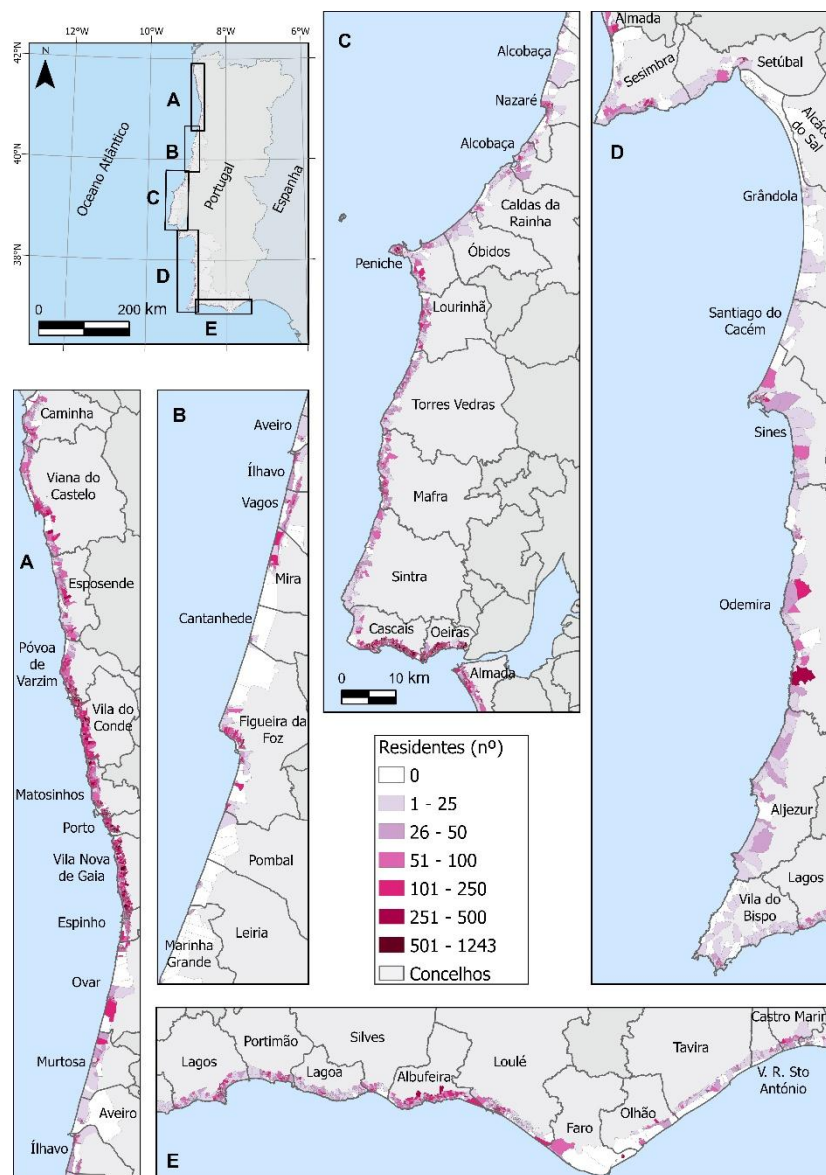


Figura 9 - População residente à data dos censos de 2021 por subsecção estatística.

Seguindo a metodologia aplicada no presente estudo, ao longo dos vários levantamentos censitários identificaram-se variações de subsecções estatísticas e área correspondente. Não obstante, apesar da diminuição do número de subsecções

estatísticas e da área correspondente (Tabela 1), de 2001 a 2021 ouve um incremento de aproximadamente 10% da população residente que a faixa aplicada agrega.

Tabela 1 - Evolução das subsecções estatísticas pelos Censos que intercetam a área de estudo.

	2001	2011	2021
Subsecções estatísticas	9 955	12 963	9 832
Área (km ²)	2 503,2	2 176,1	1 909,9
População	576 771	601 940	634 232

Ao nível da totalidade dos 52 municípios, a população residente passou de 3 341 041 para 3 578 245 indivíduos (Tabela 2), significando um aumento de 7,1%. Em termos percentuais, foram os municípios de Mafra (59,2), Albufeira (40) e Sesimbra (39,5) que mais residentes receberam. Pelo contrário, Alcácer do Sal (22,2), Porto (11,9) e Santiago do Cacém (10,7), foram os municípios que mais residentes perderam.

Tabela 2 - População residente nos 52 municípios em estudo, por Censo.

2001	2011	2021
3 341 041	3 543 062	3 578 245

2.2. METODOLOGIA

O cálculo do índice de Vulnerabilidade Social regeu-se pelas metodologias utilizadas por Mendes (2011), Mendes, Santos e Tavares (2019) e Santos e Ferreira (2023).

A avaliação da criticidade e capacidade de suporte passou por dois momentos, representados na Figura 10. No primeiro, procedeu-se à criação de inventários e respetiva normalização. No segundo momento, recorreu-se ao software *IBM SPSS Statistics 28.0.1.0* para a redução de informação, por meio de Análise Fatorial, mais precisamente da ACP, método amplamente utilizado no estado da arte para avaliar a VS.

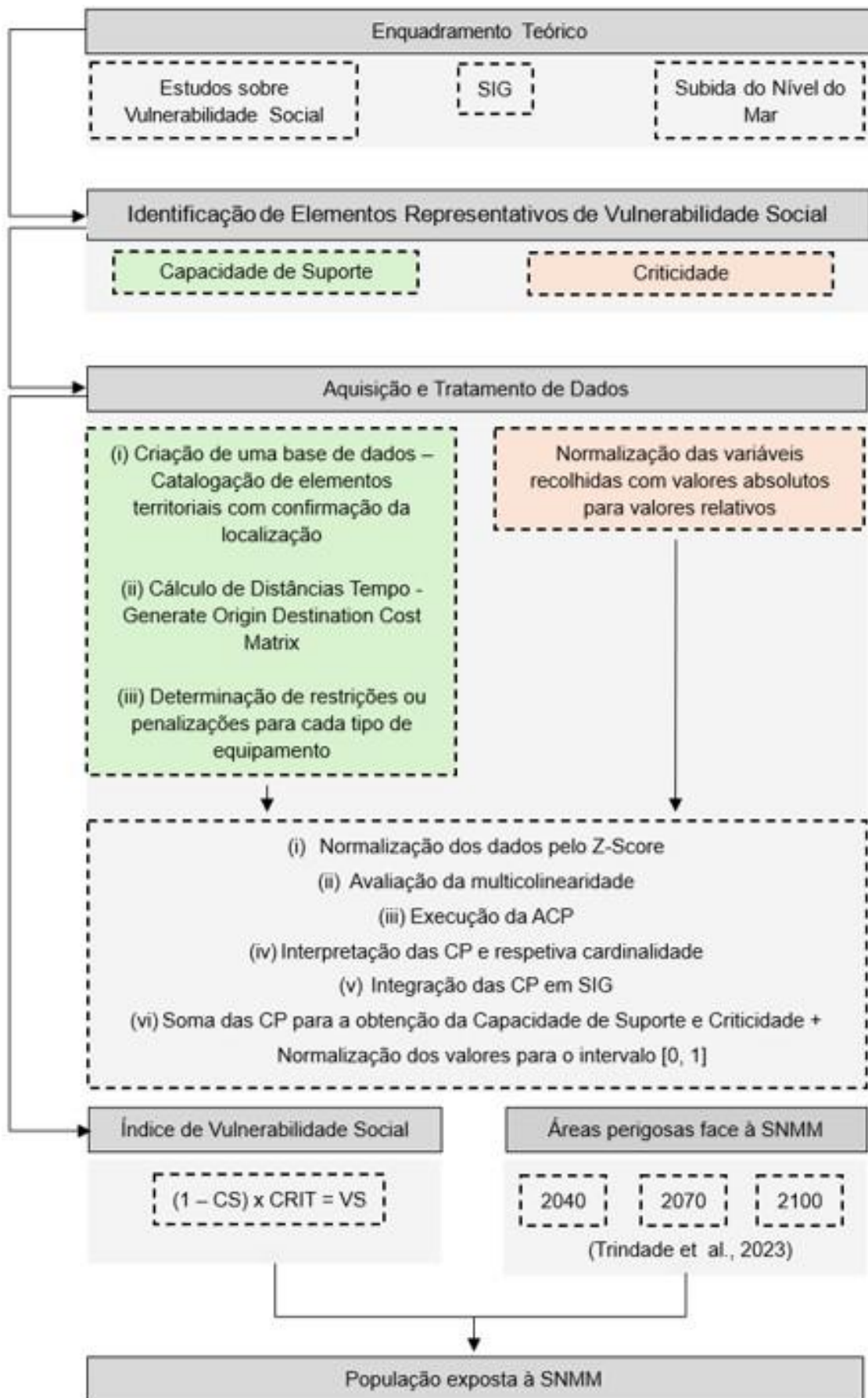


Figura 10 - Esquema metodológico.

Para a elaboração do índice de VS, sendo as subsecções estatísticas a unidade estatística em estudo, estas foram selecionadas pela interseção direta com uma faixa de 1 km ao longo do litoral continental. Não se ignorando subsecções estatísticas por área mínima, considerando-se o pior cenário possível, mesmo que as projeções para 2100 não alcancem a extensão definida.

2.2.1. FONTE E RECOLHA DE DADOS

Procedida a revisão bibliográfica, para os 52 municípios com elementos estatísticos foram criados dois inventários, o primeiro (Tabela 3), em sistema de coordenadas *ETRS 1989 Portugal TM06*, para a obtenção da capacidade de suporte constituído pelas características territoriais que podem providenciar uma maior resiliência das populações. Todas as variáveis espaciais apresentam uma estrutura de dados vetorial, pontos. À exceção da rede viária representada como linhas, esta tem as características necessárias para o cálculo da distância tempo.

Tabela 3 - Caracterização dos dados de base.

Elementos	Fontes
Centros e Extensões de saúde	ANPC; Bilhete de Identidade dos Cuidados de Saúde Primários
Empreendimentos turísticos	Dados abertos do Turismo de Portugal
Estações Salva-Vidas (ESV); Polícia Marítima, Postos de Controlo Costeiro da GNR	AMN; Guarda Nacional Republicana (GNR)
Farmácias	Associação Nacional de Farmácias
Forças policiais (Polícia de Segurança Pública, GNR e Polícia Municipal)	Polícia de Segurança Pública; GNR e respetivos websites autárquicos
Hospitais Públicos	GEOSAÚDE; Infarmed
Postos de combustíveis	Direção-Geral de Energia e Geologia
Quarteis de bombeiros	ANPC
Rede viária	EsrieHERE
Retalho (Hipermercados + Supermercados ¹ + Mercados Municipais)	ANPC; Websites oficiais das marcas

¹ – Aldi, Apolónia, Auchan, Continente, Coviran, E. Leclerc, Intermarché, Lidl, Meu Super, Minipreço, Pingo Doce, Spar, Supercor.

Durante a elaboração do inventário, em ambiente ArcGIS Pro 3.1.0 e Qgis 3.22.13, todos os dados em estrutura de pontos foram confirmados sendo comparados com informação presente no Google Maps e OpenStreetMap (OSM); Pois, desde logo nem todos os elementos continham informação referentes à morada ou coordenadas geográficas, como no caso das ESV do Instituto de Salvamento a Náufragos. Os Empreendimentos Turísticos apenas foram considerados no caso da existência de pelo menos 5 unidades de alojamento disponíveis de modo a existir uma comparação mais equilibrada entre equipamentos.

O segundo inventário, para a obtenção da criticidade, foi inicialmente constituído por 59 variáveis sociodemográficas resultantes dos Censos de 2021 (Tabela 4), ao nível da freguesia. Sendo que as variáveis com o símbolo “*” já se encontravam na forma normalizada pretendida, em percentagem. Esta base de dados, está associada por códigos administrativos da BGRI 2021 do INE.

Tabela 4 - Variáveis sociodemográficas iniciais do modelo de criticidade.

Designação	Código
Proporção de Agregados domésticos privados nos alojamentos familiares clássicos sobrelotados	Agre_F_Sob
Proporção de apoios de arrendamento	Al Arr Apo
Alojamentos familiares clássicos com lugar de estacionamento ou garagem	Alo_EstGar
Proporção de alojamentos familiares clássicos de uso sazonal *	AloFa_Sa
Proporção de alojamentos familiares clássicos arrendados ou subarrendados *	Aloj_Arren
Proporção de alojamentos familiares acessíveis a cadeiras de rodas	Aloj_F_aCR
Proporção de área útil por ocupante menor que 15 m ²	AUtil_PO15
Proporção de Beneficiárias/os de subsídios de desemprego	BeSo_desem
Proporção de Beneficiárias/os da prestação social para a inclusão	BeSo_Inclu
Proporção de Beneficiárias/os do rendimento social de inserção	BeSo_Inser
Densidade de alojamentos (nº/km ²) *	De_alo_km2
Densidade populacional (nº/km ²) *	Den_pop
Duração média dos movimentos pendulares da população residente empregada ou estudante *	DM_MovPed
Duração média dos movimentos pendulares da população residente empregada ou estudante que utiliza modo de transporte coletivo *	DM_MvP_Tco
Duração média dos movimentos pendulares da população residente empregada ou estudante que utiliza modo de transporte individual *	DM_MvP_Tin
Proporção de edifícios construídos até 1980	Edif_a1980
Proporção de famílias com 1 ou 2 pessoas	F_1ou2P
Proporção de famílias com mais de 4 pessoas	F_cM_4p
Proporção de núcleos familiares monoparentais	Fami_Monop
Idade média da população residente *	Idad_Med
Média de indivíduos por alojamento *	MedPe_Aloj
Proporção de população empregada na Agricultura, Pesca, Caça e Atividades extrativas	P_E_IPEXta
Proporção de trabalhadores ou estudantes noutra município	P_Emp_Nmun
Proporção de núcleos familiares de casais com 1 elemento do casal desempregado *	P_NF_1_des

Proporção de residentes PALOP	P_PALOP_21
Proporção da população empregada por conta de outrem *	P_pop_E_cO
Proporção de população empregada no setor primário	PEm_SPri
Proporção de população empregada no setor secundário	PEm_SSec
Proporção de população empregada no setor terciário (económico)	PEm_STeE
Proporção de população empregada no setor terciário (social)	PEm_STeS
Proporção de alojamentos com aquecimento	Perc_AI_cA
Proporção de alojamentos com ar condicionado	Perc_Ar_co
Proporção de mulheres	Perc_Mulhr
Proporção da população residente de nacionalidade estrangeira *	Perc_p_est
Proporção de população com mais de 14 anos de idade com pelo menos uma dificuldade (Ver, ouvir, andar ou subir degraus, Memória ou concentração, tomar banho ou vestir-se sozinho, compreender os outros ou fazer-se compreender)	Po_m14_c1D
Proporção de desempregados com o 9º concluído	Pop_9a_D
Proporção de residentes do Bangladeche, Índia, Nepal e Paquistão	Pop_BINP
Proporção de residentes brasileiros	Pop_Brasil
Proporção de população com menos de 5 anos	Pop_m_5ano
Proporção de residentes em alojamentos construídos até 1980	Pop_R_Ed80
Proporção de edifícios com necessidade de reparação	Por_Edi_cN
Proporção de alojamentos familiares clássicos vagos *	Pr_Alo_vag
Proporção de edifícios com necessidade de reparação construídos antes de 1980	Pr_Ed80_cN
Proporção de população entre os 15 e 24 anos	Pro_15_24a
Proporção de empregados em trabalhos não qualificados	Prof_nqual
Proporção de empregados em trabalhos qualificados	Prof_qual
Proporção de agregados domésticos privados com desempregados	T_Agr_cDem
Taxa de analfabetismo *	T_analf
Taxa de Mulheres ativas *	T_Ati_M
Taxa de desemprego *	T_desemp21
Proporção de estudantes que estudam no município onde residem	T_E_qEmm
Taxa de mulheres desempregadas *	T_M_demp
Proporção de alojamentos de residência habitual com pelo menos 200 m ²	T_Ma_200m2
Proporção de alojamentos de residência habitual com menos de 50 m ²	T_Men_50m2
Taxa de atividade *	T_pop_ativa
Proporção de População com o ensino superior completo	T_pop_ESup
Proporção de população com 65 ou mais anos	T_pop_m65
Proporção de População sem nenhum grau de ensino completo	T_pop_s_E
Valor dos encargos médios mensais devido a aquisição de habitação própria *	V_mens_HaP

2.2.2. CAPACIDADE DE SUPORTE

A partir do inventário, foram calculadas distâncias tempo dos equipamentos às subsecções estatísticas ou vice-versa, dependente da função de cada elemento, como indicado na Tabela 5, a partir da ferramenta *Generate Origin Destination Cost Matrix* no Arcmap 10.8.2 sendo necessária uma rede viária/Network Dataset e os centróides das

respetivas subsecções em estudo, com uma tolerância máxima de 950 m dos centróides à rede viária. Para os casos que excederam a distância máxima foi atribuído o valor mais prejudicial, dentro do determinado concelho da respetiva subsecção.

Tabela 5 - Metodologia aplicada para os elementos da capacidade de suporte.

Origem - Destino	Equipamento	Código	Metodologia
Subsecções – Equipamentos	Hospitais Públicos	DT_Hosp_P	Equipamento mais próximo
	Centros de Saúde	DT_CSaude	Equipamento mais próximo com restrição de município
	Farmácias Postos de combustível	DT_Farmaci DT_PComb	Tempo médios dos 3 equipamentos mais próximos
	Retalho	DT_Retalho	Soma dos pesos (1; 0,75; 0,5) dos 5 equipamentos mais próximos a dividir pela média de tempo percorrido
	Empreendimentos turísticos	DT_Empre_T	Limites municipais e 30 min de percurso máximo ; Soma do nº de camas multiplicado pela ponderação respetivo do anel de tempo de percurso: 0 a 15 min (1) e de 15 a 30 min (0,75)
Equipamentos - Subsecções	Bombeiros Forças de segurança	DT_Bombei DT_Polícia	Equipamento mais próximo
	Estações salva-vidas	DT_ESV	Equipamento mais próximo; Sendo o tempo dividido pela ponderação atribuída (1 ; 0,75 ou 0,5)

A distância tempo como medida de desigualdade de acesso em oposição à distância linear utilizada na bibliografia, foi calculada em minutos. Contudo, devido ao tipo de equipamento, a unidade de medida não foi calculada de igual modo para todos os elementos: de tempo decorrido ao equipamento mais próximo, à utilização de pesos para prejudicar equipamentos com menos valências, à atribuição de número de camas como valor da distribuição das variáveis. Para Hospitais, Centros de Saúde (Figura 11), Farmácias; Postos de Combustíveis; Bombeiros (Figura 12) e Forças de Segurança, o tempo é o valor atribuído, não sendo aplicados pesos. No caso do *Retalho* foi atribuído uma penalização para os Supermercados (0,75) e aos Mercados Municipais (0,5) em contraste com os Hipermercados (1), somando-se o peso dos 5 equipamentos mais próximos a dividir pela média de tempo dos percursos, de forma a beneficiar os mais rápidos.

