



Anastasia Mytko

**Vulnerabilidade do sistema urbano costeiro
frente a ameaças relacionadas à mudança
climática**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Arquitetura do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Rio.

Orientador: Profa. Maria Fernanda Rodrigues Campos Lemos

Rio de Janeiro
maio de 2024



Anastasia Mytko

**Vulnerabilidade do sistema urbano costeiro
frente a ameaças relacionadas à mudança
climática**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo:

Profa. Maria Fernanda Rodrigues Campos Lemos

Orientadora

Departamento de Arquitetura e Urbanismo – PUC-Rio

Prof. Marcelo Motta de Freitas

Departamento de Arquitetura e Urbanismo – PUC-Rio

Profa. Júlia Alves Menezes

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE

Rio de Janeiro, 6 de maio de 2024

Todos os direitos reservados. A reprodução, total ou parcial do trabalho, é proibida sem a autorização da universidade, da autora e do orientador

Anastasia Mytko

Graduou-se em Arquitetura pela Universidade Estatal de Arquitetura e Artes dos Urais no ano de 2006, Ekaterinburgo - Rússia.

Ficha Catalográfica

Mytko, Anastasia

Vulnerabilidade do sistema urbano costeiro frente a ameaças relacionadas à mudança climática / Anastasia Mytko; orientador: Maria Fernanda Rodrigues Campos Lemos. – 2024.

152 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, 2024.

Inclui bibliografia

1. Arquitetura e Urbanismo – Teses. 2. Zonas costeiras. 3. Mudança climática. 4. Ameaça. 5. Vulnerabilidade. 6. Adaptação. I. Lemos, Maria Fernanda Rodrigues Campos. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

CDD: 720

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A minha orientadora Professora Maria Fernanda Lemos pelo apoio, orientação valiosa e colaboração que foram fundamentais para enfrentar os desafios e alcançar os objetivos deste trabalho.

Aos membros da banca por dedicarem seu tempo e conhecimento para avaliar meu trabalho.

Aos professores do PPGArq por compartilharem seu conhecimento e experiência, contribuindo significativamente para o desenvolvimento desta dissertação.

A Flávia da Secretaria do PPGArq pela paciência e pela organização e administração durante esses vinte e quatro meses.

Aos meus colegas e amigos pelas contribuições e pela amizade sincera ao longo deste percurso acadêmico.

Resumo

Mytko, Anastasia; Lemos, Maria Fernanda Rodrigues Campos. **Vulnerabilidade do sistema urbano costeiro frente a ameaças relacionadas à mudança climática.** Rio de Janeiro, 2024. 152p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

As zonas costeiras, de um modo geral, estão entre as áreas de maior risco no contexto da mudança climática, devido à concentração de ecossistemas importantes e recursos naturais típicos dessas áreas. Essas regiões abrigam uma grande parcela da população global em metrópoles urbanas, juntamente com uma concentração de estruturas críticas, como as indústrias portuárias, definindo uma alta exposição a ameaças incidentes.

Devido à sua localização, as regiões litorâneas são afetadas por eventos críticos como a subida do nível do mar e outros fenômenos climáticos. Eventos de natureza extrema, como ciclones e tempestades costeiras, que somados à variação de marés podem causar ressacas e ondas gigantes. Tais eventos podem impactar essas áreas como erosão costeira, inundações, intrusão salina em corpos hídricos e desequilíbrio dos ecossistemas. A combinação dessas ameaças com o alto grau de exposição e a condição de vulnerabilidade de muitas das cidades litorâneas, pode resultar em perdas e danos relevantes. Esse alto risco define a importância de estudos sobre a vulnerabilidade de cidades costeiras nos dias atuais.

Este estudo apresenta o resumo dos conceitos associados à mudança climática, vulnerabilidade e resiliência que foi baseado em uma análise crítica da literatura. Além disso, propõe uma estratégia metodológica para avaliar a vulnerabilidade climática de áreas urbanas costeiras, considerando tanto a população como os bens que estão em risco. A ferramenta de metodologia desenvolvida apresenta matrizes conceituais e inter-relações entre variáveis e indicadores. A integração de dimensões físicas e socioeconômicas, assim como as infraestruturas, instalações básicas e da capacidade de adaptação, permite aplicação deste método utilizando os dados selecionados para definição de prioridades nas políticas públicas.

Palavras-chave

Zonas costeiras; mudança climática; ameaça; vulnerabilidade; adaptação.

Abstract

Mytko, Anastasia; Lemos, Maria Fernanda Rodrigues Campos. **Vulnerability of the coastal urban system to threats related to climate change.** Rio de Janeiro, 2024. 152p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Coastal areas, in general, are among the areas most at risk in the context of climate change, due to the concentration of important ecosystems and natural resources typical of these areas. These regions house a large portion of the global population in urban metropolises, along with a concentration of critical structures, such as industrial ports, defining a high exposure to incident threats.

Due to their location, coastal regions are affected by critical events such as sea level rise and other climate phenomena. Events of an extreme nature, such as cyclones and coastal storms, which, combined with tidal variations, can cause undertows and giant waves. Such events can impact these areas such as coastal erosion, flooding, saline intrusion into water bodies and imbalance of ecosystems. The combination of these threats with the high degree of exposure and the vulnerable condition of many coastal cities can result in significant losses and damages. This high risk defines the importance of studies on the vulnerability of coastal cities today.

This study presents a summary of the concepts associated with climate change, vulnerability and resilience that was based on a critical analysis of the literature. Furthermore, it proposes a methodological strategy to assess the climate vulnerability of coastal urban areas, considering both the population and the assets that are at risk. The methodology tool developed presents conceptual matrices and interrelationships between variables and indicators. The integration of physical and socioeconomic dimensions, as well as infrastructure, basic facilities and adaptation capacity, allows the application of this method using selected data to define priorities in public policies.

Keywords

Coastal areas; climate change; threat; vulnerability; adaptation.

Sumário

1. Introdução	10
1.1 Metodologia de desenvolvimento da dissertação	13
2. Contexto da mudança climática na zona costeira	15
3. Definição de conceitos	26
3.1 Ameaça climática	27
3.2 Exposição	28
3.3 Vulnerabilidade	29
3.3.1 Sensibilidade	31
3.3.2 Capacidade adaptativa	32
3.4 Impacto	34
3.5 Risco	37
3.6 Resiliência	42
3.7 Adaptação	45
4. Metodologia de avaliação de vulnerabilidade	50
4.1 Revisão das metodologias existentes	50
4.2 Seleção das variáveis e dos indicadores	54
4.2.1 Justificativa	56
4.2.2 Disponibilidade de dados	94
4.2.3 Métrica	99
4.2.4 Discussão dos resultados	133
5. Conclusão	136
6. Referência bibliográfica	139

Lista de figuras

Figura 1. Limites planetários desde 2009	18
Figura 2. Arquétipos costeiros	22
Figura 3. Interações entre a vulnerabilidade e outros conceitos relacionados	26
Figura 4. Relação entre ameaça, exposição, sensibilidade, capacidade adaptativa, vulnerabilidade, impacto potencial e risco	36
Figura 5. Estrutura de risco do IPCC AR5	37
Figura 6. Interações para avaliação de risco entre perigo, vulnerabilidade, exposição e resposta à mudança climática	38
Figura 7. Esquema de como os determinantes climáticos e oceânicos e os impactos físicos consequentes nas cidades costeiras influenciam na avaliação dos riscos	40
Figura 8. Relação entre mitigação e adaptação	46

Lista de tabelas

Tabela 1. Resumo das variáveis, indicadores, critérios de avaliação e a métrica da Sensibilidade	121
Tabela 2. Resumo das variáveis, indicadores, critérios de avaliação e a métrica da Capacidade Adaptativa	125
Tabela 3. Faixas do somatório das notas de Sensibilidade classificadas em três categorias	128
Tabela 4. Faixas do somatório das notas de Capacidade adaptativa classificadas em três categorias	128
Tabela 5. Possíveis resultados de cruzamento das classificações de Sensibilidade e da Capacidade Adaptativa	129
Tabela 6. Classificação de resultados apresentados na tabela 5 dividido nas faixas de acordo com nível de vulnerabilidade representado	130

1.

Introdução

As áreas costeiras são consideradas um dos sistemas de maior vulnerabilidade socioeconômica e física à frente dos potenciais impactos das alterações climáticas. Devido à sua importância em função da diversidade e fragilidade dos processos litorâneos e seus ecossistemas, da densidade urbana e populacional e atividades turísticas está na linha da frente da ação para se adaptar à mudança climática.

De acordo com um dos autores do relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) Haasnoot (2021) em 2020, a grande parte da população mundial, atividades econômicas e infraestrutura crítica estão concentradas perto do mar, com quase 11% da população global, ou 896 milhões de pessoas, residindo nas zonas costeiras ou nas regiões próximas, definidas como até 50 km de distância do oceano (HAASNOOT et al., 2021). Atualmente 23–37% da população global vive a menos de 100 km da costa (MCMICHAEL et al., 2020) e é um número que potencialmente vai aumentar até 2050 (OPPENHEIMER et al., 2019).

Os impactos da mudança climática no litoral afetam direta e indiretamente as atividades econômicas que dependem de ecossistemas costeiros e infraestruturas críticas associadas. Além disso, cidades costeiras localizadas em altitudes mais elevadas ou localizadas ao longo de rios influenciados pelas marés também têm populações e infraestruturas expostas a impactos climáticos (GLAVOVIC et al., 2022).

Os processos de urbanização geram vulnerabilidade e exposição que se combinam com as ameaças da mudança climática que geram riscos e impactos urbanos. Globalmente, o crescimento mais rápido da vulnerabilidade e exposição urbana ocorreu em cidades e assentamentos onde a capacidade de adaptação é mais limitada, especialmente em assentamentos não planejados e informais em países de baixa e média renda e em centros urbanos menores e médios.

Os impactos já observados das variações nos extremos de tempo e clima nas grandes cidades, especialmente as costeiras, mostram que a mudança climática projetada para as próximas décadas representa um grande desafio a ser enfrentado pela humanidade no século XXI. Para lidar com isso, serão necessárias

ações integradas entre os diversos setores da sociedade e fundamentadas no conhecimento dos cenários atuais e previstos.

As cidades da América Latina estão expostas a toda uma variedade de desastres naturais que vão desde ciclones, aumento do nível do mar, secas, inundações, ondas de frio e calor, até terremotos e tsunamis.

Dentre os impactos previstos para o Brasil estão o aumento de temperatura, as modificações nos padrões de chuvas, as alterações na distribuição de extremos climáticos tais como: secas, inundações, penetração de frentes frias, tempestades severas, vendavais e outros (LEAL FILHO et al., 2018). Por exemplo, uma pesquisa dos cientistas brasileiros mostra que o aquecimento global já está afetando o Sudeste do Brasil de uma maneira mais pronunciada do que o esperado (DE ABREU, 2019). As consequências desses eventos com o previsto aumento do nível do mar são graves para os ecossistemas e as populações que residem nas zonas costeiras que sofrem a influência das marés. Esses episódios expõem as cidades a riscos, sendo que o grau de vulnerabilidade de cada cidade dependerá de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais específicos para cada lugar. O grau de vulnerabilidade aumenta quando vários fatores são combinados, por exemplo, efeito simultâneo de extremos de chuva, localização das moradias em áreas de risco, gestão inadequada de bacias hidrográficas, natureza do solo ou ressacas em áreas costeiras (UN-HABITAT, 2011).

Levando em consideração a expansão urbana e crescimento da população somando a dinâmica dos fenômenos da natureza intensificados pelas práticas humanas e a fragilidade dos ecossistemas costeiros fica clara a importância de estudos sobre a vulnerabilidade frente às ameaças climáticas. Neste cenário atual, a definição de uma metodologia para avaliação da vulnerabilidade costeira é necessária.

Objetivo principal deste trabalho é apresentar uma metodologia como contribuição a capacidade de avaliação da vulnerabilidade costeira frente à crise climática, pautada nas categorias e critérios extraídos do referencial teórico e da revisão crítica de literatura.

Os objetivos específicos desta pesquisa são a definição de conceitos relacionados à mudança climática. Identificação dos componentes da vulnerabilidade. Desenvolvimento de indicadores de Sensibilidade e Capacidade

adaptativa específicos a partir dos quadros teóricos para avaliação da vulnerabilidade costeira.

A estrutura da dissertação foi dividida em cinco capítulos.

Primeiro capítulo – Introdução – aponta sobre a importância das zonas costeiras no mundo todo e o atual problema das áreas litorâneas frente à mudança climática. Apresenta o objetivo geral e específico do trabalho, responde algumas questões levantadas e faz uma breve descrição da metodologia desenvolvida.

O capítulo dois – Contexto da mudança climática na zona costeira – destaca os últimos acontecimentos e descobertas científicas sobre mudança climática. Destaca a aceleração do aquecimento global e a agravação dos danos e perdas causadas pela crise climática. Neste capítulo, é fornecido um contexto teórico construído a partir da análise abrangente da bibliografia existente.

Terceiro capítulo – Definição de conceitos relacionados à mudança climática. Essa parte do trabalho baseia-se em uma revisão abrangente da bibliografia especializada. Neste contexto, são apresentadas definições claras de conceitos-chave, como ameaça climática, exposição, vulnerabilidade e os componentes, impacto, adaptação, risco e resiliência. Essas definições são essenciais para estabelecer uma base sólida de entendimento sobre a mudança climática e suas interações complexas, servindo como referência para análises subsequentes e a formulação de estratégias de adaptação e mitigação.

O quarto capítulo da dissertação aborda a construção de uma ferramenta metodológica de avaliação de vulnerabilidade, iniciando com uma revisão das metodologias existentes nessa área. Essa revisão busca compreender as abordagens utilizadas por pesquisadores e especialistas para avaliar a vulnerabilidade em diferentes contextos. A seleção das variáveis e dos indicadores é um aspecto crucial deste capítulo, pois define os elementos-chave que serão utilizados para medir a vulnerabilidade em relação a componentes como Sensibilidade e Capacidade adaptativa das comunidades costeiras. A justificativa por trás da escolha dessas variáveis e indicadores é apresentada de forma clara e fundamentada, demonstrando a relevância e a pertinência de cada um para a avaliação da vulnerabilidade costeira. A distribuição de notas e a classificação de categorias utilizada para somar e cruzar os dados desses indicadores também é discutida visando garantir uma avaliação abrangente e precisa da vulnerabilidade das áreas costeiras.

O capítulo quinto – Conclusão – onde são apresentadas as considerações finais e se destacam os aspectos mais importantes da pesquisa.

1.1

Metodologia de desenvolvimento da dissertação

A metodologia empregada no desenvolvimento desta dissertação baseou-se em uma pesquisa aplicada, que permitiu conectar os conceitos teóricos e as discussões acadêmicas com as necessidades presentes. Esta abordagem metodológica detalhada e sistemática envolveu uma série de etapas cuidadosamente planejadas e executadas para alcançar os objetivos propostos e responder às questões de pesquisa de forma eficaz.