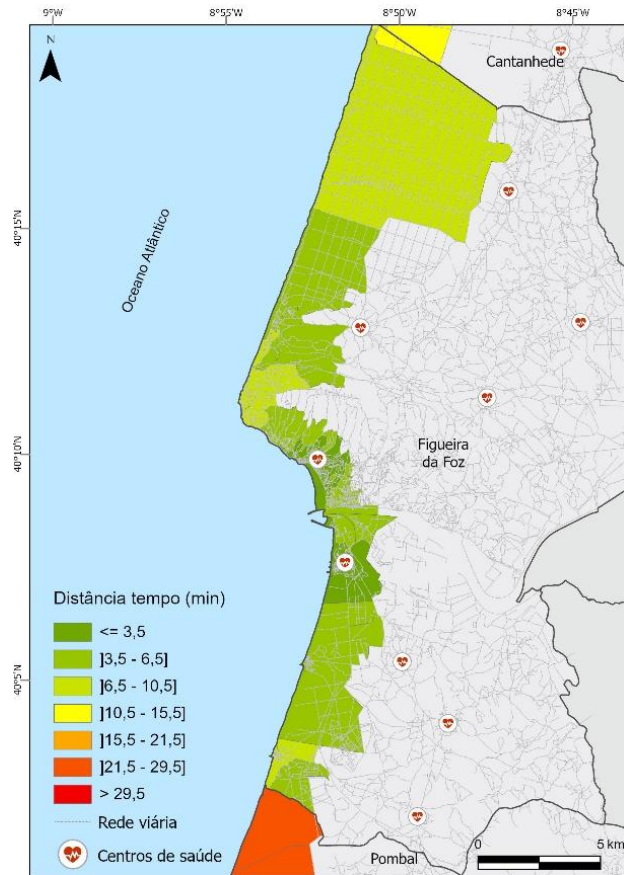


Figura 11 – Representação espacial da distância tempo para a variável Centros de Saúde.

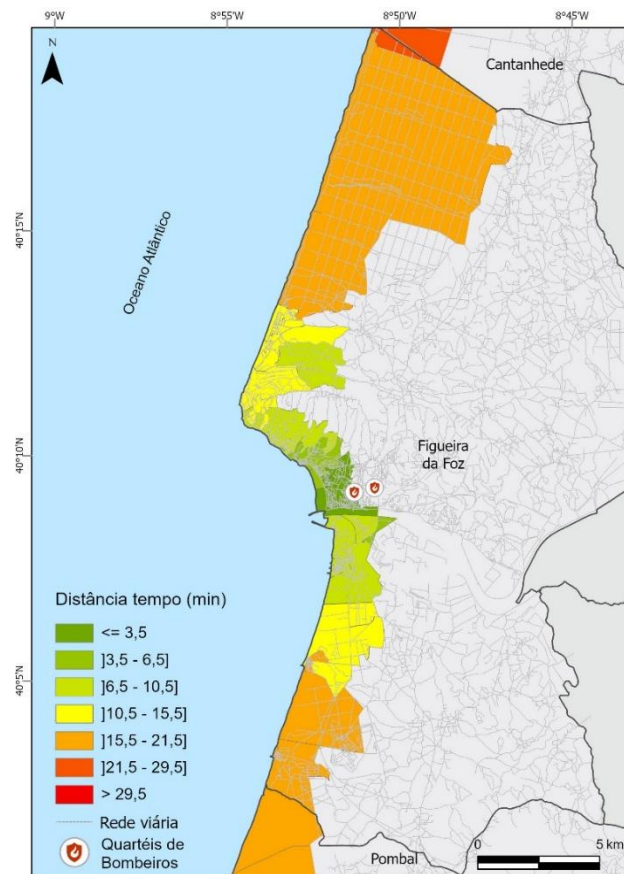


Figura 12 - Representação espacial da distância tempo para a variável Bombeiros.

Para a variável *Empreendimentos turísticos*, como abrigo temporário, a metodologia é ligeiramente diferente das restantes. O seu cálculo foi restringido por município (Anexo 3), tal como para os Centro de Saúde (Anexo 4), através de modelos Model Builder do Arcmap para automatizar o processo para os 52 municípios e de seguida agregar o valor correspondente a cada subsecção para a representação cartográfica. Nesta variável, foi efetuada uma pesquisa por subsecção a todos os empreendimentos turísticos cujo percurso tenha o máximo de 30 minutos; para cada ligação criada foram efetuadas multiplicações do número de camas por 1 no caso de o equipamento encontrar-se até 15 minutos da subsecção e por 0,75 quando se encontra entre 15,01 e 30 minutos, somando-se todas as ligações para a obtenção do peso por subsecção, a fim de se beneficiar o abrigo temporário mais próximo.

A distância tempo para as instalações de socorro marítimo foi calculada para as subsecções em contacto com a linha de costa, às restantes não foram atribuídos valores diretamente; assim para as subsecções *Null* foi atribuído o valor da subsecção em contacto com a linha de costa mais próxima, por meio da ferramenta *Near* e de duas shapefiles de pontos: Uma com os centróides das subsecções que contactam com a linha de costa, com valores de distância tempo atribuídos, e outra com os restantes centróides. As ESV do ISN têm três tipos de instalações: principais, secundárias e temporárias, assim, para os casos em que estes são as instalações mais próximos, são atribuídos pesos de 1; 0,75 e 0,5 respetivamente e 1 para as restantes instalações, sendo o tempo dividido pelo peso. Para esta variável foi necessário criar uma nova Network Dataset ao longo da linha de costa, utilizando-se a ferramenta *Create Network Dataset* em ambiente ArcGis Pro, obtendo-se o percurso em distância, a distância tempo foi obtida através de uma razão com o valor médio da velocidade máxima das Embarcações Salva-vidas do ISN: 31,5 nós equivalentes a 58,3 km\h.

2.2.3. CRITICIDADE

Para a conclusão do inventário da criticidade, às restantes variáveis da Tabela 4 não normalizadas, foram aplicados os procedimentos indicados na Tabela 6: de valores absolutos para percentagens.

Tabela 6 - Normalização aplicada nas restantes variáveis do modelo de criticidade

Código	Normalização
Agre_F_Sob	Foi calculado com recurso a duas variáveis: “Nº de agregados domésticos privados nos alojamentos familiares clássicos sobrelotados” / “Nº de agregados domésticos privados nos alojamentos familiares clássicos” x 100
Al_Arr_Apo	“Alojamentos familiares clássicos arrendados com apoio ao arrendamento” / “Alojamentos familiares clássicos arrendados” x 100
Alo_EstGar	“Alojamentos familiares clássicos com lugar de estacionamento ou garagem” / “Alojamentos familiares clássicos” x 100
Aloj_F_aCR	“Alojamentos familiares clássicos acessíveis a cadeiras de rodas” / “Alojamentos familiares clássicos” x 100
AUtil_PO15	Soma dos alojamentos familiares clássicos de residência habitual das classes “Menos de 10 m ² ” e “10 m ² a menos de 15 m ² ” a dividir pelo total de alojamentos familiares clássicos x 100.
BeSo_Inser, BeSo_Inclu e BeSo_desem	Variáveis com valor absoluto por concelho. Igualou-se o valor das respetivas freguesias sendo aplicada uma divisão pelo número de residentes x 100
Edif_a1980	Soma das classes de edifícios contruídos antes de 1919 a 1980, dividindo pelo número total de edifícios
F_1ou2P	Soma dos agregados domésticos com 1 e 2 pessoas a dividir pelo total de agregados domésticos x 100
F_cM_4p	Total de agregados domésticos menos o total dos agregados domésticos com 1, 2, 3 e 4 pessoas a dividir pelo total de Agregados domésticos x 100
Fami_Monop	“Núcleos familiares monoparentais” / “Núcleos familiares” x 100
P_E_IPEXta	Soma das classes das Atividades económicas “Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca” e “Indústrias extractivas” dividido pelo total de população empregada x 100
P_Emp_Nmun	“Pop empregada ou que estuda noutra concelho” / “Pop empregada e estudante residente” x 100
P_PALOP	Somas dos residentes dos países: Angola, Cabo Verde, Guiné-Bissau, Moçambique, São Tomé e Príncipe dividido pela população residente total x 100
PEm_SPri	“Pop empregada no sector primário” / “Pop empregada” x 100
PEm_SSec	“Pop empregada no sector secundário” / “Pop empregada” x 100
PEm_STeE	“Pop empregada no sector terciário (social)” / “Pop empregada” x 100
PEm_STeS	“Pop empregada no sector terciário (económico)” / “Pop empregada” x 100
Perc_AI_cA	Foi efetuada uma subtração do nº de alojamentos familiares clássicos pelos alojamentos familiares clássicos sem nenhum tipo de aquecimento a dividir pelos alojamentos familiares clássicos x 100
Perc_Ar_co	“Alojamentos familiares clássicos com ar condicionado” / “Alojamentos familiares clássicos” x 100
Perc_Mulhr	“Pop residente do sexo feminino” / “Pop residente” x 100
Po_m14_c1D	“Pop residente com mais de 14 anos com pelo menos 1 dificuldade ¹ ” / “Pop residente com mais de 14 anos” x 100
Pop_9a_D	“Pop desempregada com o 3º ciclo de escolaridade como nível de escolaridade mais elevado concluído” / “Pop residente com o 3º ciclo de escolaridade como nível de escolaridade mais elevado concluído” x 100

Pop_BINP	Soma dos residentes dos países: Bangladeche, Índia, Nepal, Paquistão dividindo pela população residente total vezes 100
Pop_Brasil	“Residentes de nacionalidade Brasileira” / “Pop residente” x 100
Pop_m_5ano	Soma das classes de população residente “Menos de 1 ano” a “4 anos” a dividir pela “Pop residente” x 100
Pop_R_Ed80	Soma das classes de pessoas residentes em edifícios construídos até 1980 dividido pela soma de residentes x 100
Por_Edi_cN	Foi necessário utilizar os edifícios sem necessidade de reparação para subtrair pelo total de edifícios, dividindo pelo nº total de edifícios x 100
Pr_Ed80_cN	Soma das classes de edifícios contruídos antes de 1919 a 1980 com necessidade de reparação a dividir pelo número de edifícios construídos até 1980
Pro_15_24a	“Pop residente com 15 a 24 anos” / “Pop residente” x 100
Prof_nqual	(“Operadores de instalações e máquinas e trabalhadores da montagem” + “Trabalhadores não qualificados”) / “Pop empregada” x 100
Prof_qual	(“Representantes do poder legislativo e de órgãos executivos, dirigentes, directores e gestores executivos” + “Especialistas das atividades intelectuais e científicas”) / “Pop. Empregada” x 100
T_E_qEmm	Soma das classes de população residente estudante na freguesia onde reside ou noutra freguesia, do mesmo município a dividir pelo total de população residente estudante x 100
T_Men_50m2	Soma das classes “Menos de 30 m ² ”, “30 m ² - 39 m ² ”, “40 m ² - 49 m ² ” a dividir pelo total de “Alojamentos familiares clássicos de residência habitual” x 100

2.2.4. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIAL

O fluxo de procedimentos para a obtenção do índice de Vulnerabilidade Social é repetido duas vezes pois a criticidade e capacidade de suporte são calculadas separadamente:

- (i) Normalização dos dados pelo Z-Score (Figura 13), em que a média passa a ser 0 e o desvio-padrão 1.

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Sendo:
 μ - Média
 σ - Desvio padrão

Figura 13 - Fórmula do Z-Score.

- (ii) Avaliação da multicolinearidade por meio da matriz de correlação em que se exclui um dos pares de variáveis de maior correlação de Pearson, começando por $\geq |0,9|$; $\geq |0,8|$ e por fim $\geq |0,7|$ até se obter um conjunto robusto de variáveis.

- (iii) Execução da ACP com rotação Varimax e extração de componentes com Eigenvalues ≥ 1 ; Em que se obtém e analisa Matrizes anti-imagem, os scores das Comunalidades e os testes da Medida de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e Esfericidade de Bartle de forma a se verificar valores aceitáveis destes últimos.
- (iv) Interpretação das componentes principais e respetiva cardinalidade de acordo com o efeito na VS.
- (v) Exportação dos dados do SPSS para o ArcGIS Pro, unindo a informação com a sua componente espacial, através dos códigos administrativos da BGRI.
- (vi) Soma das Componentes Principais (CP) com o respetivo peso de variância explicativa no modelo (Figura 14). Sendo posteriormente aplicada uma redução da assimetria dos valores pela normalização no intervalo [0, 1] (Figura 15), de forma a que os elementos da CRIT e CS possuam a mesma amplitude de valores. No caso da CRIT, foi obtida ao nível da freguesia e transposta para as respetivas subsecções.

$$S = x_1.p_1 + x_2.p_2 + x_3.p_3 + \dots + x_n.p_n$$

Onde:

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ são as componentes principais que integram a CS;

$p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ são os pesos, que se obtém da divisão da respetiva variância explicativa pela variância explicativa total do modelo.

Figura 14 - Soma das CP para um determinado parâmetro (criticidade ou capacidade suporte).

$$N = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

Figura 15 - Normalização dos valores entre 0 e 1.

Na sequência dos passos anteriores, foi calculado o Índice de Vulnerabilidade Social no qual se multiplica a criticidade pela capacidade de suporte de acordo com a Figura 16. Quanto mais elevada a capacidade de suporte, menor será a VS, tendo uma expressão inversa à criticidade é necessário traduzir tal de forma quantitativa, assim, é subtraído 1 pelos scores da capacidade de suporte. De notar que a criticidade foi obtida ao nível da freguesia, à exceção de duas variáveis incorporadas no modelo ao nível do concelho, como tal, as variáveis que se traduzem em percentagens, foram transferidas em percentagens correspondentes das freguesias para as respetivas subsecções de modo

a obter-se a VS ao nível da subsecção. Assim, existe homogeneidade de criticidade por subsecções estatísticas da mesma freguesia.

$$\begin{array}{ccc} \text{Subsecção} & \text{Subsecção com valor de} & \text{Subsecção} \\ & \text{freguesia} & \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ (1 - \text{Capacidade de Suporte}) \times \text{Criticidade} = \text{Vulnerabilidade Social} \end{array}$$

Figura 16 – Índice de Vulnerabilidade Social.

Na inexistência de residentes, a CRIT é também inexistente a par da VS, contudo a CS continua a expressar-se espacialmente.

Na génese das 5 classes de VS e cartografias respetivas, está a classificação de intervalos do desvio padrão, sendo elas: ≤ -1.5 a Muito baixa; $] -1.5, -0.5]$ a Baixa; $] -0.5, 0.5]$ a Moderada; $] 0.5, 1.5]$ a Elevada e > 1.5 a Muito elevada.

2.2.5. RESIDENTES EXPOSTOS E RESPETIVA VULNERABILIDADE SOCIAL

Obtida a VS, procedeu-se à determinação de residentes expostos aos cenários de SNMM para os anos de 2040, 2070 e 2100. Considerando-se o forçamento climático das projeções SSP1-2.6, SSP2-4.5 e SSP5-8.5 para cada ano, de acordo com Trindade et al. (2023). Para tal, procedeu-se à interceção espacial das subsecções estatísticas com cada um dos limites projetados das áreas perigosas fase ao avanço do NMM combinado com os eventos extremos, não se excluindo subsecções por área mínima afetada de modo a se considerar o pior cenário de exposição, para que, não se subestime o número de residentes expostos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo apresentar-se-ão os resultados do Índice de Vulnerabilidade Social e suas dimensões intermédias.

3.1. CAPACIDADE DE SUPORTE

Na análise da multicolinearidade entre as 9 variáveis verificou-se a existência de 2 pares com coeficiente de correlação de Pearson superior a $|0,7|$ (anexo x), nomeadamente DT_Bombeiros – DT_Policia (0,739) e DT_Farmacias – DT_PComb

(0,817), dada a natureza espacial das variáveis não se excluíram os pares e averigou-se os testes KMO e Esfericidade de Bartlett obtendo-se valores ótimos de 0,856 e 0,000 respetivamente, assim, comprovou-se que a variância partilhada entre variáveis é reduzida e que os dados são adequados para a análise fatorial.

A ACP produziu um modelo com 2 CP e 65,47% de variância explicativa; As 2 componentes (CP1 e CP2) obtidas foram analisadas para a atribuição de nome e respetiva cardinalidade (Tabela 7) de acordo com a contribuição para a capacidade de suporte. Na Tabela 7 estão também discriminadas as variáveis que integram as CP com respetivo peso fatorial.

Tabela 7 - Componentes Principais e respetivas variáveis explicativas da Capacidade de Suporte.

CP	Nome (% variância explicada)	Nº de variáveis	Cardinalidade	Variáveis explicativas (peso fatorial)
1	Proteção civil e recursos de contingência (52,139)	7	-	DT_Bombeir (,876); DT_Farmac (,870); DT_PComb (,850); DT_Policia (,775); DT_CSaude (,746); DT_Hosp_P (,701); DT_Retalho (-,640)
2	Alojamento temporário e cobertura de salvamento marítimo (13,331)	2	+	DT_Empre_T (,886); DT_ESV (-,565)

3.1.1. CP1 – PROTEÇÃO CIVIL E RECURSOS DE CONTINGÊNCIA

A CP1 é composta pelas variáveis distância-tempo *Bombeiros, Farmácias, Postos de Combustível, Forças de segurança, Centros de Saúde, Hospitais Públicos e Retalho*, com 52,12 % de variância explicada. Nesta componente foi necessário inverter a cardinalidade, pois quanto menores os scores, menores serão os tempos de resposta e deslocação e, portanto, maior será a cobertura dos equipamentos que proporcionam valências para a recuperação da população em caso da ocorrência do perigo natural.

A nível da área de estudo, o território apresenta 357 159 (56,3%) dos residentes em 3 736 subsecções (38%) com uma boa cobertura das variáveis da CP1, correspondente a áreas de maior densidade populacional, sendo que apenas 0,1% se enquadra na classe mais elevada correspondente a 565 residentes e 8 subsecções (Figura 17), estas últimas, encontram-se nos concelhos da Póvoa de Varzim, Peniche e Almada. Em contraste, 2 402 subsecções (24,4%) onde residem 71 547 residentes (11,3%) possuem

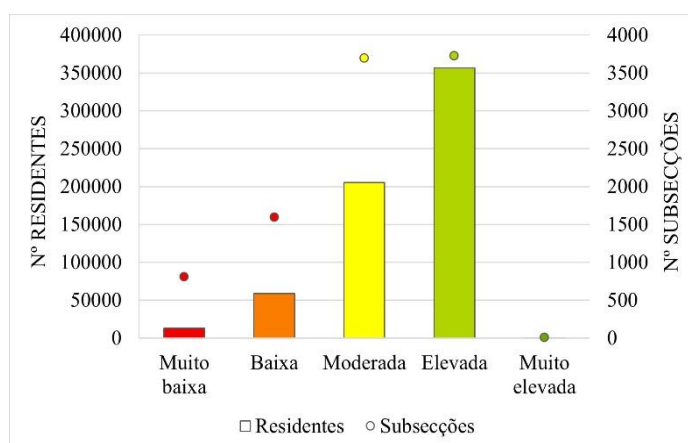


Figura 17 – Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP1 da CS.

uma baixa e muito baixa cobertura, traduzindo-se em áreas de baixa densidade e longe de aglomerados populacionais de maior dimensão (Figura 18).

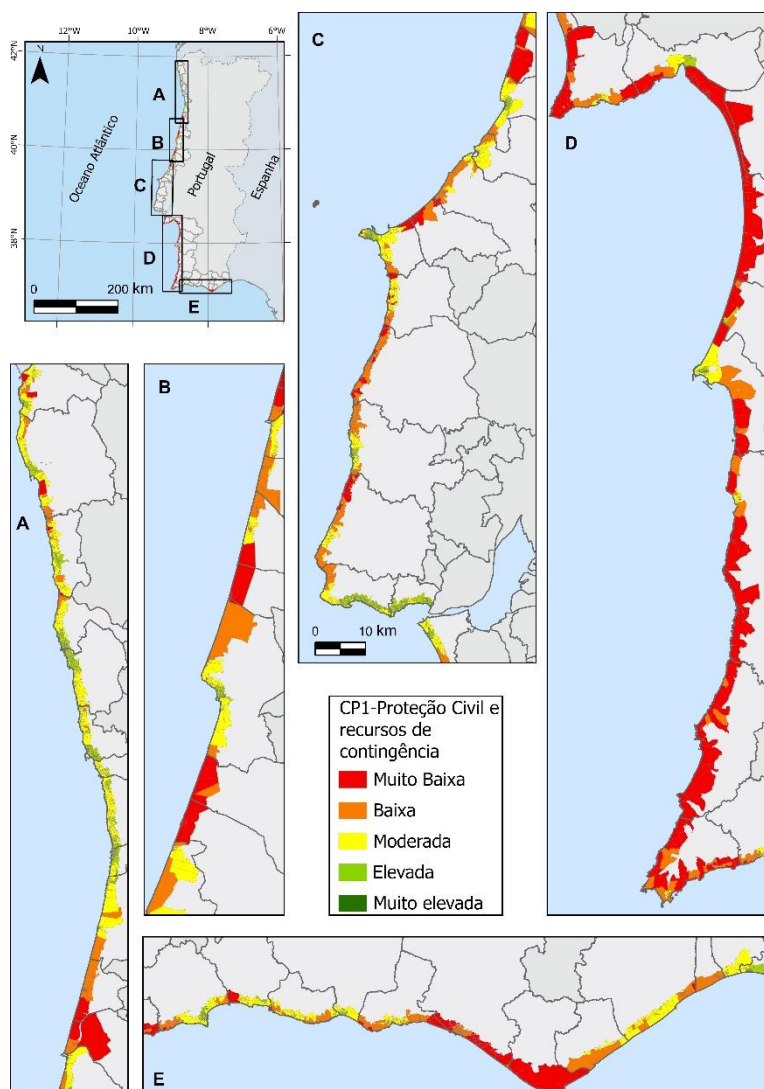


Figura 18 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP1 da CS.