Inicialmente, realizou-se uma revisão de literatura abrangente, focada na identificação e extração de categorias e critérios relevantes para a avaliação de vulnerabilidade costeira. Essa revisão foi dividida em dois grupos de base referencial teórico. Uma parte contém a análise da bibliografia que descreve os conceitos fundamentais e as prioridades atuais relacionadas à vulnerabilidade frente à mudança climática. Enquanto a outra parte enquadra uma revisão aprofundada dos casos de avaliação de vulnerabilidade nas áreas costeiras, já existentes na literatura científica.

Da mesma forma, durante o levantamento bibliográfico, foram pesquisados exemplos de metodologias desenvolvidas e utilizadas para a avaliação de vulnerabilidade costeira em diferentes escalas e lugares. Essa etapa proporcionou uma compreensão ampla das abordagens metodológicas disponíveis e suas aplicações práticas, contribuindo significativamente para a construção de um referencial teórico sólido.

Posteriormente, foi realizado um cruzamento dos dois grupos identificados de base conceitual e referencial teórica, visando extrair as categorias e critérios específicos, as escalas, as notas e os dados necessários para a avaliação da vulnerabilidade. Esse processo envolveu uma análise cuidadosa e uma síntese das informações obtidas, garantindo a integração coerente dos diferentes elementos teóricos.

Uma vez estabelecidas às categorias e os critérios de avaliação, os dados qualitativos teóricos foram transformados em dados quantitativos. Esse processo torna possível a aplicação de métodos estatísticos para identificar padrões, tendências e relações entre variáveis. Ao atribuir valores numéricos às categorias e variáveis, torna-se viável realizar análises comparativas entre diferentes grupos e contextos. Essa conversão permitiu uma análise mais objetiva e mensurável da vulnerabilidade, facilitando a interpretação e a comparação dos resultados obtidos.

Como resultado da dissertação, esse processo fundamentado teoricamente permite a construção de uma ferramenta metodológica eficaz para a avaliação de vulnerabilidade costeira. Esse método oferece um suporte importante para o desenvolvimento e implementação de políticas públicas mais direcionadas e eficazes.

2.

Contexto da mudança climática na zona costeira

O clima do planeta está mudando rapidamente como bem registrado em diversos meios científicos de comunicação. De acordo com Trenberth (2012) as emissões contínuas de gases de efeito estufa (GEE) estão mudando simultaneamente muitos elementos do clima além dos limites que podem impactar a humanidade. Ao afetar o equilíbrio entre a radiação solar recebida e a radiação infravermelha emitida, os GEEs produzidos pelo homem estão afetando o equilíbrio térmico da Terra, levando ao aquecimento global (TRENBERTH, 2012). Dada à física interconectada, o aquecimento pode afetar outros aspectos do sistema climático da Terra. Por exemplo, em locais geralmente úmidos, onde a evaporação constante leva a mais precipitação, que é comumente seguida de inundações devido à saturação do solo. Os oceanos têm o efeito adicional de aquecer as águas, o que aumenta a evaporação e a velocidade do vento, intensificando as chuvas e a força das tempestades; as ondas de tempestade podem ser agravadas pela elevação do nível do mar resultante do maior volume ocupado por moléculas de água aquecidas e pelo derretimento do gelo terrestre. Outras mudanças inter-relacionadas no oceano incluem a acidificação à medida que o CO₂ se mistura com a água para formar ácido carbônico e a redução do oxigênio devido a solubilidade reduzida do oxigênio em temperaturas mais altas e mudanças na circulação oceânica que afetam a mistura de águas superficiais ricas em oxigênio com água mais profunda e pobre em oxigênio. Esses riscos climáticos e seus impactos nas sociedades humanas ocorrem naturalmente, mas estão sendo intensificados de forma não trivial pelas emissões de GEE produzidas pelo homem (TRENBERTH, 2012).

A crise climática global tem efeitos econômicos, sociais, políticos e culturais, como apontam os diversos relatórios produzidos pelo IPCC. Em 2022 foi lançado seu 6º relatório de avaliação (AR6) analisando o problema do aquecimento global e trazendo as consequências causadas pela mudança climática. Relatório afirma que os danos causados ao mundo são maiores do que se imaginava anteriormente.

A temperatura média mundial já subiu 1,1 °C acima dos níveis pré-industriais – uma consequência direta de mais de um século de queima de combustíveis fósseis, bem como do uso desordenado e insustentável de energia e do solo (IPCC, 2022).

O relatório do Grupo de Trabalho I (WGI, 2021) do IPCC apresenta o termo “inequívoco” que descreve o consenso científico quanto ao clima está mudando como resultado da atividade humana, representando uma ameaça ao bem-estar da população, às sociedades e ao mundo natural. As ações antrópicas aqueceram o clima a uma taxa sem precedentes nos últimos 2.000 anos, e a última década foi a mais quente em 125.000 anos (IPCC, 2022).

Há evidências em todo o mundo de que a frequência e a intensidade de eventos climáticos extremos aumentaram. Os impactos físicos da mudança climática estão causando danos substanciais e, em alguns casos, perdas irreversíveis. Avanços no conhecimento científico significam que esses danos agora são atribuídos à mudança climática causada pelo homem (SANTOS et al., 2020).

Algumas sociedades humanas e partes do mundo natural já estão enfrentando riscos irreversíveis, além dos limites aos quais podem se adaptar. Pessoas em todas as partes do mundo estão sofrendo os impactos físicos e mentais da mudança climática, embora uma tempestade, seca ou inundação tem 15 vezes mais chances de matar pessoas nas regiões mais vulneráveis (RAMOS et al., 2008).

Ambientalista Henrique Cortez escreveu em artigo publicado por EcoDebate: "Ultrapassamos seis dos nove limites dentro dos quais a vida humana na Terra ainda será possível para as gerações futuras. Isso não é uma boa notícia" (CORTEZ, 2023).

A humanidade encontra-se em um momento crucial de sua existência, no qual a compreensão e o respeito pelos limites planetários tornam-se imperativos para garantir a sustentabilidade do nosso planeta. O conceito de "limites planetários" refere-se aos pontos críticos que, se ultrapassados, podem levar a mudanças irreversíveis no sistema Terra. Eles são definidos como as fronteiras dentro das quais a humanidade pode operar sem colocar em risco a capacidade do planeta de sustentar a vida (RICHARDSON et al., 2023).

Os limites planetários foram propostos pela primeira vez em 2009 por um grupo de cientistas do Stockholm Resilience Centre, na Suécia. O grupo identificou nove limites planetários, que são: Mudança Climática, Perda de Biodiversidade, Alteração do Uso da Terra, Uso de Água Doce, Acidificação dos Oceanos, Poluição Química, Destruição da Camada de Ozônio, Fluxos Biogeoquímicos (Ciclos de Nitrogênio e Fósforo), Quantidade de Aerossóis Atmosféricos (ROCKSTRÖM et al., 2010).

Em 2009, quando o conceito foi introduzido pela primeira vez, nenhum limite havia sido oficialmente ultrapassado. No entanto, três limites já estavam sob forte pressão e se aproximavam de seus pontos críticos (ROCKSTRÖM et al., 2010):

- Mudança climática: A concentração de CO₂ na atmosfera já havia ultrapassado 380 partes por milhão (ppm), acima do limite ideal de 350 ppm.
- Acidificação dos oceanos: O pH dos oceanos já havia diminuído para 8.1, se aproximando do limite de 8.0.
- Ciclos biogeoquímicos (nitrogênio): A taxa de fixação de nitrogênio industrial já havia excedido o limite natural em mais de 100%.

Em 2015, Brown et al. concluiu que três limites já haviam sido ultrapassados:

- Mudança climática: A temperatura global média já havia aumentado 1°C acima dos níveis pré-industriais.
- Acidificação dos oceanos: O pH dos oceanos já havia diminuído para 8.08.
- Ciclos biogeoquímicos (nitrogênio): A taxa de fixação de nitrogênio industrial já havia excedido o limite natural em mais de 150%.

Em 2022, Wang-Erlandsson et al. publicou um novo estudo onde ele avaliou o estado dos limites planetários e concluiu que seis limites já haviam sido ultrapassados:

- Mudança climática: A temperatura global média já havia aumentado 1.1°C acima dos níveis pré-industriais.
- Acidificação dos oceanos: O pH dos oceanos já havia diminuído para 8.05.

- Ciclos biogeoquímicos (nitrogênio e fósforo): A taxa de fixação de nitrogênio industrial e a aplicação de fósforo em fertilizantes já excederam seus limites naturais.

- Mudanças no uso da terra: Mais de 30% da superfície terrestre já foi convertida para uso humano.

- Poluição por aerossóis: A concentração de aerossóis na atmosfera já excedeu o limite natural.

- Diversidade genética: As taxas de extinção de espécies estão acelerando, com estimativas de que 1 milhão de espécies podem estar ameaçadas de extinção nas próximas décadas.

Os outros três limites estão sob forte pressão:

- Uso da água doce: Mais de 20% da água doce disponível globalmente já está sendo utilizada.

- Químicos e novos materiais: A produção e o uso de produtos químicos e novos materiais estão aumentando a um ritmo alarmante, com muitos deles ainda não sendo totalmente testados quanto à sua toxicidade e impacto ambiental (WANG-ERLANDSSON et al., 2022) (Figura 1).

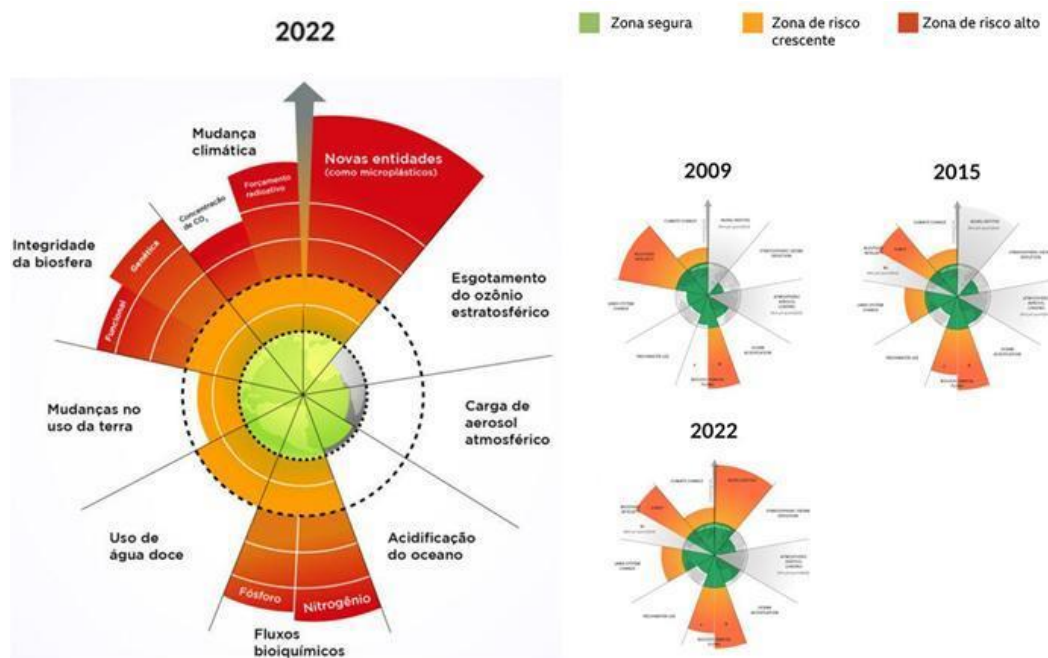


Figura 1. Limites planetários desde 2009.

Fonte: Resilience Centre, Stockholm University. Baseada em ROCKSTRÖM et al., 2009, STEFFEN et al., 2015, RICHARDSON et al., 2023, adaptada pela autora.

A mudança climática é um dos limites mais urgentes que enfrentamos. À medida que o mundo se aquece, a disponibilidade de água ficará sob crescente pressão. Com o aquecimento acima de 1,5°C, as pessoas que vivem em pequenos estados insulares e regiões dependentes de geleiras e derretimento da neve para seu abastecimento podem sofrer de insuficiência de água doce. Isso mostra que, com o aumento contínuo da temperatura, pode atingir limites para a adaptação tão rígidos que não haverá adaptação capaz prevenir riscos intoleráveis (IPCC, 2022).

Esses impactos estão se tornando cada vez mais complexos e difíceis de administrar. Os impactos da alteração climática interagirão cada vez mais entre si e com outros riscos, com consequências progressivamente perigosas. Os danos econômicos globais aumentarão com a elevação da temperatura, com os países mais pobres sendo os mais atingidos, e os custos podem ser maiores do que os estimados anteriormente. Os impactos climáticos podem reduzir os crescimentos econômicos nacionais e afetar as finanças de governos (MMA, 2018).

A alta da temperatura total do planeta representa uma transformação significativa nos padrões climáticos globais, desencadeando alterações drásticas nos sistemas terrestres e ultrapassando limites críticos dos ecossistemas e estruturas sociais. Embora os processos e impactos climáticos e suas consequências sejam fenômenos naturais, eles estão sendo agravados e intensificados de maneira significativa pelo comportamento humano, principalmente as emissões de GEE. A interação complexa entre impactos provocados pela mudança do clima e outros riscos pode desencadear consequências cada vez mais perigosas, especialmente para ecossistemas frágeis, como areias costeiras, e populações vulneráveis nos países menos desenvolvidos (VAJJARAPU, VERMA, GULZAR, 2019).

O sistema atmosférico é dinâmico, resultante da interação entre a atmosfera, o oceano e a litosfera. Observa-se que ao longo da história do planeta, ocorreram transformações no clima em diversas extensões temporais e espaciais, estas abrangendo períodos de séculos, milênios e até mesmo milhões de anos. Contudo, é notável que as atividades humanas têm condensado a escala temporal, levando a mudança climática em um intervalo de tempo mais curto durante as últimas décadas (RAMOS et al., 2008).

Cidades costeiras convivem com eventos extremos desde o início da civilização, mas a mudança climática e o rápido desenvolvimento urbano

amplificam seus efeitos, aumentando sobremaneira os prejuízos socioeconômicos e as perdas ambientais.

Segundo Moraes (2007), nas últimas décadas a ocupação dos municípios litorâneos (inclusive os brasileiros) está se intensificando por causa de três fatores de desenvolvimento: “a urbanização, a industrialização e a exploração turística”. Conforme esse autor, a zona costeira é um espaço diferenciado que “abriga um amplo conjunto de funções especializadas e quase exclusivas, e dois terços da humanidade habitam as zonas costeiras”.