3.1.2. CP2 - ALOJAMENTO TEMPORÁRIO E COBERTURA DE SALVAMENTO MARÍTIMO

A CP2 agrega os *Empreendimentos Turísticos* e *Equipamentos Salva-vidas* com 12,33 % de variância explicada, agrega as 2 variáveis que serão acionadas com a ocorrência de eventos perigos, proporcionando auxílio direto. A cardinalidade desta CP manteve-se, pois quanto maiores os scores, maior disponibilidade de alojamento temporário será disponibilizado e menor será o tempo de resposta das estações salva-vidas.

Na CP2 observa-se a existência de 125 156 residente (19,7%) em 1 662 subsecções (16,9%) com uma elevada ou muito elevada cobertura pela CP (Figura 19), com valores próximos nas classes muito baixa e baixa, com 99 505 residentes (15,7%) em 2 206 subsecções (22,4%), assemelhando-se a uma distribuição simétrica. As subsecções com scores da classe muito elevada encontram-se nos concelhos do Porto, Albufeira e Loulé (Figura 20).

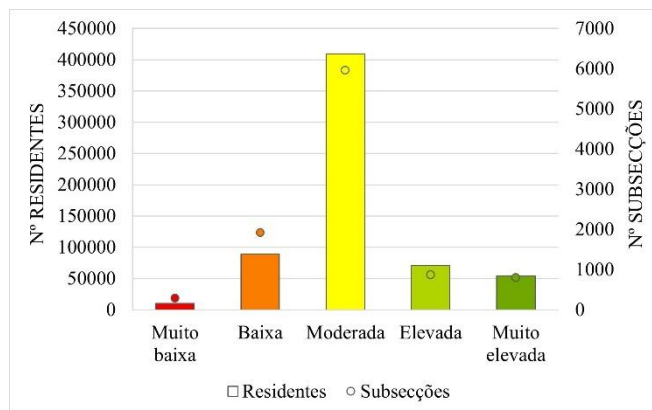


Figura 19 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP2 da CS, 2021.

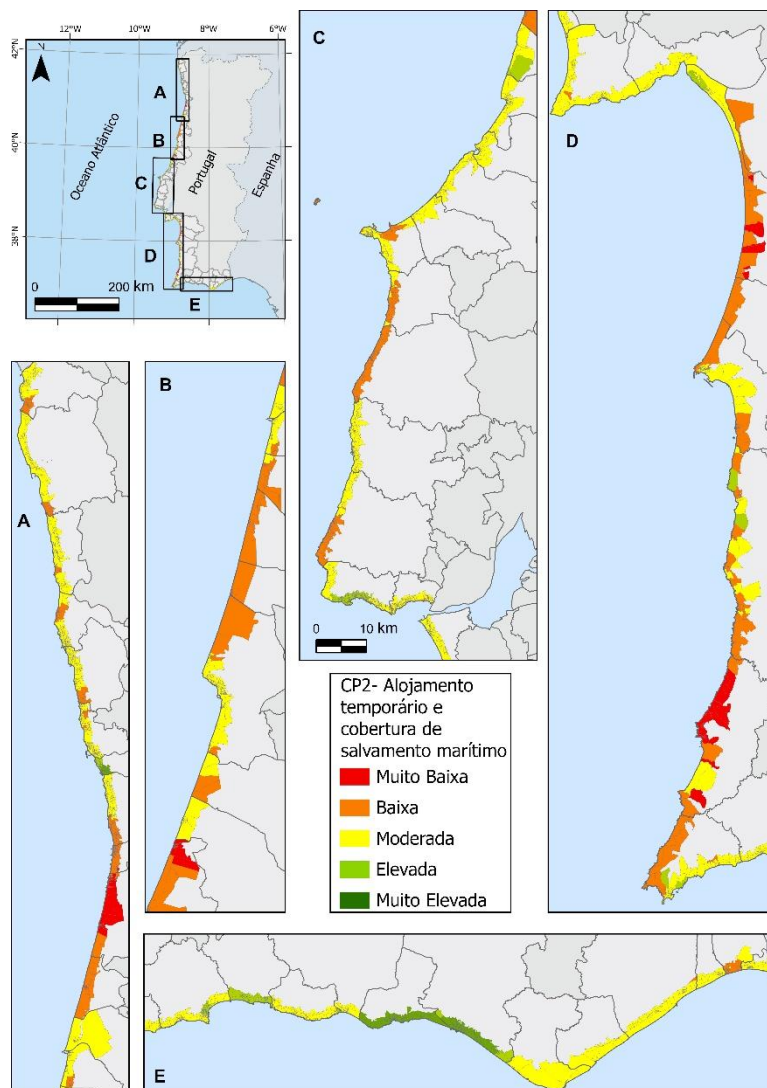


Figura 20 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP2 da CS, 2021.

3.1.3. MODELO FINAL DE CAPACIDADE DE SUPORTE

A Figura 21 representa o mapa da CS para as subsecções da orla costeira de Portugal continental. Apesar da reduzida quantidade de subsecções, 889 em 9832 (9%), com uma CS muito baixa, as suas grandes áreas (média de 95,65 ha) e a escala utilizada, pode induzir o leitor a que esta seja a realidade percentual das subsecções do território, contudo, tal não se verifica, pois devido à pouca densidade populacional essas mesmas subsecções com baixa CS apresentam áreas muito superiores em contrapartida às subsecções de classe elevada e muito elevada (média de 3,16 ha e 1,16 ha respetivamente).

A par da CP1, o histograma da CS apresenta-se uma distribuição assimétrica negativa (Figura 22), com a maioria da população (61,3%) a residir em subsecções (41,9%) com boa CS mas apenas 1% de residentes em 55 subsecções com capacidade mitigadora muito elevada.

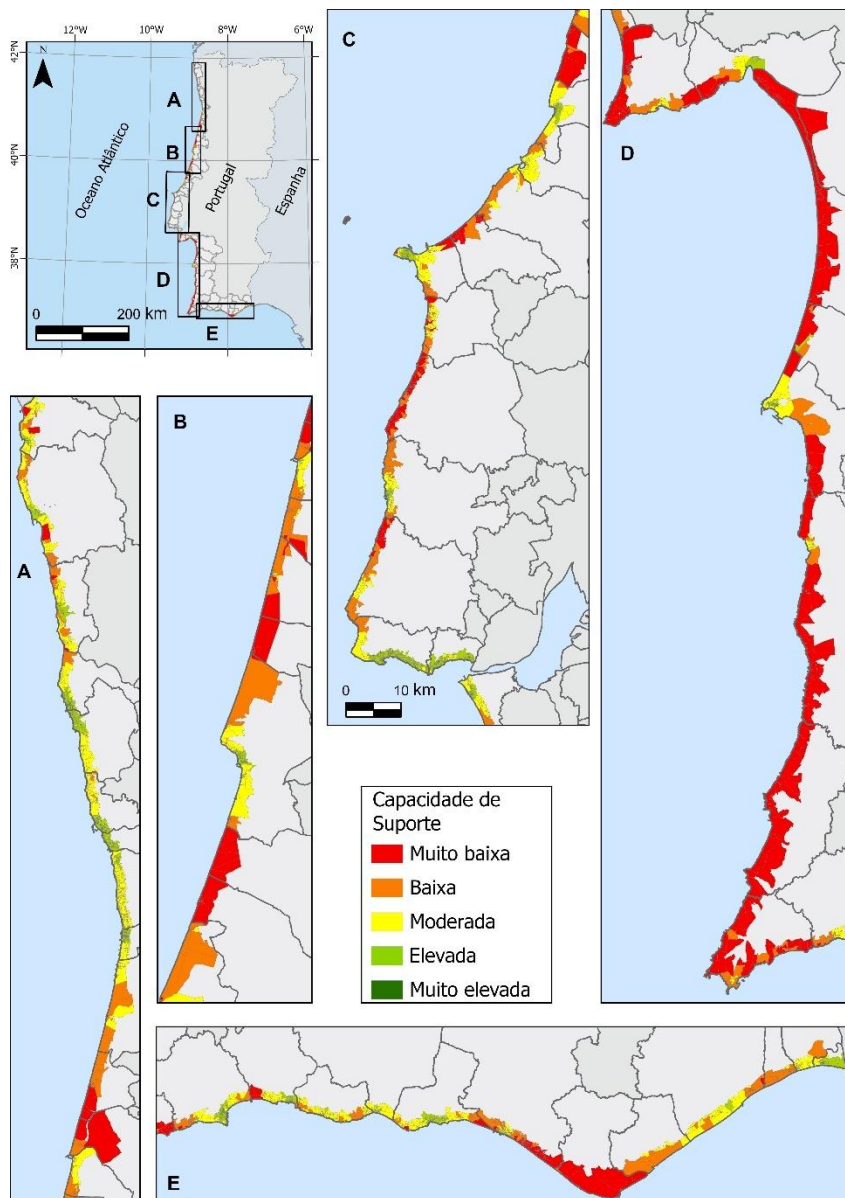


Figura 21 – Capacidade de suporte em 2021 e respetivas classes.

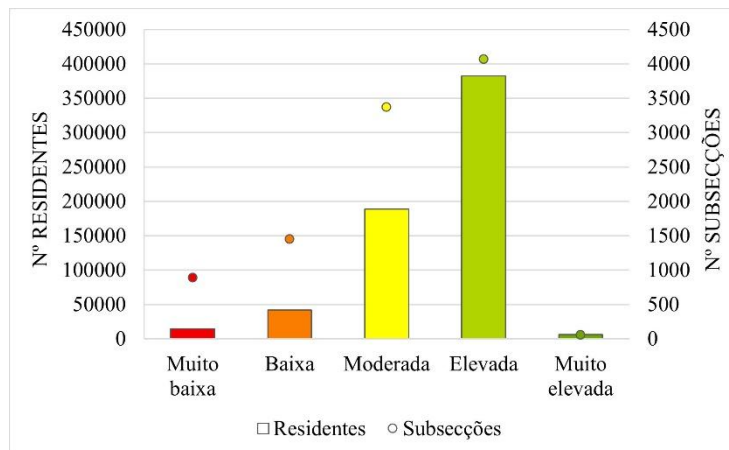


Figura 22 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CS.

3.2. CRITICIDADE

Das 59 variáveis iniciais, mantiveram-se 25 no modelo final. Concluída a limpeza da matriz de correlações, testou-se a redundância do modelo, por meio do teste KMO e Bartlett, obtendo-se uma matriz não positiva definida: continuando a existir redundância no modelo, não necessariamente perceptível pela matriz de correlações (Lorenzo-SevaeFerrando, 2020), foram excluídas variáveis com abundância de zeros e/ou de baixa capacidade interpretativa à luz da criticidade não acrescentando informação pertinente, repetindo-se o passo até à obtenção de um modelo robusto, com um valor de 0,770 para a KMO e 0,000 para a Esfericidade de Bartlett.

O modelo apresenta 67,76% de variância explicativa, sendo composta por 8 componentes principais. Na Tabela 8 estão discriminados os nomes atribuídos às CP, variância explicada, cardinalidade atribuída e variáveis que as integram com respetivo peso fatorial.

Tabela 8 - Componentes Principais e respetivas variáveis explicativas da CRIT.

CP	Nome (% variância explicada)	Nº de variáveis	Cardinalidade	Variáveis explicativas (peso fatorial)
1	Idade e contexto urbano antigo (21,21)	5	+	T_pop_m65 (.858); T_pop_s_E (.646); Edif_a1980 (.570); Po_m14_c1D (.564); T_Agr_cDem (-,550)
2	Alojamentos sobrelotados (11,18)	3	+	AUtil_PO15 (.856); T_Men_50m2 (.782); Agre_F_Sob (.645)
3	Desemprego (7,99)	3	+	T_M_demp (.870); Pop_9a_D (.809); T_Agr_cDem (.695)

4	Condição socioeconómica (7,13)	3	-	T_pop_ESup (,767); Prof_nqual (-,726); Aloj_Arren (,520)
5	Mobilidade (6,85)	4	+	P_Emp_Nmun (,759); DM_MovPed (,720); DM_MvP_Tco (,665); T_E_qEmm (-,553)
6	Grupos sociais de risco (5,05)	3	+	Beso_Inser (,687); Aloj_F_aCR (-,661); Beso_Inclu (,636)
7	Condições de alojamento (4,30)	2	-	Perc_Ar_co (,697); Pr_ED80_cN (-,636)
8	Mulheres e população estrangeira em empregos não qualificados (4,06)	2	Abs	Perc_Mulhr (,791); Perc_p_est (-,544)

3.2.1. CP1 - IDADE E CONTEXTO URBANO ANTIGO

A CP1 explica 21,21% da variância onde os residentes com 65 ou mais anos são a variável dominante, um dos grupos etários mais expostos a eventos extremos. As 3 variáveis mais dominantes apresentam peso fatoriais positivos, pois aumentam a VS, assim, scores elevados significam elevadas percentagens de população idosa em residências com menor qualidade e resistência estrutural a perigos naturais, mantendo-se a cardinalidade da CP positiva. O peso fatorial negativo da variável de “Proporção de agregados domésticos privados com desempregados” é condição da variável dominante nesta CP1, tendo um papel mais forte na CP3.

Existem 11 084 (1,7%) pessoas em contexto de scores muito elevados nesta CP, nomeadamente, no perímetro do Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina, Lagos, Tavira, Óbidos e Leiria (Figura 23).

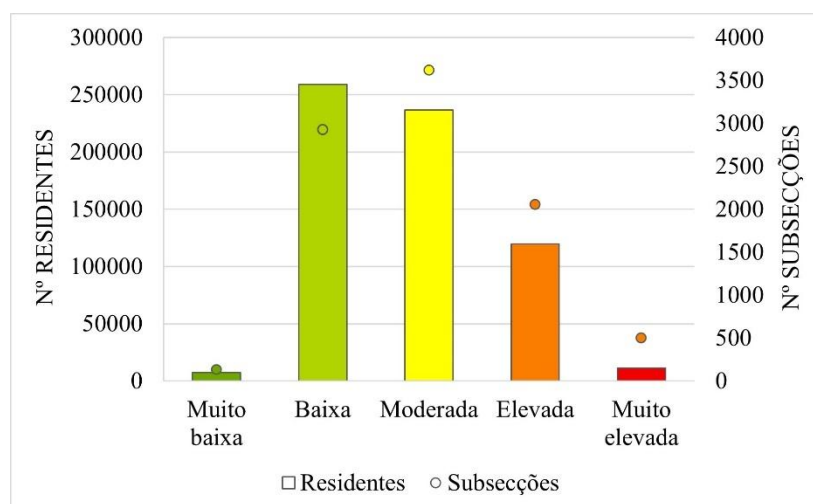


Figura 23 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP1

Na Figura 24 observa-se o mapa dos scores da CP1 da criticidade, com a omissão das subsecções estatísticas sem residentes e consequentemente, sem criticidade.

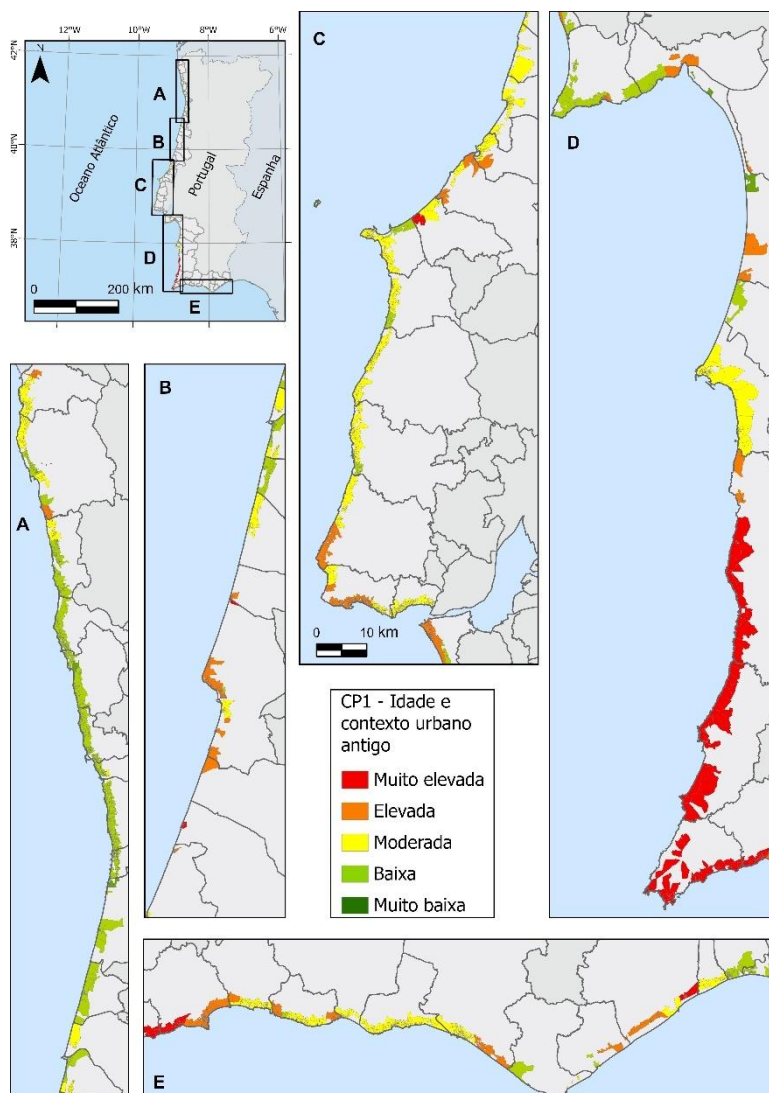


Figura 24 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP1 da CRIT, 2021.

3.2.2. CP2 - ALOJAMENTOS SOBRELOTADOS

Na CP2 com 11,28% da variância, as variáveis que dominam a mesma, traduzem a dimensão dos Alojamentos sobrelotados, que normalmente deriva de dificuldades económicas, sendo essa a sua denominação. As 3 variáveis apresentam peso fatoriais positivos, contribuindo para o aumento da CRIT quanto mais elevados os scores. A distribuição dos scores é muito semelhante à CP1 ao nível do histograma mas muda espacialmente, à exceção de Odemira que retém parte dos valores mais elevados. Do universo de residentes, 15 413 (2,43%) encontra-se em situação de criticidade muito elevada (Figura 25), localizados em Espinho, Sesimbra e Almada para além do concelho

supramencionado. Na Figura 26 observa-se a espacialização das classes da CP2 respetiva á criticidade.