Destaca-se a exposição única e a vulnerabilidade das cidades costeiras resultante da rápida urbanização na estreita interface terra-mar e uma alta concentração de atividade econômica e pessoas em risco, muitas com laços culturais de longa data com a costa e dependência de ecossistemas costeiros que são propensas a impactos de mudança climática (OPPENHEIMER et al., 2019; STERZEL et al., 2020). Atualmente, a exposição da população costeira aos impactos provocados pela proximidade do oceano e outros impactos causados pelo clima é considerável por qualquer medida (STERZEL et al., 2020).

O aumento das temperaturas está causando perda da massa das placas de gelo, geleiras e camadas de neve, impulsionando o aumento do nível do mar, a acidificação dos oceanos e ciclones tropicais intensos (IPCC, 2022). O aumento do nível do mar associado à mudança climática é considerado globalmente uma séria ameaça, especialmente para áreas baixas e densamente povoadas (BINDOFF et al., 2007, BIGANO et al., 2008).

O aumento do nível do mar levará à perda de ecossistemas costeiros, salinização das águas subterrâneas, inundações e danos nas infraestruturas costeiras, com riscos para os meios de subsistência, saúde, bem-estar, disponibilidade de alimentos, abastecimento de água e cultura das pessoas (IPCC, 2022).

Qualquer centro concentrado de habitação humana, pequeno ou grande, rural ou urbano está na linha da frente da ação para se adaptar às alterações climáticas por várias razões distintas. Em primeiro lugar, por abrigar a maioria da população mundial, muitos assentamentos costeiros estão simultaneamente expostos e vulneráveis a riscos compostos pelo clima, além de serem centros de criatividade e inovação (DRUZHININ et al., 2021; STORBJÖRK, HJERPE, 2021). Em segundo lugar, os residentes desses centros urbanos dependem de

ecossistemas costeiros, muitos dos quais são altamente sensíveis aos impactos da mudança climática que agravam os riscos não climáticos e aumentam a precariedade dos meios de subsistência costeiros (HE, SILLIMAN, 2019). Em terceiro lugar, as cidades costeiras estão ligadas por meio de uma rede de portos que sustentam o comércio e as trocas globais, mas que são propensos aos impactos da mudança climática, especialmente aumento do nível do mar (HANSON, NICHOLLS, 2020). Em quarto lugar, diversos estudos apontam forte importância do turismo nas praias e cidades costeiras para toda cadeia de trabalhadores e comerciantes, que são prejudicados em casos de interrupção ou queda da intensidade das atividades turísticas causadas por crise climática (SCOTT, LEMIEUX, 2010; TSAI, 2011; LIU, 2014).

Outra característica importante na descrição de áreas e cidades costeiras é a geomorfologia e uso da terra. De acordo com Haasnoot (2019) fisicamente, as opções de adaptação vão depender primeiramente da geomorfologia e uso da terra. No seu artigo ele dividiu em três subcategorias para geomorfologia e duas para uso da terra.

As três configurações geomorfológicas costeiras são (COOPER, MCLAUGHLIN, 1998; FRENCH et al., 2016):

- Aberta: costa sedimentar, sem foz;
- Delta: uma costa deltaica com zonas húmidas;
- Estuário: uma costa estuarina com zonas húmidas.

Os dois tipos de uso da terra considerados são (ANDERSON et al., 1976):

- Urbano: uma costa densamente povoada, com um parque edificado substancial e/ou dispendioso e/ou atrações turísticas, onde a subida do nível do mar resultaria em danos e perturbações significativas. A adaptação normalmente teria uma alta relação custo-benefício.
- Rural: uma costa predominantemente agrícola, tipicamente de menor valor do que as áreas urbanas, com habitações esparsas, baixa densidade populacional e turismo limitado. A elevação do nível do mar pode resultar na interrupção dos meios de subsistência locais (mas sem implicações regionais ou nacionais), mas não em danos significativos à infraestrutura. A adaptação normalmente teria uma relação custo-benefício mais baixa do que nas áreas urbanas.

Esses tipos de geomorfologia e uso da terra foram combinados para formar seis arquétipos costeiros (Figura 2).

ARQUÉTIPO	DESCRIÇÃO
COSTA ABERTA URBANIZADA COM PRAIA E/OU DUNAS	Áreas urbanizadas, baixas e atrativas para o turismo. Pode ser protegido por dunas de areia e nutrição de areia para manter o litoral
COSTA RURAL ABERTA	Zona rural, ligeiramente elevada, desprotegida
DELTA URBANO	Área urbanizada, com delta de rio
DELTA RURAL	Zona rural, com delta de rio. Menos protegido que o delta urbano
ESTUÁRIO URBANO	Área urbanizada, com estuários salobros
ESTUÁRIO RURAL	Área rural, com estuários salobros

Figura 2. Arquétipos costeiros.
Fonte: HAASNOOT, et al., 2019

Para cada arquétipo, a subida do nível do mar tem impactos físicos e socioeconômicos típicos, dependendo da geomorfologia e do uso do solo, respectivamente. O que leva aos pontos de adaptação diferenciados para cada tipo.

Para um arquétipo de “costa urbana aberta”, os potenciais impactos da subida do nível do mar incluem erosão, inundações temporárias resultantes de eventos extremos, submersão e subida das águas subterrâneas. As opções de adaptação enquadram-se na categoria “proteger”, mas a acomodação através de impermeabilização contra inundações e a retirada planejada através da aplicação de zonas de proibição de construção tornam-se mais amplamente consideradas (STIVE et al., 2013).

Um caminho comum para adaptação de um arquétipo de “deltas urbanos” é a proteção através de diques em combinação com drenagem e bombeamento. No entanto, as defesas baseadas na natureza para reduzir as ondas são cada vez mais consideradas para reduzir o risco de inundações e podem, assim, mudar o caminho (TEMMERMAN, 2013).

O objetivo da adaptação de “estuários urbanos” é proteger a cidade, a indústria e o porto de inundações ou inundações temporárias e, em menor medida,

de eventos extremos e da subida das águas subterrâneas. Assim, a proteção e a acomodação são tipos de adaptação mais comuns do que a retirada (CHAN et al., 2014).

Os arquétipos “costa/delta/estuário rural aberto” têm os impactos e caminhos de adaptação semelhantes aos dos seus homólogos urbanos, mas as opções de adaptação preferidas são reduzidas devido a menores consequências socioeconômicas e à menor densidade populacional e de infraestruturas. A adaptação normalmente se concentra na manutenção da produtividade alimentar e nos benefícios do ambiente natural. As baixas relações custo-benefício podem limitar os caminhos de adaptação. Os caminhos para as áreas rurais enfatizam as opções de acomodação e retirada antes da proteção. Outro caminho poderia começar com medidas de proteção verde de baixo custo, por exemplo, com canaviais ou mangais, para dissipar as ondas e reduzir a erosão e as inundações (AUERBACH et al., 2015).

A seleção de caminhos preferidos baseia-se em compromissos entre diferentes critérios que refletem objetivos de gestão, como a produção de alimentos ou a mitigação de potenciais danos infraestruturas. Ao mesmo tempo, as decisões sobre a adaptação são também impulsionadas por outros incentivos, como o desenvolvimento econômico (HAASNOOT, 2019).

Porém, a localização de uma cidade ou assentamento específico em um determinado arquétipo não leva em conta a futura reclassificação devido ao crescimento ou mudanças nas trajetórias de desenvolvimento. As cidades costeiras dentro dessas categorias geomorfológicas precisam de especificação de acordo com as taxas mais altas ou mais baixas de crescimento urbano e desigualdade, que podem ser estimadas por meio do crescimento populacional a partir de dados do censo nacional ou extensão da área de desenvolvimento urbano, bem como por área urbana relativa desigualdades estimadas e taxas de pobreza urbana-rural (RAMM, WATSON, WHITE, 2018).

Além disso, é importante levar em consideração as variações socioeconômicas, políticas e de governança significativas em muitas cidades costeiras. Esses fatores de vulnerabilidade não são apenas consequências de eventos climáticos. Fatores como políticas públicas inadequadas, planejamento urbano deficiente, segregação espacial e histórica, e a concentração de renda nas mãos de uma minoria contribuem significativamente para a perpetuação da

vulnerabilidade nos espaços urbanos (KOVARIC, 2009; PENNA, FERREIRA, 2014).

Em áreas degradadas e sem infraestrutura básica, as pessoas estão expostas a riscos de saúde e segurança mais elevados. A pobreza também contribui, limitando o acesso a recursos e oportunidades e tornando as pessoas mais vulneráveis aos impactos negativos da vida urbana. Populações nessas áreas enfrentam moradias precárias, falta de acesso a serviços de saúde e educação de qualidade, e poucas oportunidades de trabalho, refletindo as dificuldades enfrentadas por quem vive em situação de vulnerabilidade social (PENNA, FERREIRA, 2014).

A desigualdade no acesso a ativos como terra e moradia aprofunda mais ainda esse desequilíbrio. As comunidades informais de menor poder aquisitivo ao lado de áreas nobres de alto padrão também podem criar tensões sociais e aumentar a exclusão social, agravando ainda mais a vulnerabilidade socioeconômica desses espaços (CABRAL, CÂNDIDO, 2019).

A combinação de dados de arquétipos e socioeconômicos ajuda a identificar os perigos e impactos físicos diferenciados e condições socioeconômicas. Assim como os desafios e oportunidades variáveis que surgem ao abordar os impactos da mudança climática e o risco projetado. Pois dependendo do tipo costeiro, tamanho da cidade e disponibilidade de recursos, auxiliam na identificação e avaliação de vulnerabilidade e a informar os esforços para adequar e mapear um caminho de adaptação (ROCLE et al., 2020).

A interação entre as cidades costeiras e eventos climáticos extremos é bastante complexa. A demanda sobre zonas litorâneas está aumentando devido às taxas elevadas de urbanização, desenvolvimento industrial e crescimento do setor turístico. A crise climática atual contribui para o derretimento de gelo, elevação do nível do mar, acidificação dos oceanos e outros eventos intensos presentes nas áreas costeiras. Essas ocorrências afetam as atividades econômicas nas regiões densamente povoadas agravando os riscos já existentes e causando os prejuízos físicos e financeiros que impactam os meios de subsistência, bem-estar e identidade cultural. Além disso, a estrutura geomorfológica dos arquétipos costeiros é um componente importante na avaliação dos efeitos da mudança climática. Fatores socioeconômicos, como os assentamentos informais ao lado de bairros ricos, também moldam a vulnerabilidade das faixas litorâneas.

Combinando dados de arquétipos e socioeconômicos, é possível identificar riscos, impactos e desafios específicos para influenciar as opções de mitigação e adaptação.

3.

Definição de conceitos

Para entender melhor as consequências e a gravidade da crise climática nas cidades, é necessário conhecer os aspectos centrais tais como “ameaça climática”, “exposição”, “vulnerabilidade”, “impacto” e “risco” e a relação entre eles.

Conforme o relatório do IPCC a sociedade humana provoca as alterações climáticas. A mudança climática, por meio de ameaça, exposição e vulnerabilidade, gera impactos e riscos que podem ultrapassar limites de adaptação e resultar em perdas e danos. As mudanças no risco resultam de mudanças no grau de ameaças, na população exposta e no grau de vulnerabilidade das pessoas, bens ou ecossistemas. A exposição, por sua vez, reflete a vulnerabilidade direta das comunidades à mudança climática, evidenciando-se em desafios imediatos como danos estruturais, perda de meios de subsistência e ameaças à segurança humana. A vulnerabilidade agravada por desigualdades socioeconômicas, ressalta a disparidade na capacidade de resposta a tais eventos, exacerbando os riscos para populações mais vulneráveis (IPCC, 2022) (Figura 3).



Figura 3. Interações entre a vulnerabilidade e outros conceitos relacionados.
Fonte: IPCC, 2022, adaptada pela autora.

As expressões discutidas estão interligadas e, por sua vez, têm definições complexas. Torna-se, então, fundamental para o desenvolvimento do presente trabalho uma discussão sobre esses termos e a definição de uma base conceitual sólida por meio da associação e comparação de diversas fontes, permitindo assim avançar na discussão teórica com mais clareza.

3.1.

Ameaça climática

A ocorrência de eventos extremos, desencadeados pela mudança climática, é apontada como um fator significativo no aumento dos desastres naturais, conforme destacado por Ramos, Viana, Santo (2008), aumentando, assim, a exposição a esses eventos. No entanto, é importante compreender que a mera presença de um fenômeno físico ou natural não é suficiente para representar uma ameaça. Para que um evento extremo se transforme em uma ameaça, é preciso que ele ocorra em um determinado lugar onde se encontrem populações e infraestruturas expostas, em condições de vulnerabilidade, com insuficiente capacidade de resposta diante deste evento (RAMOS, VIANA, SANTO, 2008).

O termo ameaça pode ser confundido muitas vezes com o termo risco, porém, Marandola e Hogan (2009) afirmam que os dois termos estão intimamente ligados, mas não são sinônimos. Ameaça geralmente é usado como sinônimo da palavra inglesa *hazard*, apesar desta tradução encontrar algumas divergências na literatura. No entanto, Smith (1991) sugere associar a palavra *hazard* ao termo ameaça, quando afirma que *hazard* é uma potencial ameaça para o homem e o desastre é a realização desta ameaça.

Glossário do IPCC (2022) define ameaça (*hazard*) como:

“A ocorrência potencial de um evento físico natural ou induzido pelo homem ou tendência que possa causar perda de vidas, ferimentos ou outros impactos à saúde, conforme bem como danos e perdas a propriedades, infraestrutura, meios de subsistência, serviços abastecimento, ecossistemas e recursos ambientais” (GLOSSÁRIO do IPCC AR6, 2022).

De acordo com a autora argentina a Veyret (2007) no seu livro “Os Riscos”. O homem como agressor e vítima do meio ambiente.” apresenta o

significado da ameaça como a possibilidade de um evento futuro que pode causar danos a pessoas, bens ou ao meio ambiente.

A Secretaria da Estratégia Internacional para Redução de Desastres acrescenta à definição como:

“Um evento físico, potencialmente prejudicial, fenômeno e/ou atividade humana que pode causar a morte e/ou lesões, danos materiais, interrupção de atividade social e econômica ou degradação ambiental. Isso inclui condições latentes que podem levar a futuras ameaças ou perigos, as quais podem ter diferentes origens: natural [...] ou antrópico [...]” (UNISDR, 2009).

Observando a informação descrita em cima, neste trabalho, o termo ameaça vai ser usado no contexto da discussão sobre a mudança climática. Nesse caso a ameaça será entendida como a probabilidade de ocorrência de um evento extremo, tendência climática, ou seus impactos físicos gerarem danos à sociedade sejam estes materiais ou para a saúde e para a vida humana.

3.2

Exposição

A mudança climática representa uma série de ameaças significativas aumentando a exposição das pessoas e dos sistemas em todo o mundo. A exposição se refere às construções materiais e à distribuição da população no território. É o conceito que permite estabelecer as inter-relações entre as populações presentes em determinado lugar e as situações ambientais alteradas pelos eventos físicos ou por condições ambientais (MULER, BONETTI, 2014).