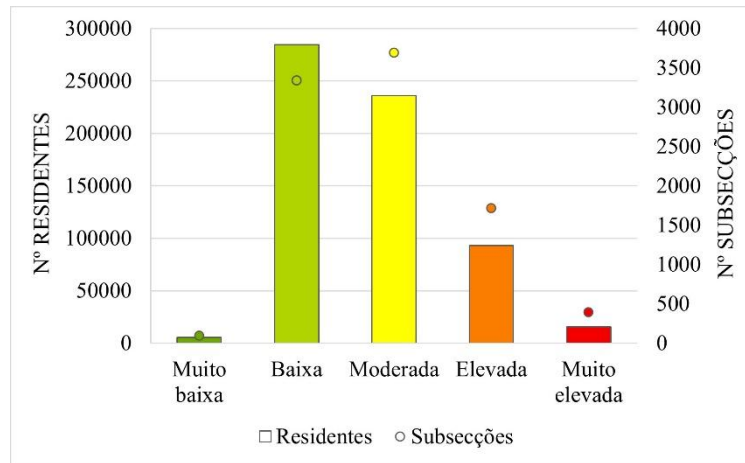


Figura 25 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP2 da CRIT.

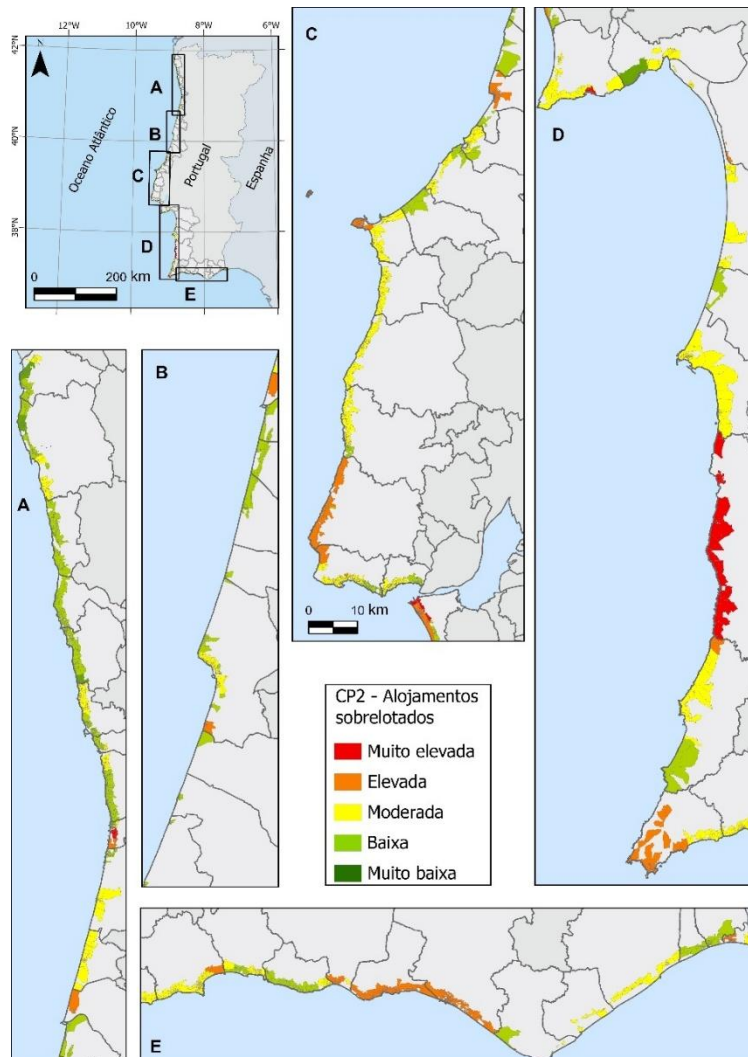


Figura 26 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP2 da CRIT, 2021.

3.2.3. CP3 - DESEMPREGO

A CP3 agrega 3 variáveis da dimensão do desemprego, que por norma aumentam a criticidade devido aos menores rendimentos. Estas apresentam peso fatoriais positivos bem como a Componente, que explica 7,99% da variância. Os maiores scores encontram-se no Algarve, nomeadamente em Lagoa, Albufeira, Loulé e Vila Real de Santo António (Figura 27).

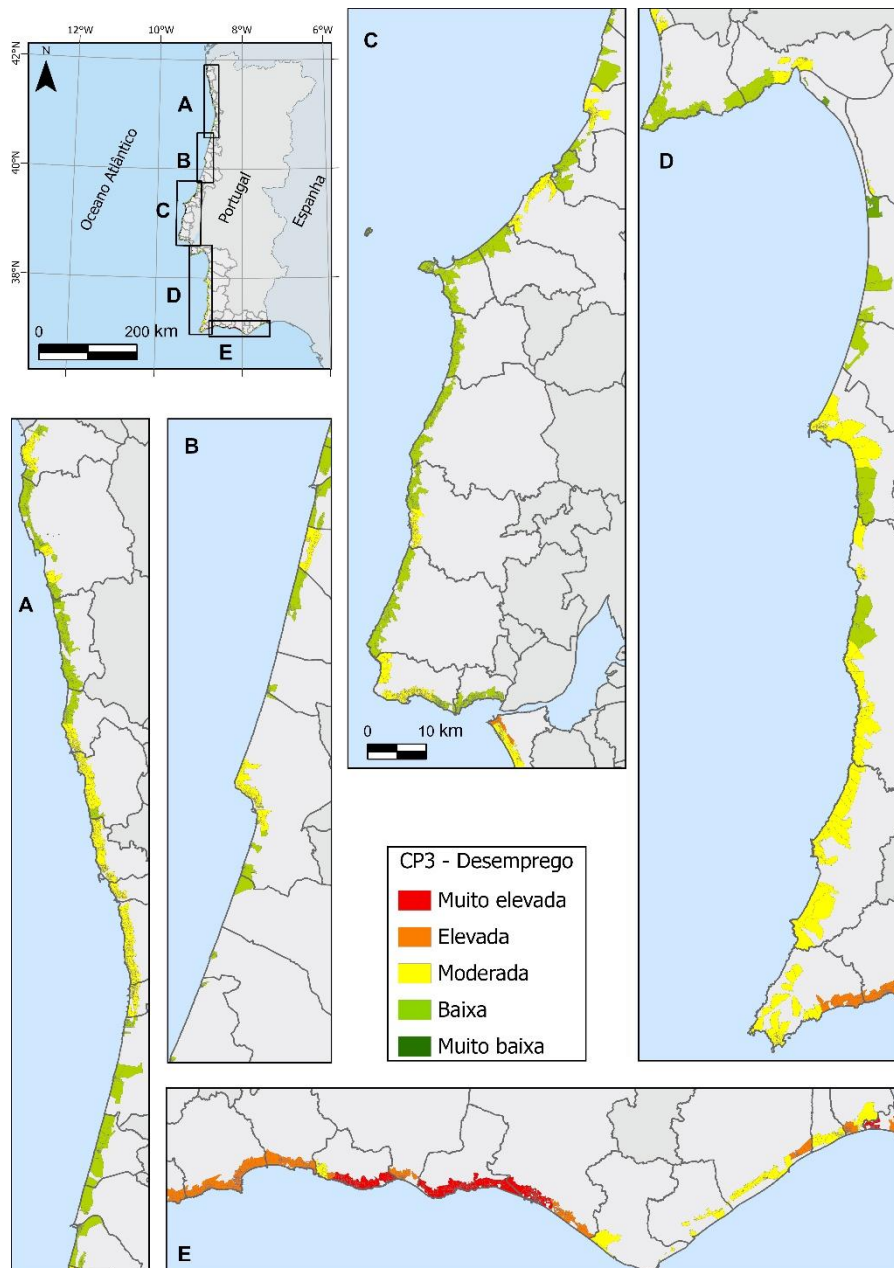


Figura 27 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP3 da CRIT, 2021.

A classe de criticidade muito elevada representa 6,82% (43 225) dos residentes, já a elevada, apresenta valores semelhantes, como se constata na Figura 28, sendo o valor de 6,42% (40 696).

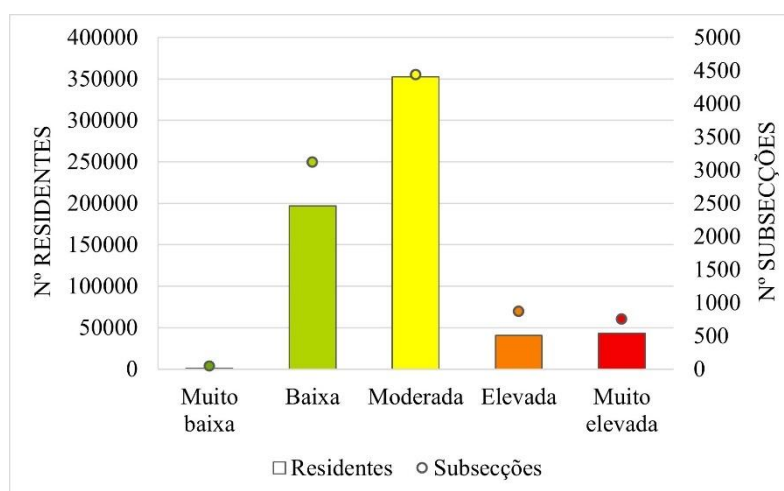


Figura 28 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP3 da CRIT.

3.2.4. CP4 - CONDIÇÃO SOCIOECONÓMICA

A CP4 agrega 2 variáveis que incidem na condição socioeconómica, sendo a *Proporção de População com o ensino superior completo* com peso fatorial positivo, dominante, nesta componente com 7,13% de variância explicada. Por norma, pessoas com um elevado grau de escolaridade estão associadas a um elevado status socioeconómico, tendo o efeito de diminuir a criticidade, ao contrario de profissões não qualificadas normalmente associado a rendimentos baixos, que nesta Componente, apresenta peso fatorial negativo, sendo uma relação inversa entre as 2 variáveis mais dominantes: na existência de muitos residentes com ensino superior completo, poucos residentes com empregos não qualificados existem. Assim, para esta CP traduzir o incremento de criticidade, foi aplicado uma multiplicação dos scores por “-1”. Nesta área de estudo, o arrendamento não é fator de incrementar a criticidade, estando associado a um status económico elevado.

Existem 14 027 residentes (2,21%) em situação de criticidade muito elevada nesta CP, localizando-se em 354 subsecções de 13 freguesias (Figura 29). Por outro lado, 148 841 residentes (23,47%) apresentam uma criticidade muito baixa residindo em 1 174 subsecções de 5 freguesias (Figura 30).

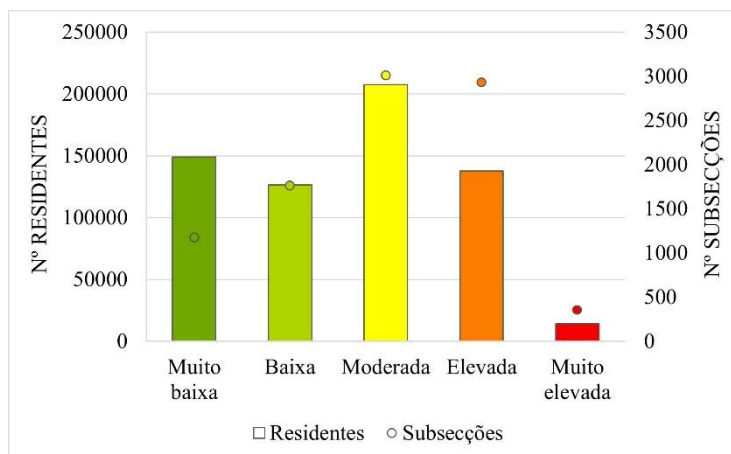


Figura 29 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP4 da CRIT.

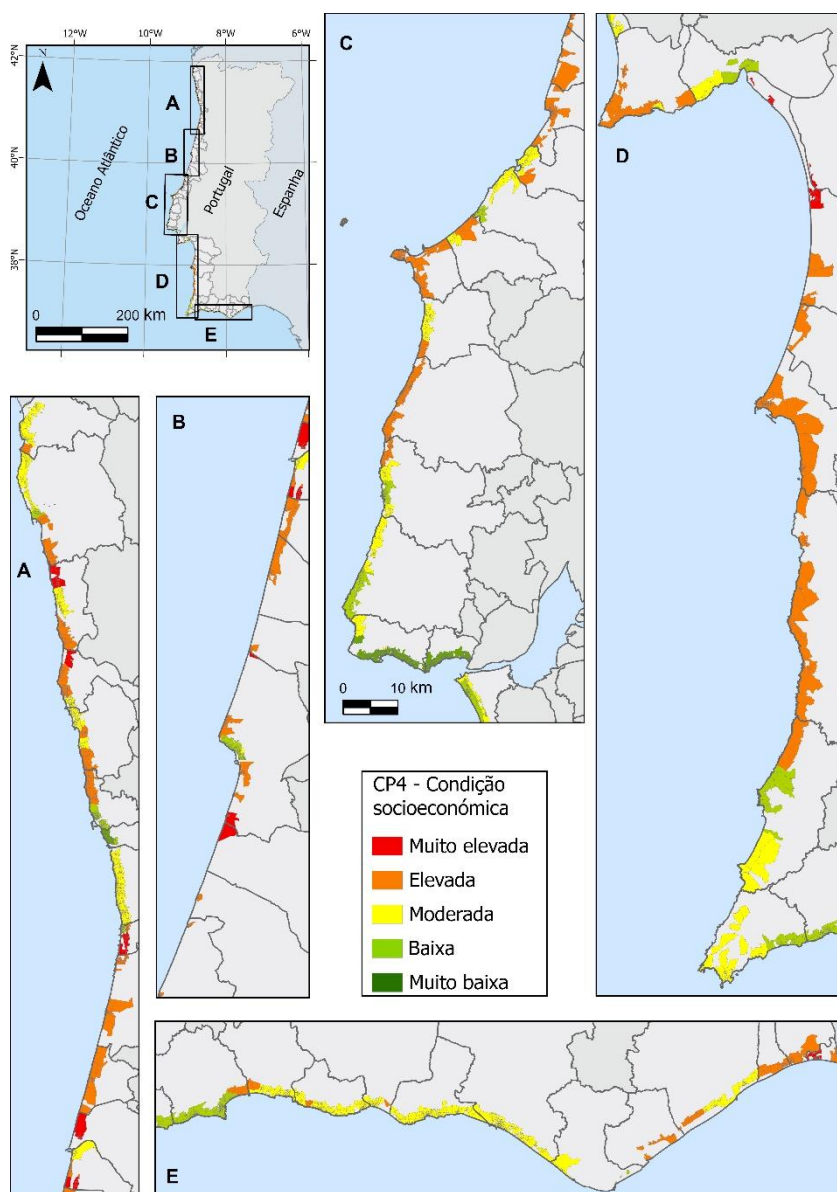


Figura 30 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP4 da criticidade, 2021.

3.2.5. CP5 - MOBILIDADE

A CP5 que explica 6,85% da variância é constituída por 4 variáveis que traduzem a *Mobilidade* da população empregada e estudante. As 3 variáveis mais dominantes apresentam peso fatorial positivo, assim como a cardinalidade; Maior tempo de deslocação casa-trabalho ou casa-escola é prejudicial, incrementando a criticidade. Quanto maiores os scores, maior a média dos movimentos pendulares da população residente e a utilização de transportes coletivos nos mesmos.

Na área de estudo existem 80 858 residentes (12,75%) em 675 subsecções (7,31%) de 5 freguesias que apresentam uma criticidade muito elevada nesta CP. Sendo que apenas 20% dos residentes apresentam criticidade baixa ou muito baixa, evidenciando que os movimentos pendulares de maior duração são a norma, comparado com 56% dos residentes que apresentam criticidade elevada ou muito elevada (Figura 31).

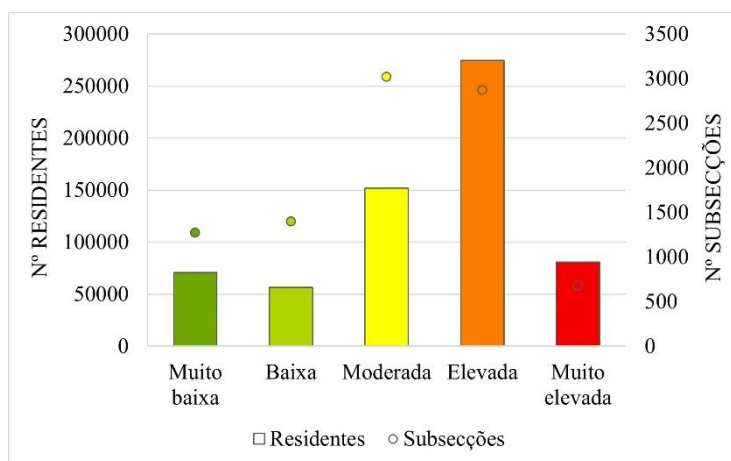


Figura 31 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP5 da criticidade.

Na figura 32 observa-se a distribuição espacial dos scores da CP5 em que se demarca a concertação de criticidade elevada e muito elevada nas áreas metropolitanas do Porto e Lisboa.

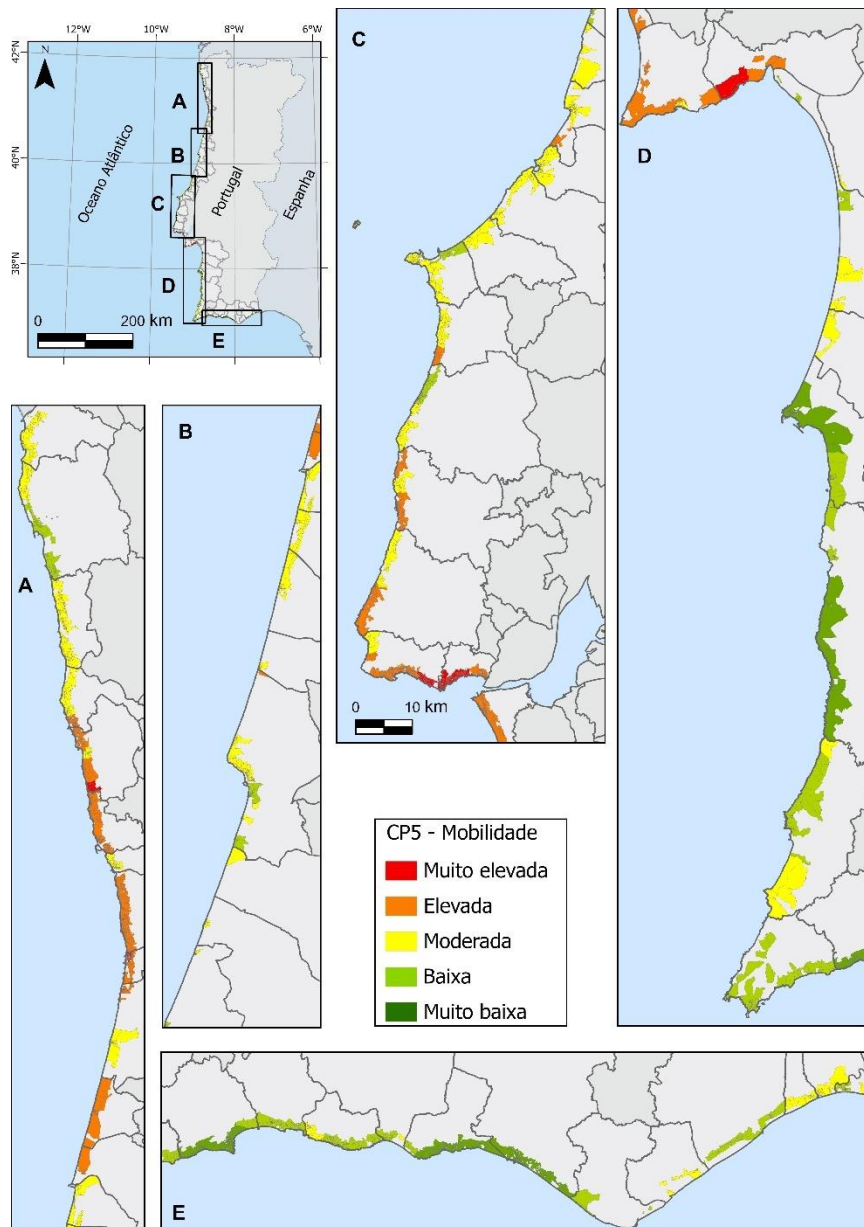


Figura 32 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP5 da CRIT, 2021.