No contexto do IPCC, Agard e Schipper (2014) interpretam a exposição como "a presença de pessoas, meios de subsistência, espécies ou ecossistemas, funções ambientais, serviços e recursos, infraestrutura ou bens econômicos, sociais ou culturais em lugares e ambientes que poderiam ser afetados adversamente".

Exposição refere-se ao grau de contato direto de um sistema, comunidade, população ou ativo com ameaças potenciais, ameaças ou impactos, são as condições de localização do sistema em frente às ameaças naturais. A exposição abrange a probabilidade de um evento perigoso ocorrer, levando em consideração características como magnitude, frequência, duração, extensão geográfica,

velocidade de ocorrência, dispersão espacial e intervalo temporal, sobre uma área específica suscetível a esse evento (IGNATOWSKI, ROSALES, 2013).

A exposição pode ser entendida, sob a perspectiva de processos, como a materialização no território da construção social do risco. Ela se expressa territorialmente como construção histórica que entrelaça os processos físico-naturais, com as relações socioeconômicas, configurando determinados usos do solo, distribuição de infraestrutura, localização e tamanho de assentamentos humanos, presença de serviços públicos, entre outros (NANTENZON, RÍOS, 2015). A exposição não ocorre do mesmo modo em todos os lugares e para toda a população, sendo diferenciada pelas condições de vulnerabilidade (FREITAS, et al., 2012).

No entanto, a exposição em si não determina automaticamente a vulnerabilidade. Ela é apenas um dos elementos a serem considerados. A vulnerabilidade resulta da interação entre a exposição a determinados riscos e a capacidade de resistir ou se recuperar desses riscos. Dessa forma, algo exposto pode ou não ser vulnerável, dependendo do nível de vulnerabilidade inerente àquilo que está exposto (NANTENZON, RÍOS, 2015).

Neste presente trabalho, no contexto da mudança climática, o termo exposição será referente à presença de pessoas, bens, infraestruturas ou ecossistemas em áreas susceptíveis a impactos climáticos adversos. Em outras palavras, a exposição vai ser entendida com a condição de estar sujeito aos efeitos potenciais da mudança no clima.

3.3

Vulnerabilidade

O termo vulnerabilidade vem sendo discutido na literatura há muito tempo, encontrando-se inúmeras definições e distinções. Adger (1999) e O'Brien e Leichenko (2001) indicam que a vulnerabilidade não é um resultado, mas sim um estado ou condição de ser, e muito dinâmico na medida em que é moderado pelas desigualdades existentes na distribuição e acesso aos recursos, pelo controle que os indivíduos podem exercer sobre escolhas e oportunidades, e por padrões históricos de dominação social e marginalização.

O Glossário do último relatório do IPCC AR 6 (2022) apresenta a vulnerabilidade como:

“A propensão ou predisposição a ser afetado negativamente. Vulnerabilidade abrange uma variedade de conceitos e elementos, incluindo sensibilidade ou susceptibilidade a danos e falta de capacidade para enfrentar e adaptar-se” (GLOSSÁRIO do IPCC AR6, 2022).

No âmbito da mudança climática, o conceito de vulnerabilidade refere-se à suscetibilidade e à incapacidade de um sistema, seja ele humano, social ou ecológico, de lidar ou se adaptar aos impactos adversos decorrentes das alterações climáticas (PATT et al., 2009; BIRKMANN, 2013). A vulnerabilidade está intrinsecamente ligada a fatores socioeconômicos, ambientais e institucionais que influenciam a capacidade de uma comunidade ou ecossistema de se ajustar e resistir aos efeitos climáticos. Populações economicamente desfavorecidas, áreas urbanas densamente povoadas, bem como ecossistemas frágeis, frequentemente enfrentam níveis mais elevados de vulnerabilidade devido às limitações no acesso a recursos, infraestrutura inadequada, e uma menor capacidade de resposta a desastres (PATT et al., 2009).

Segundo Bankoff (2004), populações vulneráveis não são aquelas que estão em risco somente porque estão expostas a uma ameaça, mas sim por um processo de marginalização que faz de suas vidas uma “permanente emergência”. Este processo de marginalização é determinado, por sua vez, pela combinação de variáveis como classe, gênero, idade, raça e incapacidades (WISNER, 1993 apud BANKOFF, 2004) que afetam o direito e o empoderamento das pessoas ou seu comando sobre as necessidades e direitos básicos (HEWITT, 1997 apud BANKOFF, 2004).

O conceito de vulnerabilidade serve para caracterizar a situação social de um grupo antecedente ao evento catastrófico decorrentes das alterações climáticas. A situação das pessoas e instituições na “normalidade” é o que lhes dá os elementos para enfrentar a adversidade. A adversidade põe em prova um grupo social. As ferramentas que ele possui para enfrentá-la dependem da situação sócio-estrutural prévia, da sua história no lugar, e dos mecanismos institucionais de proteção social e de capacidade de resposta (FREIRE, BONFIM, NATENZON, 2014). Esse referencial reconhece que a suscetibilidade a danos não é definida apenas por um estressor, mas também pela sensibilidade de um sistema e sua capacidade de lidar com perdas ou resistir a impactos. O nível de

vulnerabilidade de um sistema ou comunidade a uma ameaça específica é determinado a partir da combinação desses dois componentes (Sensibilidade e Capacidade adaptativa) (PARRY et al., 2007; BIRKMANN, 2013).

Focado na discussão sobre a mudança climática, nesta pesquisa o termo de vulnerabilidade está se referindo à suscetibilidade e à falta de capacidade de lidar com os impactos negativos da mudança climática. Assim, a vulnerabilidade de um sistema é dada pela relação entre sua sensibilidade e capacidade adaptativa diante de uma ameaça a que ele está exposto. E para diminuir a vulnerabilidade de um grupo necessita reduzir a sensibilidade e aumentar a capacidade adaptativa.

3.3.1

Sensibilidade

A definição do IPCC AR6 (2022) determina a sensibilidade como:

“O grau em que um sistema ou espécie é afetado, de forma adversa ou benéfica, pela variabilidade ou mudança climática. O efeito pode ser direto (por exemplo, uma mudança no rendimento da colheita em resposta a uma mudança na média, intervalo, ou variabilidade de temperatura) ou indireta (por exemplo, danos causados por um aumento da frequência das inundações costeiras devido à subida do nível do mar)” (GLOSSÁRIO do IPCC AR6, 2022).

A sensibilidade, como um componente da vulnerabilidade, é profundamente influenciada pelas características físicas e estruturais da ocupação de determinada região. A interação entre o ambiente físico e as dinâmicas sociais desempenha um papel crucial na determinação do quão suscetível um local é a eventos adversos (FREITAS et al., 2012).

De acordo com Schweikert et al. (2014) a topografia desempenha um papel significativo na sensibilidade. Áreas em terrenos baixos ou sujeitas a inundações podem ser mais vulneráveis a eventos climáticos extremos, como chuvas intensas.

A infraestrutura e o desenvolvimento local também desempenham um papel crítico. Locais com construções resilientes estão mais preparados para lidar com ameaças. Além disso, práticas de construção tradicionais podem aumentar ou diminuir a sensibilidade, dependendo de como estão alinhadas com as características ambientais (SCHWEIKERT et al., 2014).

Na minha dissertação a sensibilidade será entendida como grau de alteração que o sistema pode sofrer, direta ou indiretamente, uma vez em contato com a ameaça climática.

3.3.2

Capacidade adaptativa

Outro fator que define a vulnerabilidade é a Capacidade adaptativa que se refere à capacidade da população e organizações administrativas em lidar com uma ameaça específica (IPCC, 2022).