3.2.6. CP6 - GRUPOS SOCIAIS DE RISCO

A CP6 que explica 5,05% da variância, é constituída pelos grupos sociais de risco, incorporando pessoas com pelo menos 60% de incapacidade e beneficiários do rendimento social de inserção, sendo um indicador de carências económicas que contribuem para o aumento da criticidade.

Na Figura 33 estão identificados os residentes e subsecções estatísticas com determinada classe de criticidade. Existem 51 184 pessoas (8,07%) residentes em 1 047 subsecções (11,34%) de 3 freguesias, 2 no Porto e 1 em Espinho (Figura 34), com criticidade muito elevada.

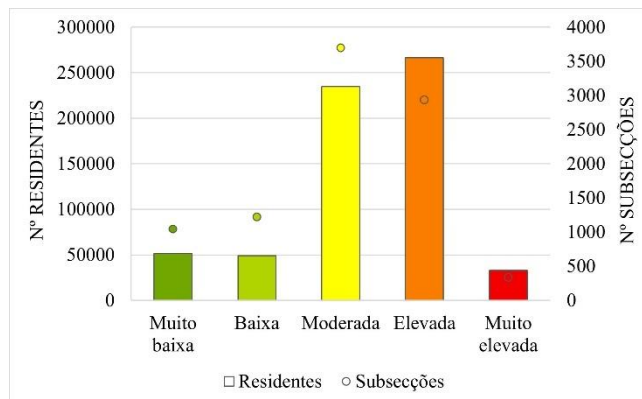


Figura 33 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP6 da CRIT.

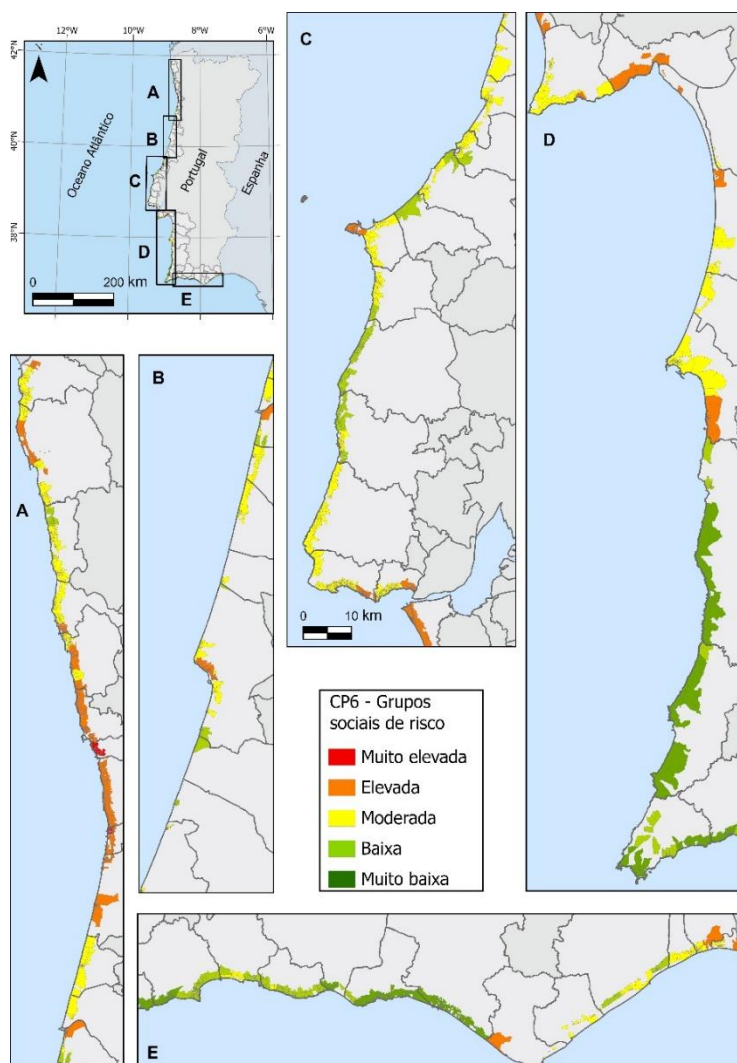


Figura 34 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP6 da CRIT, 2021.

3.2.7. CP7 - CONDIÇÕES DE ALOJAMENTO

A CP7 que explica 4,30% da variância, incorpora a variável *Proporção de alojamentos com ar condicionado* com peso fatorial positivo e a variável *Proporção de edifícios com necessidade de reparação construídos antes de 1980* com peso fatorial negativo; Sendo uma relação inversa, quanto maiores os scores, maior a proporção de alojamentos com ar condicionado e menor a proporção de necessidade de reparação de edifícios construídos antes de 1980, traduzindo-se em melhores condições e maior qualidade estrutural do edifício, assim, foi necessário corrigir a cardinalidade da CP, multiplicando-se os scores por “-1”.

Na classe de scores mais elevados (Figura 35) encontram-se 13 884 residentes (2,19%) em 297 subsecções (3,22%) de 10 freguesias, distribuídas por Viana do Castelo, Póvoa de Varzim, Vila do Conde, Figueira da Foz, Nazaré, Óbidos, Peniche, Grândola, Odemira e Vila do Bispo (1 por concelho) (Figura 36).

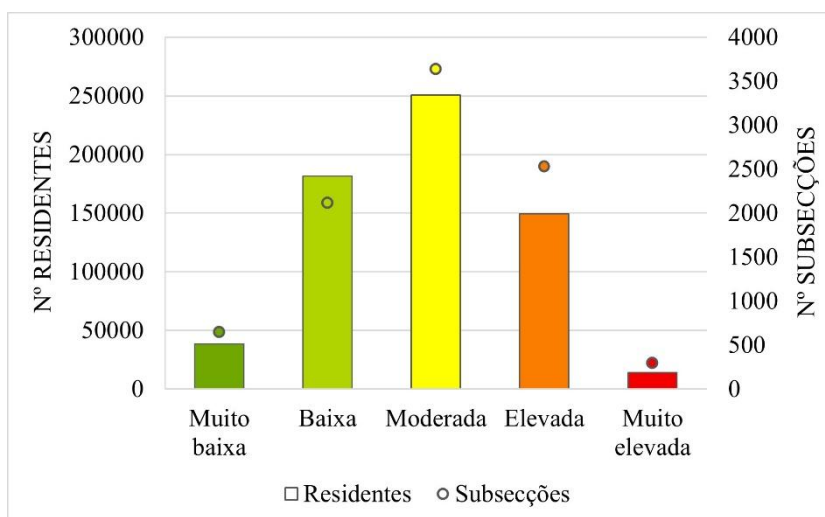


Figura 35 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP7 da CRIT..

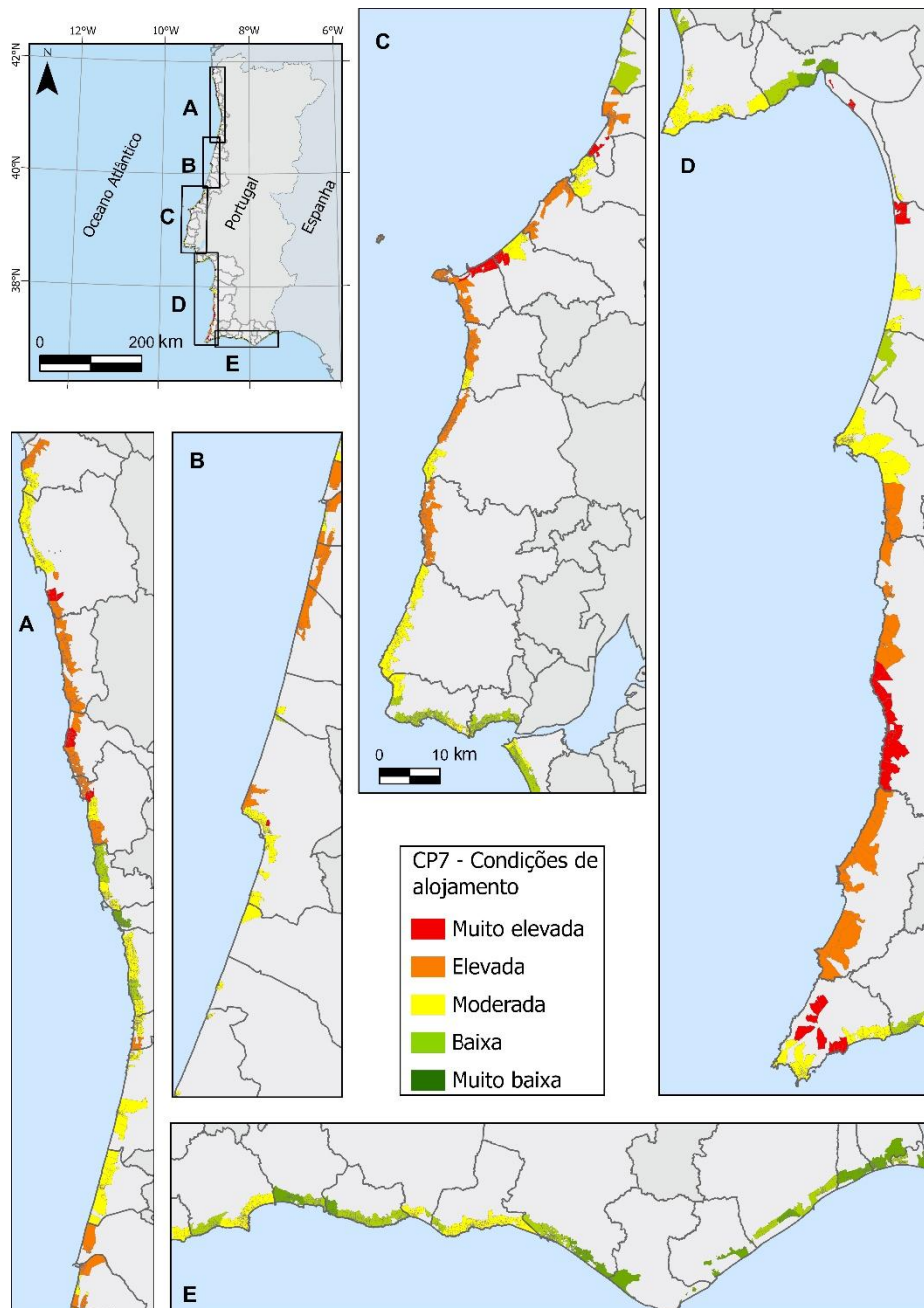


Figura 36 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP7 da CRIT, 2021.

3.2.8. CP8 - MULHERES E POPULAÇÃO ESTRANGEIRA EM EMPREGOS NÃO QUALIFICADOS

A CP8 que explica 4,06% da variância, incorpora 2 variáveis que por norma incrementam a criticidade. Pessoas do sexo feminino são consideradas mais vulneráveis pois normalmente têm um rendimento menor e mais responsabilidades familiares resultando numa capacidade de recuperação a desastres mais difícil, a par da população estrangeira devido às diferenças cultural e condições socioeconómicas

mais desfavoráveis, estando, nesta componente, associado a trabalhos não qualificados. Assim, como as 2 variáveis têm peso fatoriais opostos, foi utilizado o valor absoluto para a atribuição da cardinalidade.

Nesta CP não existem residentes em situação de criticidade muito baixa (Figura 37). A maioria dos residentes (74,36%) encontra-se em situação de criticidade moderada, 8% em situação de vulnerabilidade elevada e 1,35% em muito elevada, estes últimos localizados em freguesias 8 freguesias, 1 no concelho de Grândola, 5 na área do Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina, 1 em Lagos e outra em Tavira (Figura 38).

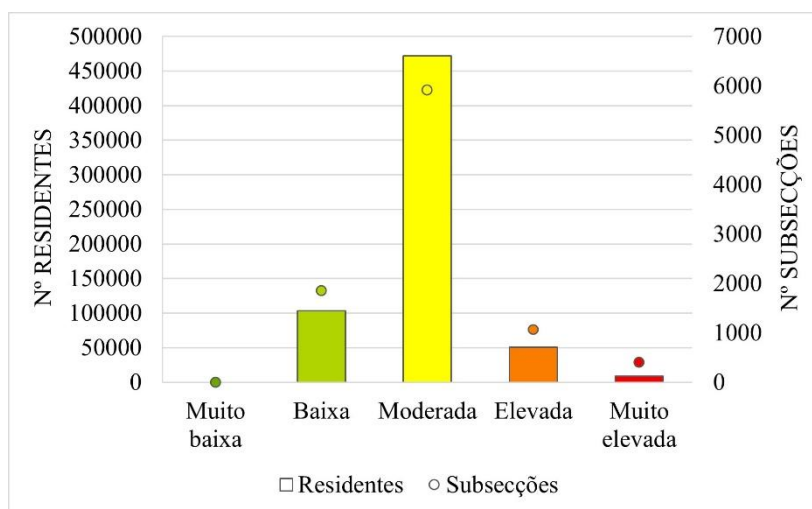


Figura 37 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CP8 da CRIT..

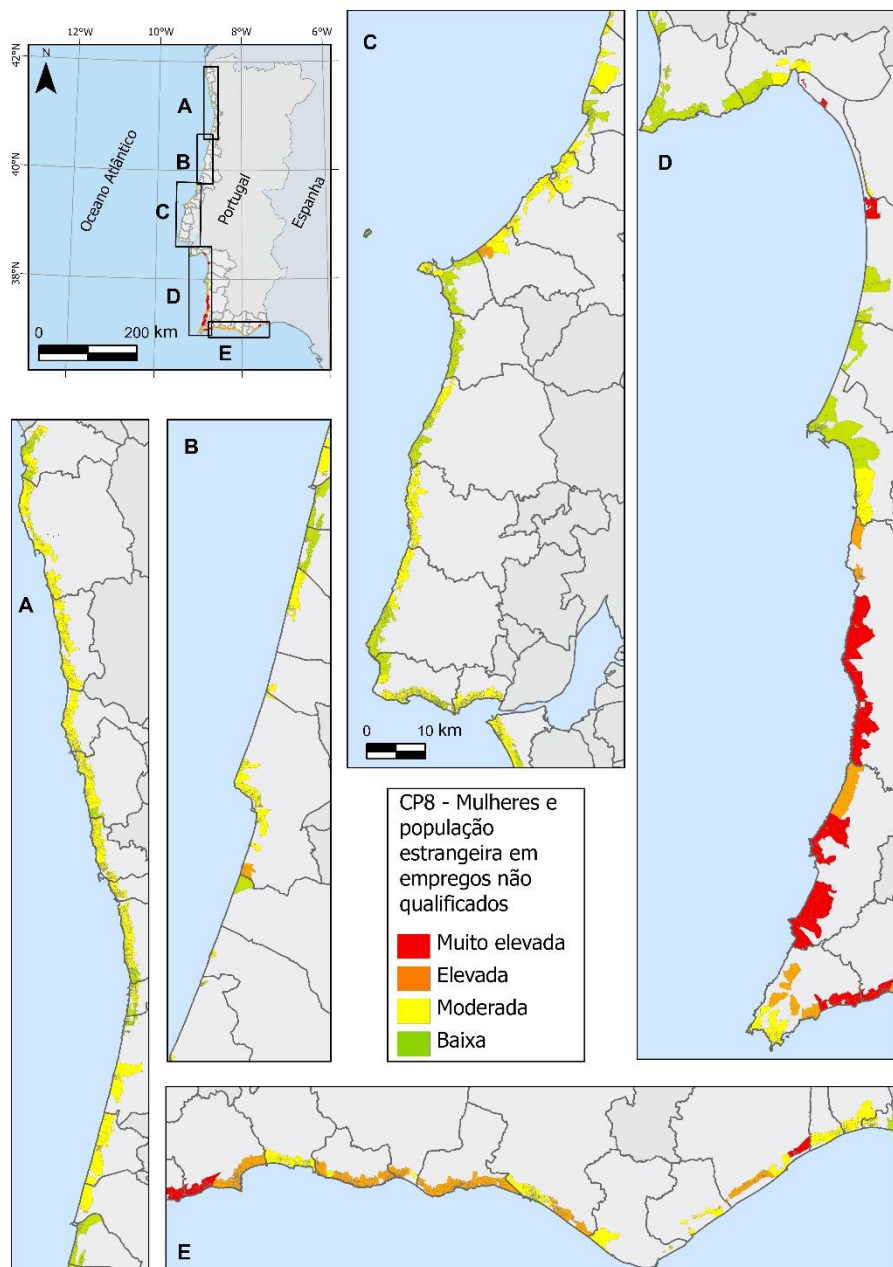


Figura 38 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CP8 da CRIT, 2021.

3.2.9. MODELO FINAL DE CRITICIDADE

Como resultado, nas 8 CP obteve-se os seguintes valores de CRIT representados nas Figuras 39 e 40. Consta-se que na área de estudo, 50 320 (7,93%) residentes encontram-se em situação de criticidade elevada e 35 252 (5,56%) em muito elevada (Figura 39). Sendo que estes últimos encontram-se em 12 freguesias distribuídas por 9 concelhos, nomeadamente: Espinho, Almada, Sesimbra, Odemira, Aljezur, Vila do Bispo, Lagos, Lagoa e Albufeira (Figura 40).

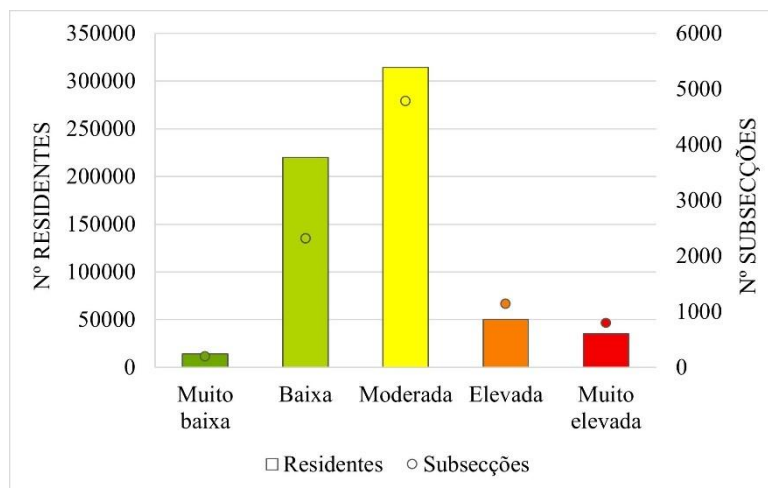


Figura 39 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe da CRIT, 2021.

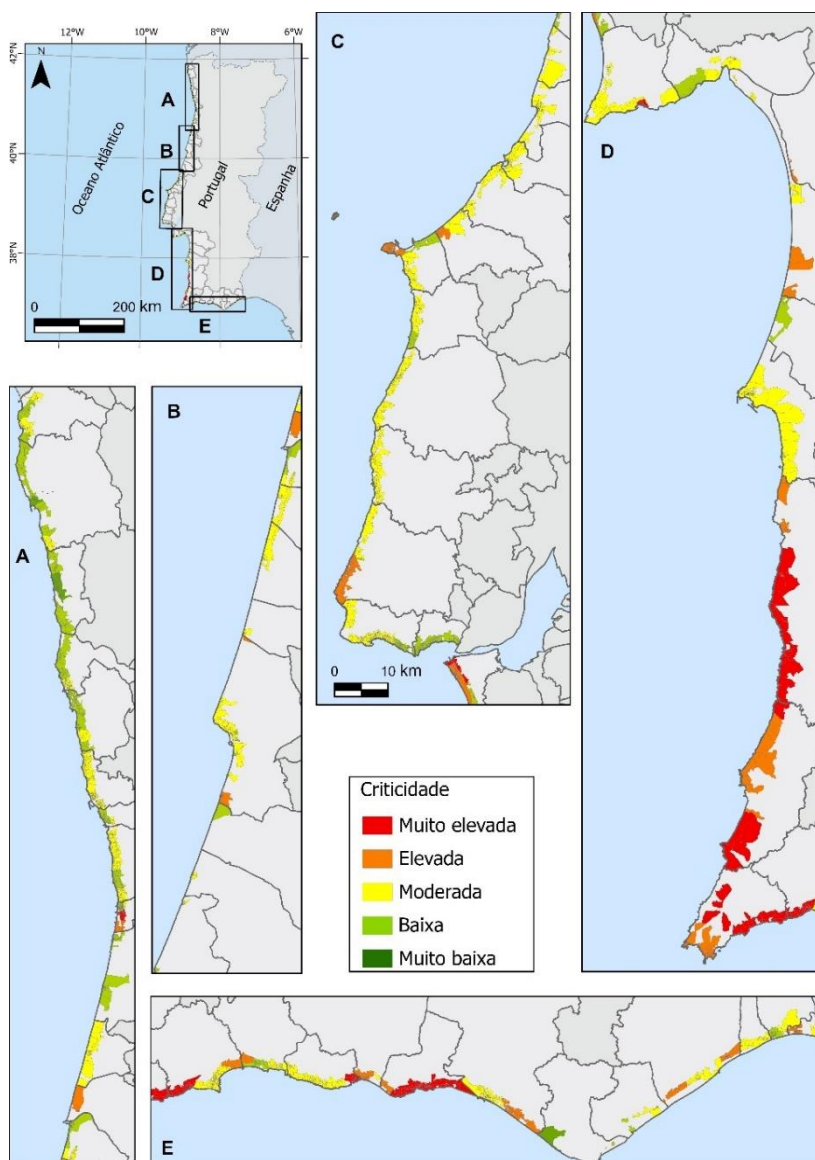


Figura 40 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da CRIT, 2021.

3.3. VULNERABILIDADE SOCIAL

De acordo com a metodologia aplicada para a determinação da VS, verifica-se que não existem residentes em situação de vulnerabilidade muito baixa, ou seja, excepcionalmente resilientes e com elevada capacidade de recuperação face ao perigo da SNMM, quando comparados com o conjunto total de residentes. No entanto, 581 591 indivíduos (91,7%), distribuídos por 79,9% das subsecções habitadas, apresentam níveis de vulnerabilidade baixa ou moderada. Nas classes restantes, 43 896 residentes (6,92%) encontram-se em situação de vulnerabilidade elevada e 8 745 (1,38%) em situação de vulnerabilidade muito elevada (Figura 41).

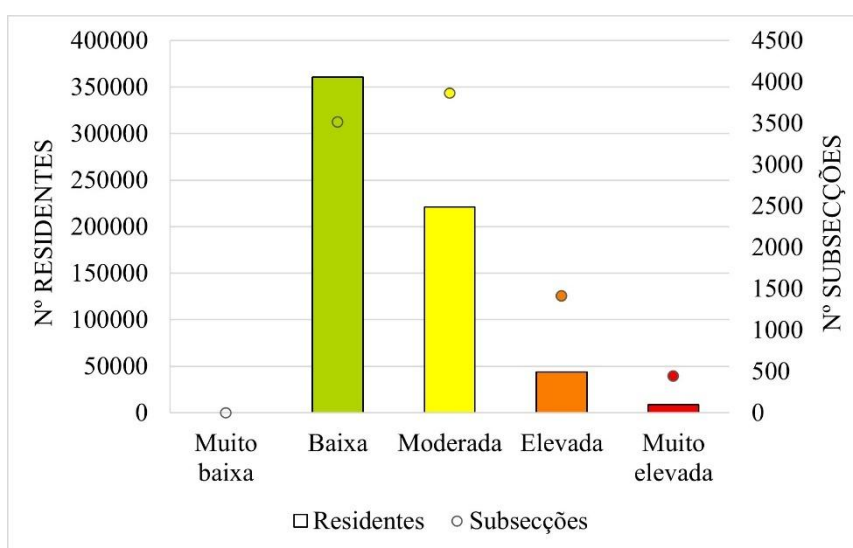


Figura 41 - Número de residentes e subsecções estatísticas por classe de Vulnerabilidade Social.

Na Figura 42 observa-se a distribuição espacial das subsecções por classe de VS. As situações de vulnerabilidade muito elevada encontram-se em 30 freguesias distribuídas por 20 municípios.

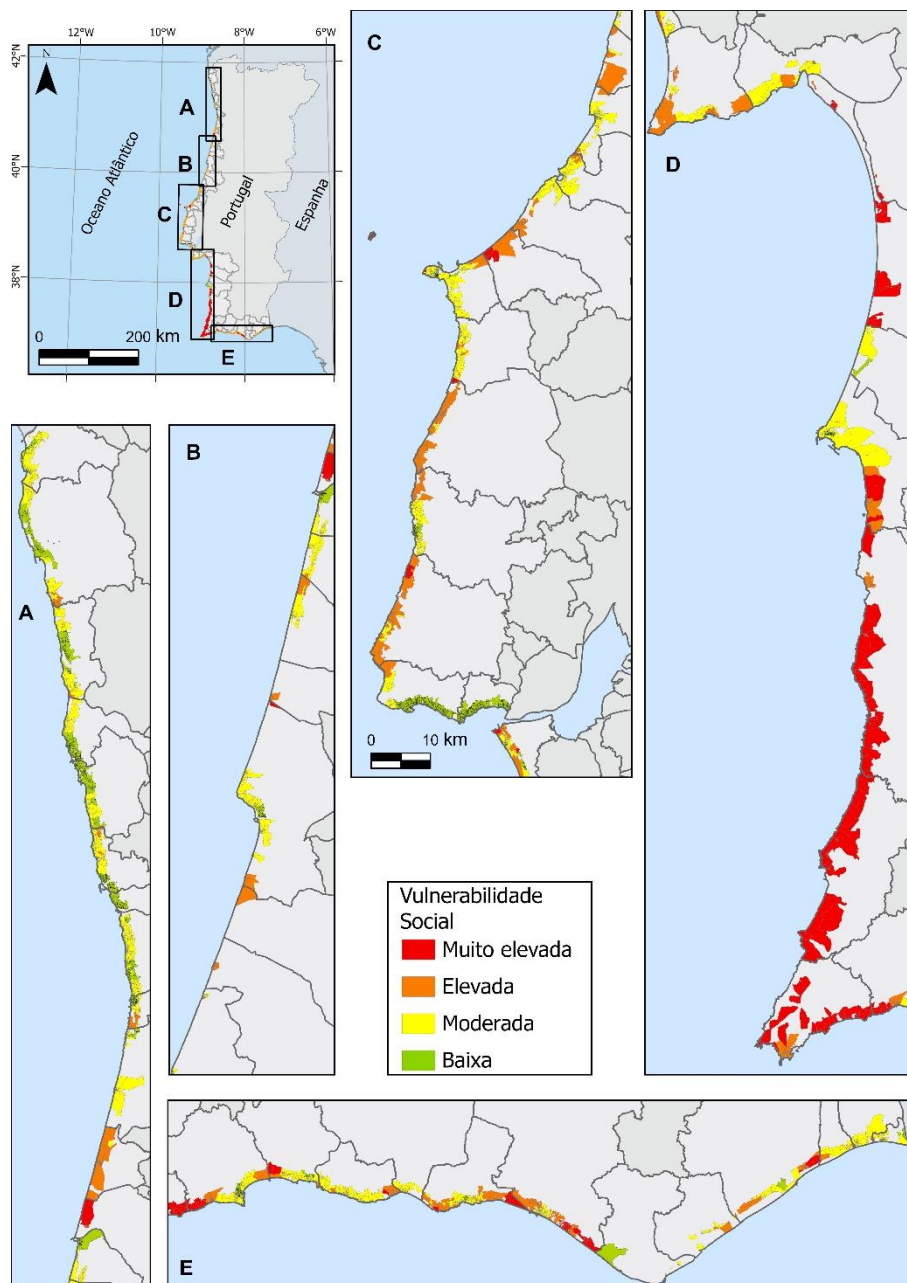


Figura 42 - Mapa das subsecções estatísticas da orla costeira de acordo com os scores em classes da VS, 2021.

Pela distribuição dos valores médios das componentes da VS das pessoas residentes nas subsecções estatísticas, evidenciam-se as diferenças territoriais de capacidade de suporte e níveis de criticidade (Figura 43).

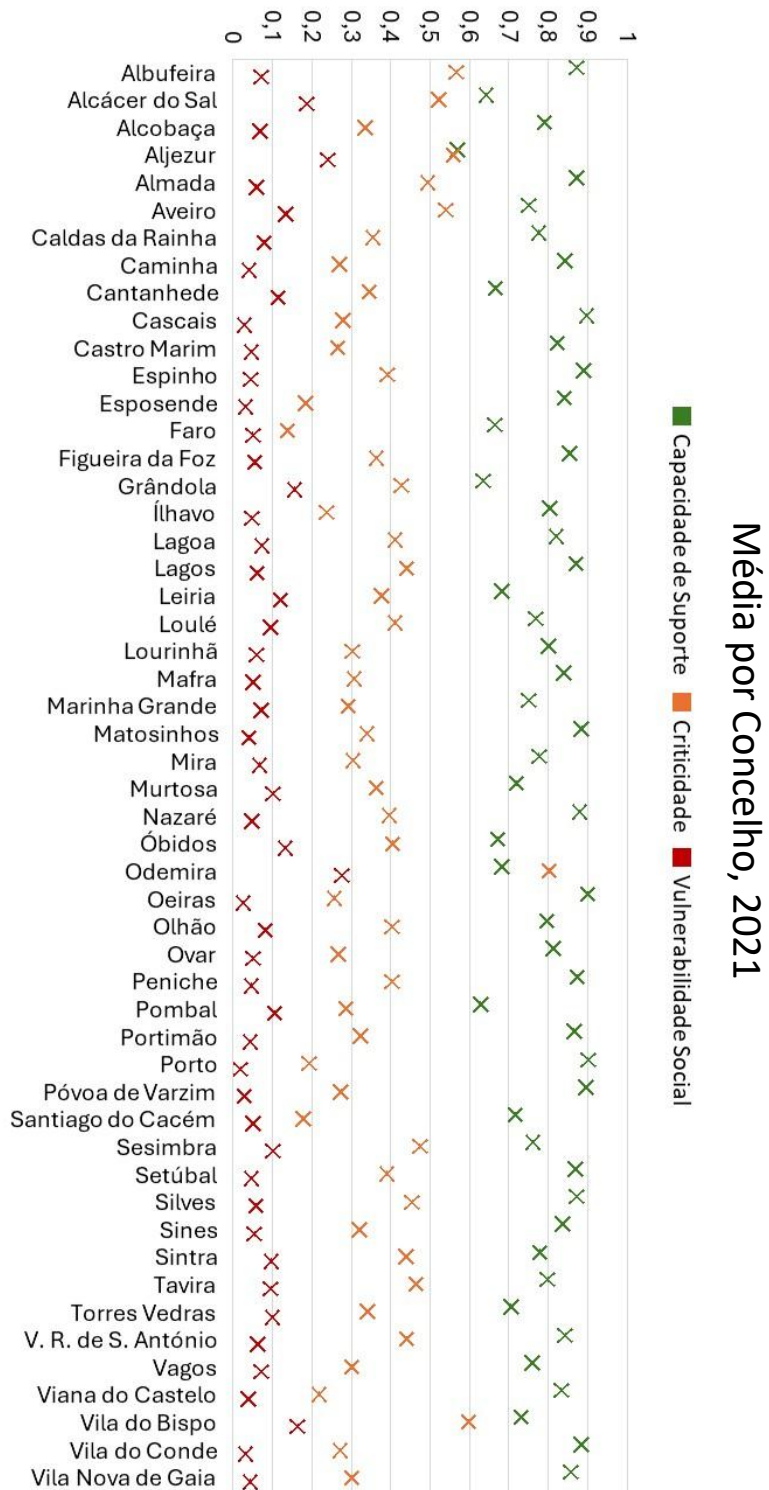


Figura 43 - Média dos scores das subsecções de cada concelho

3.3.2. PROJEÇÃO DA POPULAÇÃO EXPOSTA À SNMM

Aplicada a sobreposição do índice de VS com as projeções da SNMM acrescidas com o contributo dos eventos extremos, obteve-se os resultados identificados na Tabela 9. Esta última, apresenta a evolução do número absoluto de residentes expostos à SNMM de acordo com três cenários de emissões e fatores socioeconómicos (SSP1 – 2.6, SSP2 - 4.5 e SSP5 – 8.5). Pode-se observar que, independentemente do cenário, há um aumento consistente do número de pessoas expostas ao longo do tempo: de aproximadamente 75 000 em 2040 para cerca de 90 000 em 2100. Um aumento de cerca de 20%.

Ano	SSP1 - 2.6	SSP2 - 4.5	SSP5 - 8.5
2040	74 767	74 901 (+134)	74 901 (+134)
2070	85 252 (+ 10 485)	85 337 (+ 10 570)	85 337 (+ 10 570)
2100	89 885 (+ 15 118)	89 902 (+ 15 135)	90 023 (+ 15 256)

Tabela 9 - Residentes expostos por cenário.

As diferenças entre os cenários são pouco expressivas em comparação com as projeções de outros estudos, variando de +134 residentes em 2040 a +15 256 em 2100, sempre em relação ao valor mais baixo (Tabela 9). Mesmo assim, deve-se notar que, em 2100, o cenário SSP5 – 8.5 tem o maior número de residentes expostos (90 023), refletindo a maior pressão populacional associada a este cenário. Em contrapartida, o SSP1 – 2.6 apresenta os valores mais baixos ao longo do período, o que está relacionado com a sua premissa de baixo crescimento populacional associado a sociedades mais igualitárias e focadas em bem-estar e maior investimento em sustentabilidade. Estes resultados reforçam a importância das políticas de adaptação aos riscos costeiros, uma vez que, mesmo nos cenários mais favoráveis, o número de pessoas expostas aumenta significativamente.

A curto prazo, num cenário de maiores emissões para 2040, temos os municípios de Matosinhos, Vila do Conde, Póvoa de Varzim, Vila Nova de Gaia e Espinho com o maior número de população exposta. Destes cinco concelhos todos se inserem no POC Caminha – Espinho. Em termos de casos críticos pela vulnerabilidade mais elevada, temos Odemira, Aljezur, Vila do Bispo, Loulé e Almada, não coincidindo com nenhum

dos concelhos de maior exposição populacional, apresentam os mais numerosos residentes expostos com VS muito elevada (Figura 44).

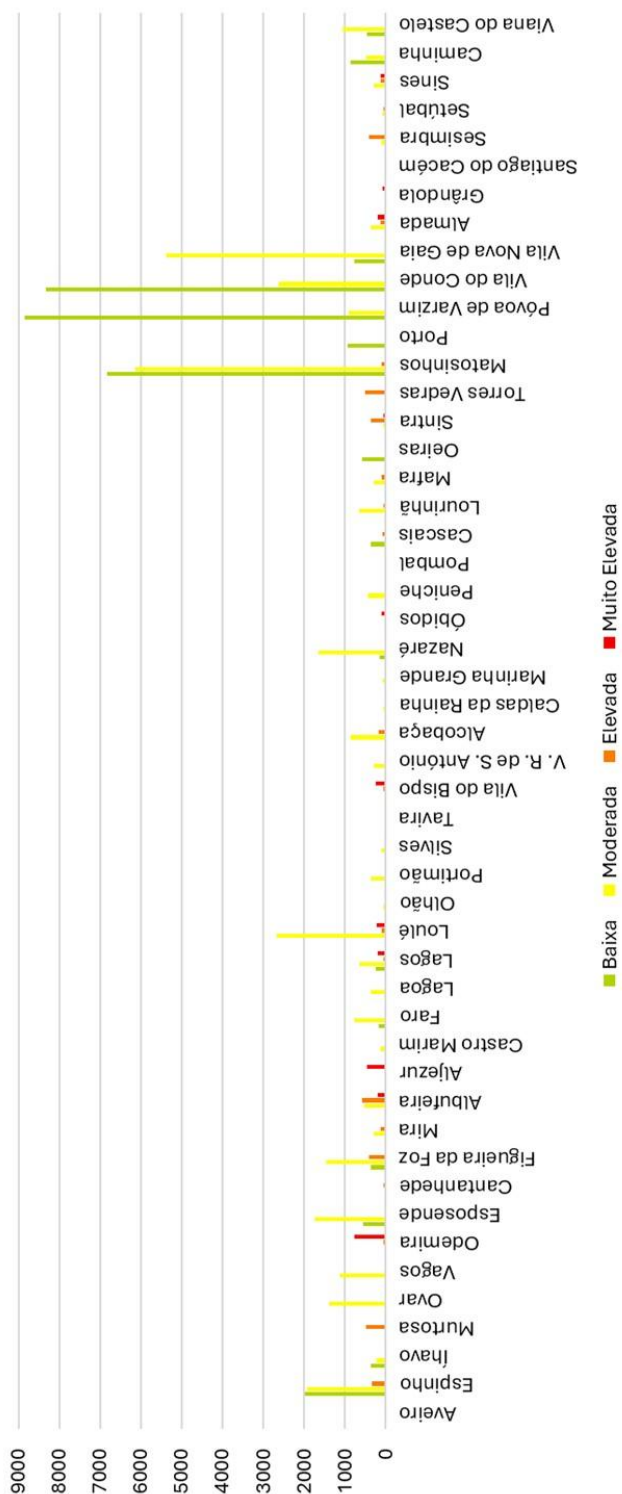


Figura 44 - População exposta à SNMM em 2040, por concelho, segundo o cenário SSP5-8.5.

A longo prazo, mantém-se os primeiros quatro municípios com mais residentes expostos, Matosinhos, Vila do Conde, Póvoa de Varzim e Vila Nova de Gaia (Figura 45). Espinho passa a ser o sexto concelho com maior exposição, sendo ultrapassado por Loulé, pertencente ao POC Vilamoura – Vila Real de Santo António.

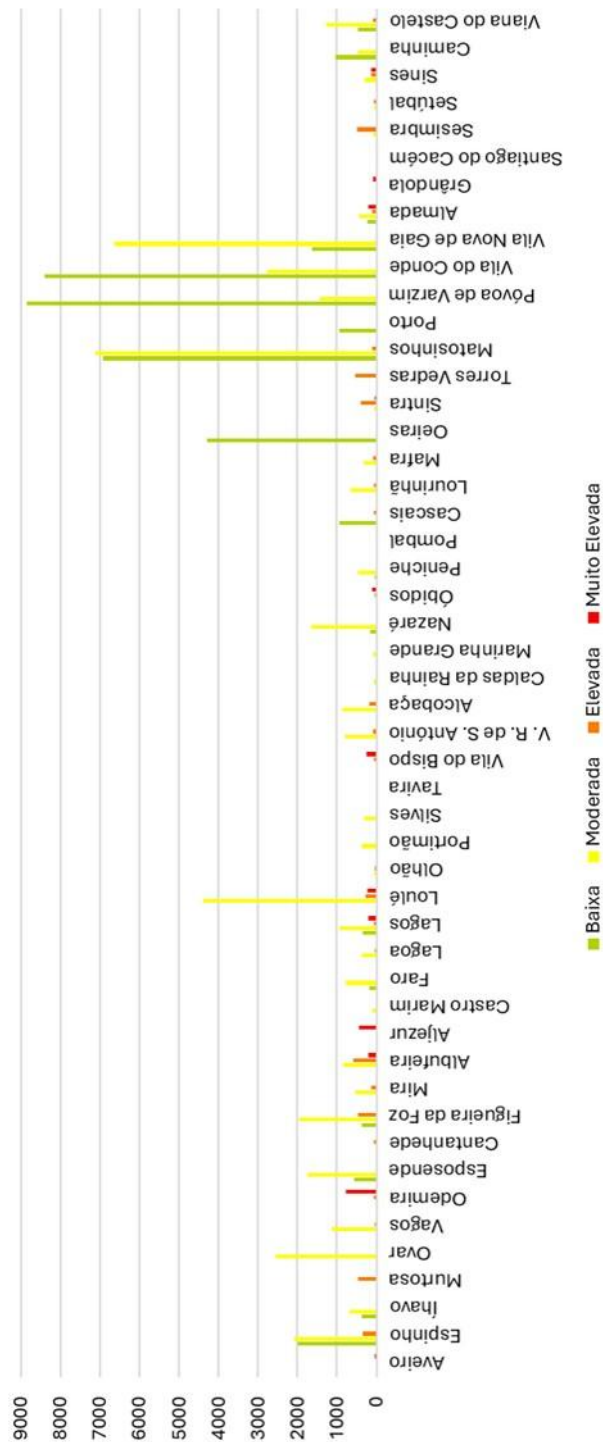


Figura 45 - População exposta à SNMM em 2100, por concelho, segundo o cenário SSP5-8.5.

4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1. APRECIÇÃO GEOGRÁFICA DOS RESULTADOS FACE A AVALIAÇÕES EXISTENTES

À luz de outros estudos que utilizam a mesma metodologia para avaliar a VS em todo ou parte do território continental de Portugal, como Tavares et al. (2018), que analisaram dados ao nível municipal para 2017, existe um contraste claro entre os resultados desse trabalho e os do presente estudo. Enquanto Tavares et al. (2018) identificaram níveis muito baixos de criticidade nos municípios da AML, a análise agora realizada ao nível das subsecções estatísticas revela uma maior heterogeneidade intramunicipal, destacando populações com níveis significativamente mais baixos de resiliência em Sintra, Almada e Sesimbra. No caso de Sines, em 2017, a população residente no Parque Natural do Sudoeste Alentejano e Costa Vicentina (PNSACV) apresentava um baixo nível de criticidade. No entanto, no presente estudo, verifica-se uma inversão: p.e. os residentes de Vila do Bispo apresentam agora piores condições socioeconómicas, bem como em Sines, contudo menos vincado que nas restantes comunidades do PNSACV. Seguindo a linha costeira, também se observa uma mudança no padrão: o Algarve já não é a região com os valores de criticidade mais baixos, embora ainda existam núcleos populacionais com elevada resiliência. Pelo contrário, é na costa norte, desde Caminha até Vila Nova de Gaia, que se observa, em geral, uma população mais resiliente. Em ambos os estudos, as CP integram dimensões comuns, nomeadamente idade, grupos de risco e estatuto socioeconómico.

No que diz respeito à outra componente da VS, a CS, as diferenças metodológicas são mais evidentes: no estudo de Tavares et al. (2018), foram utilizadas principalmente variáveis de taxas e densidades, enquanto no presente estudo foram adotadas métricas baseadas na distância-tempo, ajustadas com ponderações em alguns casos. No entanto, ambos os estudos incorporaram aspetos semelhantes, tais como Proteção Civil, Recursos de Contingência e Alojamento Temporário. Nesta última componente, verificam-se também alterações nos padrões identificados. Em geral, as zonas costeiras do Alentejo e do Algarve deixam de se destacar como as áreas com melhor acesso e disponibilidade de instalações e serviços, registando agora pontuações mais baixas. Em contrapartida, verifica-se um aumento no resto da costa em estudo, que apresenta agora scores mais favoráveis.

Em termos de exposição, no pior cenário de emissões (SSP5-8.5), estima-se que sem alteração do número de residentes ao longo do período em estudo, de 2040 até 2100, haverá um aumento de cerca de 20% de população exposta ao aumento do NMM, em comparação com o presente, se não forem implementadas medidas de adaptação significativas. Este valor está muito abaixo das estimativas de incremento de população exposta pelo IPCC até ao final do século, considerando-se o pior da SNMM. Embora 2040 não represente a exposição atual, mas sim um horizonte de futuro próximo que já incorpora mudanças projetadas.

4.2. LIMITAÇÕES DOS DADOS E DA METODOLOGIA

Quanto às limitações dos dados, é importante destacar a escala estatística dos censos. As subsecções estatísticas do INE foram atualizadas em cada década (INE, 2011, 2021), aliado, à não disponibilização de diversas variáveis estatísticas por subsecção estatística no recenseamento mais recente, devido a questões de privacidade, impossibilitou comparações diretas entre diferentes momentos no tempo. Esta limitação impossibilitou a análise histórica da evolução da VS à SNMM desde 2001 ao nível mais detalhado dos censos, restringindo a avaliação à situação mais recente e pela homogeneidade de criticidade entre pessoas da mesma freguesia. Evidenciando a dependência da metodologia à disponibilidade e consistência dos dados censitários.

4.3. APLICABILIDADE DOS PADRÕES IDENTIFICADOS

Identificar padrões de vulnerabilidade social à subida do nível do mar é extremamente útil para diferentes áreas das políticas públicas. Em termos de ordenamento do território, mapear a CRIT e a CS auxilia na orientação do uso do solo e na regeneração urbana em áreas costeiras particularmente expostas. Ao destacar-se áreas onde a população é mais idosa, residente em edifícios antigos ou é socioeconomicamente vulnerável, torna-se possível priorizar medidas de adaptação, como melhorar as infraestruturas, limitar a expansão urbana em áreas de risco e promover soluções planeadas de realojamento.

Além disso, a aplicabilidade dos resultados estende-se à formulação de políticas sociais locais. Na orla costeira onde a vulnerabilidade social é mais pronunciada, particularmente em contextos de pobreza, desemprego ou isolamento social, as autoridades locais podem conceber programas de apoio direto destinados a reduzir as

desigualdades e aumentar a capacidade de adaptação das comunidades. Estas medidas podem incluir o reforço da rede de equipamentos sociais, o apoio às famílias em situações habitacionais mais precárias e a criação de mecanismos de participação cidadã que permitam integrar as perceções locais do risco nas estratégias de planeamento.

Também nas operações de proteção civil e resgate, as informações produzidas constituem um recurso estratégico. Saber antecipadamente quais as comunidades que têm maior dificuldade em responder a uma emergência — por exemplo, devido à mobilidade reduzida, densidade populacional ou escassez de equipamentos de apoio — permite uma melhor alocação dos recursos de contingência e a definição de planos de evacuação mais eficazes. Da mesma forma, integrar a vulnerabilidade social aos cenários de riscos costeiros fornece uma estrutura robusta para o planeamento de medidas de prevenção e o fortalecimento da capacidade de resposta institucional e comunitária.

Da mesma forma, a análise espacial das CP fornece pistas relevantes para a gestão integrada da zona costeira. P.e., em áreas urbanas densamente povoadas, onde as condições habitacionais são precárias e os grupos sociais vulneráveis são mais prevalentes, é prioritário combinar políticas de mitigação física, como barreiras naturais ou infraestruturas de defesa costeira, com intervenções sociais. Em áreas com baixa densidade populacional, mas alta exposição biofísica, é importante criar mecanismos de alerta e alerta precoce, bem como treinar a população para responder de forma autónoma a eventos extremos.

Por outro lado, a educação e a sensibilização, não podem ser separadas destas análises. Ao identificar os grupos populacionais mais expostos e menos resilientes, é possível desenvolver campanhas de literacia de risco personalizadas, promovendo comportamentos de autoproteção e fomentando a coesão social em contextos vulneráveis. Este esforço é particularmente relevante quando combinado com políticas de proteção ambiental, como a restauração de ecossistemas costeiros ou a conservação de dunas, que atuam como barreiras naturais à subida do nível do mar. Assim, os padrões identificados não se limitam à análise académica, mas oferecem ferramentas concretas para fortalecer a resiliência das comunidades costeiras face a um dos principais desafios das alterações climáticas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar das incertezas, as projeções do IPCC têm como garantia a subida eustática do nível do mar. Mesmo que ao longo dos períodos geológicos, as variações do nível médio do mar como processo natural, tenham sido recorrentes, a tendência de subida do mesmo verificada por cientistas na era atual, tem levantado preocupação por si só na comunidade científica e entre decisores políticos, mas também pelos GEE que contribuem para o incremento da tendência observada. Acresce que Portugal continental, possui uma longa linha de costa, em que os sistemas arenosos são os mais suscetíveis à erosão e onde não só se concentram mais residentes como também estruturas, infraestruturas, equipamentos e serviços.

Assim, o presente trabalho pretendeu analisar a vulnerabilidade social de residentes expostos a cenários da SNMM combinada com eventos naturais, tais como sobrelevação meteorológica - Sturm surge - e espraio de onda de temporal - Run-up – e, com o contributo negativo das emissões antrópicas. Para os anos de 2040, 2070 e 2100, por três cenários SSP-RCP de diferentes emissões de GEE. Ao nível das subsecções estatísticas.

Como resultados intermédios, identificou-se que existindo 8 componentes principais na avaliação da criticidade, é a Idade e Contexto Urbano Antigo que mais peso tem na diminuição da resiliência, seguido dos Alojamentos Sobrelotados e Desemprego. Na avaliação da capacidade de suporte, são a Proteção Civil e Recursos de Contingência que mais contribuem para a capacidade de resposta e de adaptação.

A análise revelou que existem diferenças magras de população exposta entre cenários RCP para o mesmo ano. Sendo mais notório as diferenças entre 2040 - 2070 e 2040 - 2100. É no norte de Portugal que mais pessoas se encontram expostas, encontrando-se aí, uma maior preocupação quanto ao perigo, dadas as condições de agitação marítima mais severas ao longo do ano, combinadas com um litoral arenoso.

Nesta metodologia, mesmo com as condicionantes de dados e limitação de características socioeconómicas e demográficas de residentes disponíveis ao nível da freguesia, dando origem a homogeneidade de criticidade por subsecções estatísticas da mesma freguesia. Obteve-se maior heterogeneidade de VS na orla costeira em Portugal continental pela avaliação da capacidade de suporte ao nível da subsecção, uma componente muito dependente de conhecimentos SIG neste trabalho.

Os SIG foram um instrumento analítico e uma mais valia para a elaboração de um índice de VS mais robusto e orientado para a SNMM. A criação de uma base de dados com infraestruturas de apoio e contingência às comunidades, também se adequa e pode ser reutilizada para a avaliação de outros perigos naturais, como tsunamis e cheias. A informação recolhida para a avaliação da capacidade de suporte também pode ser utilizada para identificar infraestruturas de emergência expostas aos eventos naturais, cruzados com áreas perigosas a eventos naturais, deste caso, a SNMM. Com a criação de uma rede viária específica para estações salva-vidas, foi testado com sucesso uma ferramenta relevante para a proteção civil: a replicação da capacidade de resposta de salvamento marítimo a eventos perigosos.

Por fim, recomendam-se melhorias metodológicas na forma de avaliar e mapear população exposta e respetiva VS. Os valores de população exposta no presente trabalho estão sobrestimados pela utilização da interseção direta das projeções de SNMM com as subsecções estatística. Não estando a Base Geográfica de Edifícios ,de 2021 do INE disponível, sugere-se a de 2011, com o intuito de elaborar cartografia dasimétrica com população de 2021, e excluir-se subsecções estatísticas sem residentes com maior certeza. Se considerar-se a disrupção de equipamentos e infraestruturas suscetíveis a cada cenário de SNMM, obtém-se um modelo de capacidade de suporte mais robusto. Assim, destaca-se que os dados disponíveis e metodologia selecionada têm uma grande influência na determinação de VS e população exposta.

Este trabalho revela insights sobre a população residente, contribuindo para a gestão de riscos e planeamento de emergências. Determinando-se comunidades com grau de heterogeneidade elevada, fornecendo ferramentas relevantes para decisores políticos. Nomeadamente, p.e., elaboração de rotas de evacuação com base no perfil sociodemográfico dos residentes; Otimização de comunicações e sensibilização adaptada com base na idade, necessidades especiais ou população estrangeira; Auxílio na preparação da contingência das operações de proteção civil durante e após os eventos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Portuguesa do Ambiente. (2014). Gestão da zona costeira — o desafio da mudança [Relatório]. Agência Portuguesa do Ambiente. https://apambiente.pt/sites/default/files/SNIAMB_Agua/DLPC/ENGIZC/GTL_S E_20141219.pdf
- Antunes, C. (2016). “Subida do Nível Médio do Mar em Cascais, revisão da taxa actual”. Atas das 4as Jornadas de Engenharia Hidrográfica, Lisboa, pp. 163-166. https://www.hidrografico.pt/recursos/files/revistas_publicacoes/20160621_Atas_4jornadas_EH.pdf
- Antunes, C. (2019). Assessment of sea level rise at West Coast of Portugal Mainland and its projection for the 21st century. *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(3), 61. <https://doi.org/10.3390/jmse7030061>
- Bamber, J. L., Oppenheimer, M., Kopp, R. E., Aspinall, W. P., eCooke, R. M. (2019). Ice sheet contributions to future sea-level rise from structured expert judgment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(23), 11195-11200. <https://doi.org/10.1073/pnas.1817205116>
- Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., ...e Welle, T. (2013). Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. *Natural hazards*, 67, 193-211. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0558-5>
- Chen, D., M. Rojas, B.H. Samset, K. Cobb, A. Diongue Niang, P. Edwards, S. Emori, S.H. Faria, E. Hawkins, P. Hope, P. Huybrechts, M. Meinshausen, S.K. Mustafa, G.-K. Plattner, and A.-M. Tréguier, 2021: Framing, Context, and Methods. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 147–286, doi:[10.1017/9781009157896.003](https://doi.org/10.1017/9781009157896.003)
- Ciscar, J. C., Soria, A., Goodess, C. M., Christensen, O. B., Iglesias, A., Garrote, L., ...evan Regemorter, D. (2009). Climate change impacts in Europe. Final report of the PESETA research project (No. JRC55391). Joint Research Centre (Seville site). <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC55391>
- Cobb, C. W., e Rixford, C. (1998). Lessons learned from the history of social indicators (Vol. 1). San Francisco: Redefining Progress.
- Coninx, I., eBachus, K. (2007). Integrating social vulnerability to floods in a climate change context. Retrieved April, 10, 1-26. https://www.researchgate.net/publication/228386592_Integrating_social_vulnerability_to_floods_in_a_climate_change_context#fullTextFileContent

- Craveiro J.L., Pires I.M., de Almeida I.D. (2012). Vulnerabilidades e percepção do risco de erosão costeira na costa da Caparica – a divisão social e territorial de uma comunidade urbana. I CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GESTÃO INTEGRADA DE ÁREAS LITORAIS. Universidade de Cádiz, Espanha, doi: 10.13140/2.1.4158.5608.
- Crichton, D. (1999). The risk triangle. *Natural disaster management*, 102(3), 102-103. <https://www.ilankelman.org/crichton/1999risktriangle.pdf>
- Cutter, S. L., Emrich, C. T., Morath, D. P., eDunning, C. M. (2013). Integrating social vulnerability into federal flood risk management planning. *Journal of Flood Risk Management*, 6(4), 332-344. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12018>
- Cutter, S. L., Emrich, C. T., Webb, J. J., eMorath, D. (2009). Social vulnerability to climate variability hazards: A review of the literature. Final Report to Oxfam America, 5, 1-44. DOI: [10.1175/2011WCAS1092.1](https://doi.org/10.1175/2011WCAS1092.1)
- Cutter, S.L., Boruff, B.J., Shirley, W.L. (2003) Social vulnerability to environmental hazards. *Soc Sci Q* 84(2):242–261.
- Dias, J. A., Rodrigues, A., e Magalhães, F. (1997). Evolução da linha de costa, em Portugal, desde o último máximo glaciário até à actualidade: síntese dos conhecimentos. *Estudos do Quaternário/Quaternary Studies*, (1), 53-66.
- Dias, J. A., eTaborda, R. (1992). Tidal gauge data in deducing secular trends of relative sea level and crustal movements in Portugal. *Journal of Coastal Research*, 655-659.
- Dias, J., Taborda, R. (1988). Evolução recente do nível médio do mar em Portugal, *Anais do Instituto hidrográfico*, 9, 83-97.
- Dow, K. (1992). Exploring differences in our common future (s): the meaning of vulnerability to global environmental change. *Geoforum*, 23(3), 417-436. [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(92\)90052-6](https://doi.org/10.1016/0016-7185(92)90052-6)
- Dutton, A., Carlson, A. E., Long, A. J., Milne, G. A., Clark, P. U., DeConto, R., ... eRaymo, M. E. (2015). Sea-level rise due to polar ice-sheet mass loss during past warm periods. *science*, 349(6244), aaa4019.
- Dwyer, A., Zoppou, C., Nielsen, O., Day, S., eRoberts, S. (2004). Quantifying social vulnerability: a methodology for identifying those at risk to natural hazards. *Geoscience Australia Record 2004/14*; Geoscience Australia: Canberra, Australia.
- Ferreira, A. M. C. (2011). A sustentabilidade territorial de um cluster do mar em Portugal (Doctoral dissertation, Universidade NOVA de Lisboa (Portugal)). <http://hdl.handle.net/10362/7228>
- Ferreira, Ó., Dias, J. A., eTaborda, R. (2008). Implications of sea-level rise for continental Portugal. *Journal of Coastal Research*, 24(2), 317-324. DOI:[10.2112/07A-0006.1](https://doi.org/10.2112/07A-0006.1)
- Fox-Kemper, B., H.T. Hewitt, C. Xiao, G. Aðalgeirsdóttir, S.S. Drijfhout, T.L. Edwards, N.R. Golledge, M. Hemer, R.E. Kopp, G. Krinner, A. Mix, D. Notz, S. Nowicki, I.S. Nurhati, L. Ruiz, J.-B. Sallée, A.B.A. Slangen, and Y. Yu, 2021: Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press,

Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1211–1362, doi:[10.1017/9781009157896.011](https://doi.org/10.1017/9781009157896.011).

- Gillard, O. (2016). Hazards, Vulnerability and Risk. In: Torquebiau, E. (eds) *Climate Change and Agriculture Worldwide*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7462-8_2
- Hauer, M. E., Fussell, E., Mueller, V., Burkett, M., Call, M., Abel, K., ...eWrathall, D. (2020). Sea-level rise and human migration. *Nature Reviews EartheEnvironment*, 1(1), 28-39. <https://doi.org/10.1038/s43017-019-0002-9>
- INE. (2011). *Base Geográfica de Referência de Informação (BGRI 2011) – Metadados*. INE. Disponível em <https://mapas.ine.pt/download/metadados/bgri11.html>
- INE. (2021). *Base Geográfica de Referência de Informação (BGRI 2021) – Metadados*. INE. Disponível em <https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/srv/api/records/dcd1f075-3202-42a8-9051-cfab33b2b836>
- INE. (2022). Geopackage: Resultados provisórios dos Censos 2021 [Geopackage]. Recuperado de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaquas&DESTAQUE_Sdest_boui=541064323&DESTAQUESmodo=2
- INE. (2023). O que nos dizem os Censos sobre dinâmicas territoriais. Disponível em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICAC_OESpub_boui=66320870&PUBLICACOESmodo=2&xlang=pt
- INE. (s.d). Divisão administrativa [Página web]. Acedido em 3 de maio de 2025, de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_cont_inst&INST=6251013&xlang=pt
- IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 688.
- Julião, R., Nery, F., Ribeiro, J., Branco, M.,e Zêzere, J. L. (2009). Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal. Autoridade Nacional de ... (1st ed.). Lisboa: Autoridade Nacional de Protecção Civil. <http://hdl.handle.net/10451/39562>
- Katic, K. (2017). *Social vulnerability assessment tools for climate change and DRR programming [A guide to practitioners]*. United Nations Development Programme.
- Koks, E. E., Jongman, B., Husby, T. G.,e Botzen, W. J. (2015). Combining hazard, exposure and social vulnerability to provide lessons for flood risk management. *Environmental scienceepolicy*, 47, 42-52.

- Lorenzo-Seva, U., Ferrando, P. J. (2020). Not positive definite correlation matrices in exploratory item factor analysis: Causes, consequences and a proposed solution. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 28(1), 138-147. <https://doi.org/10.1080/10705511.2020.1735393>
- McGranahan, G., Balk, D., e Anderson, B. (2007). The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment and Urbanization*, 19(1), 17-37. <https://doi.org/10.1177/0956247807076960>
- Mendes, J.M., Tavares, A.O., Santos, P.P. (2019) Social vulnerability and local level assessments: a new approach for planning. *Int J Disaster Resil Built Environ* 11(1):15–43. <https://doi.org/10.1108/IJDRBE-10-2019-0069>
- Mendes, J. M., Tavares, A. O., Cunha, L., eFreiria, S. (2011). A vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos em Portugal. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, (93), 95-128. <https://doi.org/10.4000/rccs.90>
- Moss, R. H., Edmonds, J. A., Hibbard, K. A., Manning, M. R., Rose, S. K., Van Vuuren, D. P., ...eWilbanks, T. J. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463(7282), 747-756. Doi: <https://doi.org/10.1038/nature08823>
- Neuman, W. L. (2014). Social research methods: Qualitative and quantitative approaches. DOI:[10.2307/3211488](https://doi.org/10.2307/3211488)
- Neumann, B., Vafeidis, A. T., Zimmermann, J., eNicholls, R. J. (2015). Future coastal population growth and exposure to sea-level rise and coastal flooding-a global assessment. *PloS one*, 10(3), e0118571. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118571>
- Nguyen, N. T., Friess, D. A., Todd, P. A., Mazor, T., Lovelock, C. E., Lowe, R., ...eHuang, D. (2022). Maximising resilience to sea-level rise in urban coastal ecosystems through systematic conservation planning. *Landscape and Urban Planning*, 221, 104374. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104374>
- Nguyen, T. T., Bonetti, J., Rogers, K., eWoodroffe, C. D. (2016). Indicator-based assessment of climate-change impacts on coasts: A review of concepts, methodological approaches and vulnerability indices. *OceaneCoastal Management*, 123, 18-43. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.11.022>
- Nicholls, R. J., Wong, P. P., Burkett, V., Codignotto, J., Hay, J., McLean, R., ...eSaito, Y. (2007). Coastal systems and low-lying areas. <http://ro.uow.edu.au/scipapers/164>
- Oliveira, Cristina and João Peixoto. (2001). “Migrações inter-regionais em Portugal Continental, 1992-1999”. *Revista de Estudos Regionais, INE - Direcção Regional de Lisboa e Vale do Tejo*, Nº 2, pp. 37-49. <http://hdl.handle.net/10400.5/26805>
- Oppenheimer, M., Glavovic, B., Hinkel, J., Van de Wal, R., Magnan, A. K., Abd-Elgawad, A., ...eSebesvari, Z. (2019). Sea level rise and implications for low lying islands, coasts and communities. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/9280> (para conseguir ler [Chapter 4: Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities — Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate](#))

- Pacheco, M. B. (2024). *Medidas da Terra e do Mar da CPLP – Apontamento* (1.ª ed.). Edições da Marinha / Instituto Hidrográfico. https://www.hidrografico.pt/recursos/files/Livro_completo_Apont.%20Medidas%20da%20Terra.pdf
- Picoto, M. G. (2022). Caracterização das variações do nível médio do mar em Portugal. [Dissertação de mestrado, Escola Naval]. Repositório Comum. <http://hdl.handle.net/10400.26/42091>
- Picoto, M., Carinhas, D., e Lemos, C. (2022a). Caracterização da tendência de subida do nível médio em Portugal. 7.ª Jornadas de Engenharia Hidrográfica, 2.ª Jornadas Luso-Espanhola de Hidrografia, 161–164. <https://jornadas.hidrografico.pt/>
- Pinto, C. A., Silveira, T. M., e Teixeira, S. B. (2018). Beach nourishment practice along the Portuguese coastline: framework and review (1950–2017). Technical Report. Portuguese Environment Agency, 57. DOI:10.13140/RG.2.2.12655.89767
- Ramos Pereira, A. (2001). O (s) Oceano (s) e as suas Margens (Vol. 5). Instituto de Inovação Educacional.
- Ramos-Pereira, A. (2008). Sistemas litorais: dinâmicas e ordenamento. Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa.
- Reimann, L., Vafeidis, A. T., e Honsel, L. E. (2023). Population development as a driver of coastal risk: Current trends and future pathways. *Cambridge Prisms: Coastal Futures*, 1, e14. doi:10.1017/cft.2023.3
- Rocha, C. S. (2016). Estudo e análise da vulnerabilidade costeira face a cenários de subida do nível do mar e eventos extremos devido ao efeito das alterações climáticas. Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal. <http://hdl.handle.net/10451/26321>
- Rodrigues, T. (2022). Demografia, Economia e Proteção Social: Que desafios para 2030? Fundação Calouste Gulbenkian. pp.8. <https://gulbenkian.pt/forum-futuro/foresight-2030/>
- Saia, S. M., Suttles, K. M., Cutts, B. B., Emanuel, R. E., Martin, K. L., Wear, D. N., ... e Vose, J. M. (2020). Applying climate change risk management tools to integrate streamflow projections and social vulnerability. *Ecosystems*, 23, 67-83. <https://doi.org/10.1007/s10021-019-00387-5>
- Salman, A. M., e Li, Y. (2018). Flood risk assessment, future trend modeling, and risk communication: a review of ongoing research. *Natural Hazards Review*, 19(3), 04018011. DOI: [10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000294](https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000294)
- Santos, P. P., Ferreira, T. M. (2023). Social Vulnerability in the Lisbon Metropolitan Area. *In Multi-risk Interactions Towards Resilient and Sustainable Cities* (pp. 27-49). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-0745-8_3
- Santos, P. P., Pereira, S., Zêzere, J. L., Tavares, A. O., Reis, E., Garcia, R. A., & Oliveira, S. C. (2020). A comprehensive approach to understanding flood risk drivers at the municipal level. *Journal of environmental management*, 260, 110127. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110127>
- Santos, P.P., Zêzere, J.L., Pereira, S., Rocha, J., Tavares, A.O. (2022) A novel approach to measuring spatiotemporal changes in social vulnerability at the local level in

- Portugal. *Int J Disaster Risk Sci* 13(6):842–861. <https://doi.org/10.1007/s13753-022-00455-w>
- Silva, D., Bento, A. R., Martinho, P., eSoares, C. G. (2015). High resolution local wave energy modelling in the Iberian Peninsula. *Energy*, 91, 1099-1112. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.08.067>
- Tate, E., Rahman, M.A., Emrich, C.T. et al. Flood exposure and social vulnerability in the United States. *Nat Hazards* 106, 435–457 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04470-2>
- Thead, E. A. (2016). Sea level rise: Risk and resilience in coastal cities. *The Climate Institute* <http://climate.org/wp-content/uploads/2016/10/Erin-Sea-levels.pdf>.
- Tierney, J. E., Poulsen, C. J., Montañez, I. P., Bhattacharya, T., Feng, R., Ford, H. L., ...eZhang, Y. G. (2020). Past climates inform our future. *science*, 370(6517), eaay3701. DOI: [10.1126/science.aay3701](https://doi.org/10.1126/science.aay3701)
- Titus, J.G. (1986). Greenhouse effect, sea level rise, and coastal zone management. *Coastal Zone Management Journal*, vol.14:3, pp. 147-171. <https://doi.org/10.1080/08920758609362000>
- Trindade, J. M. R. (2010). Dinâmica Morfossedimentar De Praias Dominadas Por Sistemas De Arriba: (Peniche-Cascais) (Doctoral dissertation, Universidade Aberta (Portugal)). <http://hdl.handle.net/10400.2/1733>
- Trindade, J., Reis, E., Rocha, J., Santos, P. P., Garcia, R., Oliveira, S. C., Silva, A., Pinheiro, S., eCuervas-Mons, J. (2023). Metodología para la evaluación del riesgo de subida del nivel del mar en la zona costera expuesta de Portugal. *Geogaceta*, 74, 59–62. <https://doi.org/10.55407/geogaceta98169>
- UNDRR. (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030, United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Sendai.
- UNDRR. (2019). GAR. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Technical report, United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), Geneva, Switzerland. <https://www.undrr.org/quick/11702>
- UNISDR. (2004). Living with Risk: A global review of disaster reduction initiatives. Geneva, Suíça: Nações Unidas. Disponível em https://www.unisdr.org/files/657_lwr21.pdf
- Vala, F. (2023). A implementação das NUTS 2024 [Apresentação na 35.ª Reunião Plenária do Conselho Superior de Estatística]. Instituto Nacional de Estatística. <https://pt.scribd.com/document/708930597/Apres-INE-Plenario-julho-2023-Impl-NUTS-2024>
- Vieira, R., C. Antunes e R. Taborda. (2012). Caracterização da sobrelevação meteorológica em Cascais nos últimos 50 anos. *Atas das 2as Jornadas de Engenharia Hidrográfica*, Lisboa, pp. 175-178. https://www.hidrografico.pt/recursos/files/revistas_publicacoes/20120620_Atas2_jornadas_EH.pdf
- Welle, T., e Birkmann, J. (2015). The world risk index—an approach to assess risk and vulnerability on a global scale. *Journal of Extreme Events*, 2(01), 1550003. DOI: [10.1142/S2345737615500025](https://doi.org/10.1142/S2345737615500025)

Welle, Torstene e Birkmann, Joern. (2015). WelleeBirkmann The World Risk Index in JOEE Vol2 No1 (2015). <https://doi.org/10.1142/S2345737615500037>

World Bank. (2016). SISRI knowledge notes: Managing population retreat from at-risk areas. [SISRI Knowledge Notes: Managing Population Retreat from At-Risk Areas | GFDRR](#) (publicação online)

Zêzere, J. L., Pereira, A. R., e Morgado, P. (2006). Perigos naturais e tecnológicos no território de Portugal Continental. Aparentamentos de Geografia - Série Investigação, 19.

7. ANEXOS

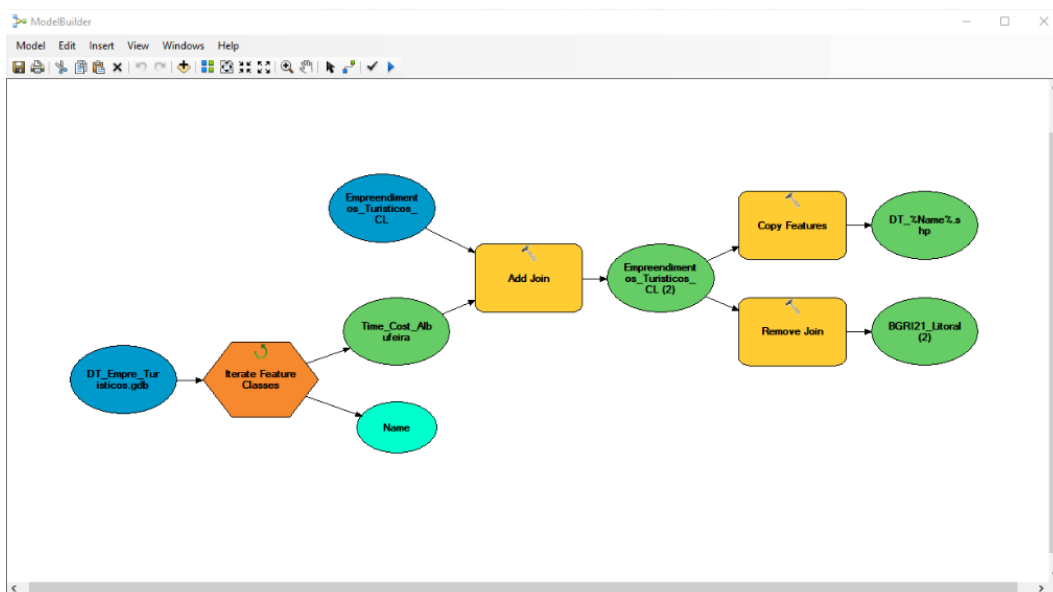
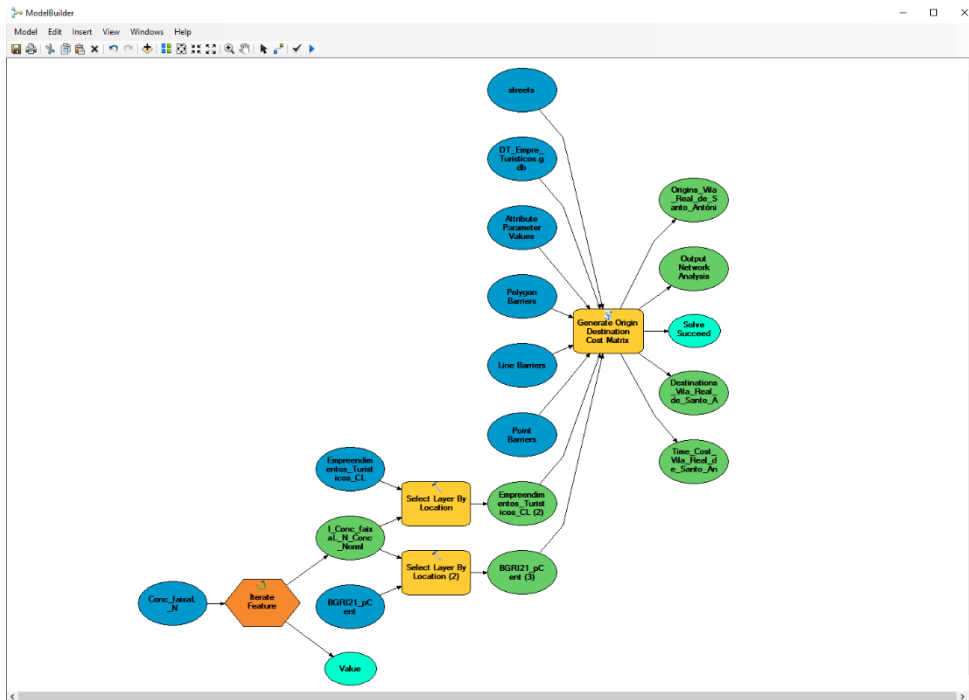
Anexo 1 – População residente a nível municipal e respetiva variação populacional.

Município	População residente (nº)			Variação relativa (%)		
	2001	2011	2021	2001-2011	2011-2021	2001-2021
Albufeira	31543	40828	44168	29,4	8,2	40,0
Alcácer do Sal	14287	13046	11113	-8,7	-14,8	-22,2
Alcobaça	55376	56693	54973	2,4	-3,0	-0,7
Aljezur	5288	5884	6045	11,3	2,7	14,3
Almada	160825	174030	177268	8,2	1,9	10,2
Aveiro	73335	78450	80978	7,0	3,2	10,4
Caldas da Rainha	48846	51729	50917	5,9	-1,6	4,2
Caminha	17069	16684	15800	-2,3	-5,3	-7,4
Cantanhede	37910	36595	34217	-3,5	-6,5	-9,7
Cascais	170683	206479	214158	21,0	3,7	25,5
Castro Marim	6593	6747	6439	2,3	-4,6	-2,3
Espinho	33701	31786	31045	-5,7	-2,3	-7,9
Esposende	33325	34254	35138	2,8	2,6	5,4
Faro	58051	64560	67650	11,2	4,8	16,5
Figueira da Foz	62601	62125	58962	-0,8	-5,1	-5,8
Grândola	14901	14826	13823	-0,5	-6,8	-7,2
Ílhavo	37209	38598	39239	3,7	1,7	5,5
Lagoa	20651	22975	23734	11,3	3,3	14,9
Lagos	25398	31049	33500	22,2	7,9	31,9
Leiria	119847	126897	128616	5,9	1,4	7,3
Loulé	59160	70622	72348	19,4	2,4	22,3
Lourinhã	23265	25735	26246	10,6	2,0	12,8
Mafra	54358	76685	86521	41,1	12,8	59,2
Marinha Grande	34153	38681	39032	13,3	0,9	14,3
Matosinhos	167026	175478	172586	5,1	-1,6	3,3
Mira	12872	12465	12114	-3,2	-2,8	-5,9
Murtosa	9458	10585	10478	11,9	-1,0	10,8
Nazaré	15060	15158	14885	0,7	-1,8	-1,2
Óbidos	10875	11772	11924	8,2	1,3	9,6
Odemira	26106	26066	29576	-0,2	13,5	13,3
Oeiras	162128	172120	171767	6,2	-0,2	5,9
Olhão	40808	45396	44643	11,2	-1,7	9,4
Ovar	55198	55398	54968	0,4	-0,8	-0,4
Peniche	27315	27753	26431	1,6	-4,8	-3,2
Pombal	56299	55217	51170	-1,9	-7,3	-9,1
Portimão	44818	55614	59867	24,1	7,6	33,6
Porto	263131	237591	231828	-9,7	-2,4	-11,9
Póvoa de Varzim	63470	63408	64257	-0,1	1,3	1,2
Santiago do Cacém	31105	29749	27773	-4,4	-6,6	-10,7
Sesimbra	37567	49500	52394	31,8	5,8	39,5
Setúbal	113934	121185	123519	6,4	1,9	8,4
Silves	33830	37126	37776	9,7	1,8	11,7
Sines	13577	14238	14200	4,9	-0,3	4,6
Sintra	363749	377835	385654	3,9	2,1	6,0
Tavira	24997	26167	27530	4,7	5,2	10,1
Torres Vedras	72250	79465	83075	10,0	4,5	15,0
Vagos	22017	22851	22889	3,8	0,2	4,0
Viana do Castelo	88631	88725	85784	0,1	-3,3	-3,2
Vila do Bispo	5349	5258	5717	-1,7	8,7	6,9
Vila do Conde	74391	79533	80831	6,9	1,6	8,7
Vila Nova de Gaia	288749	302295	303854	4,7	0,5	5,2
Vila Real de Santo António	17956	19156	18825	6,7	-1,7	4,8
Total	3341041	3543062	3578245	6,0	1,0	7,1

Anexo 2 - Dados censitários de 2021 ao nível das subsecções estatísticas em estudo.

Concelho	Residentes	Edifícios	Alojamentos	Agregados Familiares
Albufeira	18406	8633	26419	7771
Alcácer do Sal	67	86	88	30
Alcobaça	3543	2933	6159	1621
Aljezur	1001	1302	1469	476
Almada	18733	5768	17018	8539
Aveiro	758	527	648	327
Caldas da Rainha	1875	1661	2437	887
Caminha	8046	4481	8630	3361
Cantanhede	465	621	1079	203
Cascais	73050	12389	44873	31788
Castro Marim	1834	2540	3987	806
Espinho	20409	4818	11072	8509
Esposende	16164	7310	12637	6064
Faro	1022	1264	1406	465
Figueira da Foz	20409	7489	21283	9014
Grândola	460	1773	3042	194
Ílhavo	5203	2276	5832	2231
Lagoa	4001	5582	8793	1847
Lagos	18983	7104	18875	8242
Leiria	509	544	2040	281
Loulé	19157	7311	27514	8134
Lourinhã	4475	2715	4064	1886
Mafra	14474	5783	11257	6001
Marinha Grande	1057	1155	2301	508
Matosinhos	51378	8978	25566	21079
Mira	2727	1433	2723	1145
Murtosa	2473	1561	3073	972
Nazaré	8387	4355	9842	3649
Óbidos	327	913	1236	157
Odemira	4856	2942	4238	1712
Oeiras	61303	5924	34234	27793
Olhão	2004	1998	2514	874
Ovar	9138	3056	6667	3621
Peniche	16505	7831	15138	7041
Pombal	3	1	1	1
Portimão	8867	2497	16862	4103
Porto	22387	3368	11043	9138
Póvoa de Varzim	35247	8601	23915	13729
Santiago do Cacém	194	224	251	93
Sesimbra	5689	3286	8151	2638
Setúbal	4380	1212	2794	1973
Silves	5524	1356	11275	2406
Sines	12973	4149	7799	5411
Sintra	3826	2768	3385	1538
Tavira	3625	3275	6260	1570
Torres Vedras	6253	3534	6849	2666
Vagos	2793	1513	3112	1147
Viana do Castelo	18133	7002	13501	7497
Vila do Bispo	2820	2223	2951	1262
Vila do Conde	41164	10475	22439	15554
Vila Nova de Gaia	42468	11798	21609	16951
Vila Real de Santo António	4687	3701	10124	1852
Total	634232	206039	520475	266757

Anexo 3 - Fluxo Model Builder para a obtenção de distâncias tempo para Empreendimentos Turísticos.



Anexo 5 - Fluxo Model Builder para a obtenção de distâncias tempo para Centros de Saúde.