No contexto do IPCC AR 6 (2022) esse componente caracteriza-se como:

“A capacidade dos sistemas, instituições, humanos e outros organismos de ajustar-se a danos potenciais, aproveitar oportunidades ou responder às consequências” (GLOSSÁRIO do IPCC AR6, 2022).

Adger (2003) apresentou sua definição de capacidade adaptativa como um elemento da vulnerabilidade, caracterizado como a habilidade de um sistema para evoluir e se adaptar a fim de enfrentar perturbações ou expandir sua capacidade de lidar com a variação (dos fenômenos naturais).

Capacidade adaptativa refere-se à capacidade de sistemas, instituições, humanos e outros organismos de se ajustarem a danos potenciais, aproveitarem oportunidades ou responderem a consequências. Medir a capacidade adaptativa de um sistema permite que os formuladores de políticas adotem estratégias adequadas para aumentar a capacidade adaptativa desse sistema aos impactos da mudança climática. A integração do impacto potencial e das capacidades adaptativas envolvidas define a vulnerabilidade de um sistema. Prevê-se que um sistema seja vulnerável se for sensível aos impactos das alterações climáticas e se tiver uma baixa capacidade para lidar com esses impactos (NGUYEN et al., 2016). A capacidade adaptativa é definida pela capacidade que indivíduos, grupos e instituições têm para utilizar os recursos materiais e humanos do sistema para enfrentar as ameaças climáticas e seus efeitos (GLOSSÁRIO do IPCC AR6, 2022).

Em uma situação de recursos sociais e econômicos, recursos de capital, meios financeiros, riqueza ou pobreza, a condição econômica das nações e grupos é claramente um determinante da capacidade adaptativa (KATES, 2000). Kelly e Adger (1999) evidenciam a correlação entre a pobreza e a capacidade adaptativa

de uma região; as áreas mais pobres geralmente enfrentam restrições mais significativas em termos de diversidade de recursos e capacidade de adaptação.

De acordo com Burton (1996) a ausência de avanços tecnológicos pode significativamente obstruir a habilidade de uma população implementar estratégias de adaptação, restringindo as opções disponíveis. A capacidade de adaptação é suscetível a variações, dependentes da disponibilidade e acesso à tecnologia em diferentes níveis, abrangendo desde o local até o nacional e em todos os setores. O nível atual de tecnologia em uma comunidade e seu conhecimento para desenvolver novas tecnologias são fatores decisivos na capacidade adaptativa (BURTON, 1996).

A capacidade adaptativa de uma comunidade diante da mudança climática é intrinsecamente ligada à atuação eficaz das instituições governamentais. É geralmente aceite que as instituições estabelecidas nos países desenvolvidos não só facilitam a gestão dos riscos contemporâneos relacionados com o clima, mas também proporcionam uma capacidade institucional para ajudar a lidar com os riscos associados às futuras alterações climáticas. Além disso, as instituições governamentais são responsáveis por fomentar a educação e conscientização pública sobre os desafios climáticos, promovendo a compreensão dos riscos e a aceitação de medidas de adaptação. A gestão eficaz de riscos, resposta a emergências e a participação populacional são outras áreas em que as instituições governamentais desempenham um papel crucial para fortalecer a capacidade adaptativa (SMIT et al., 2001).

Kelly e Adger (1999) defendem a ideia de que a capacidade adaptativa será ampliada quando as instituições sociais e governamentais, encarregadas da distribuição de poder e acesso a recursos em uma comunidade, nação ou globalmente, fornecerem uma distribuição equitativa desses recursos. A extensão do "direito" que nações ou comunidades têm para acessar recursos exerce uma influência significativa sobre a sua capacidade de adaptação. Os autores consideram a capacidade adaptativa de um sistema não apenas como resultado da disponibilidade de recursos, mas sim como uma função do acesso a esses recursos por parte dos decisores e dos setores mais vulneráveis de uma população (KELLY, ADGER, 1999).

Os determinantes da capacidade adaptativa não existem de forma isolada ou de maneira exclusiva uns dos outros. Pelo contrário, a capacidade adaptativa é

o resultado de uma combinação de determinantes, variando consideravelmente entre diferentes países e grupos sociais (NGUYEN et al., 2016).

O termo Capacidade adaptativa usado neste trabalho corresponde a quanto um sistema, indivíduo, instituição ou qualquer outro organismo é capaz de lidar com possíveis danos, aproveitar oportunidades ou responder às consequências relacionadas a essa mudança.

3.4

Impacto

Embora os efeitos da mudança climática sejam perceptíveis de maneira direta, como o derretimento das geleiras nos polos devido ao aumento da temperatura, outras consequências se manifestam de forma indireta. O derretimento do gelo, por exemplo, eleva o nível do mar, alterando a dinâmica dos territórios costeiros e gerando migrações, entre outros impactos. A esse conjunto de processos interligados foram denominados de cadeias de impacto. A partir de diferentes sinais climáticos (indícios da mudança climática), desencadeiam-se efeitos (resultados diretos da mudança) e, por fim, impactos (consequências diretas e indiretas), que podem ser tanto biofísicos quanto socioeconômicos (MMA, 2018).

A crise ambiental já está resultando em impactos sociais e ambientais significativos e induzirá grandes danos socioeconômicos no futuro. Os impactos da mudança climática são impulsionados não apenas por alterações nas condições do clima, mas também por mudanças na exposição a perigos e vulnerabilidade (IPCC, 2022).

Glossário do IPCC AR6 (2022) descreve impacto como:

“...as consequências dos riscos percebidos nos sistemas naturais e humanos, onde os riscos resultam das interações de perigos relacionados com o clima (incluindo eventos meteorológicos/climáticos extremos), exposição e vulnerabilidade. Os impactos referem-se geralmente aos efeitos sobre vidas, meios de subsistência, saúde e bem-estar, ecossistemas e espécies, ativos econômicos, sociais e culturais, serviços (incluindo serviços ecossistêmicos) e infraestruturas. Os impactos podem ser referidos como consequências ou resultados e podem ser adversos ou benéficos” (GLOSSÁRIO do IPCC AR6, 2022).

Os impactos são vinculados às perdas e danos que uma determinada entidade, seja ela um ecossistema, comunidade ou sistema socioeconômico, pode

sofrer diante de acontecimento de algum evento. A magnitude desses impactos está diretamente relacionada à vulnerabilidade desse sistema. Quanto maior a vulnerabilidade, maior a probabilidade de perdas significativas, uma vez que o sistema pode ter deficiências estruturais, limitações de recursos ou uma exposição a riscos acentuada. Por outro lado, sistemas menos vulneráveis têm uma capacidade inerente de resistir, adaptar-se e se recuperar mais eficientemente, reduzindo assim a extensão das perdas (MARENGO et al., 2019).

Na dinâmica complexa da mudança climática, os impactos se desdobram em duas categorias distintas: os diretos e os indiretos (PBMC, 2016; MMA, 2018).

Os impactos diretos incluem aspectos socioeconômicos, resultando em danos extensivos que se traduzem em prejuízos tangíveis e intangíveis para a qualidade de vida das comunidades. Provoca danos materiais, destruindo infraestruturas, habitats e meios de subsistência, levando a perdas econômicas significativas (SCOTT, LEMIEUX, 2010). Os impactos diretos incluem danos e prejuízos socioeconômicos e perda da qualidade de vida e de vidas (TSAI et al., 2011). Além disso, contribuem para o aumento de problemas de saúde, afetando particularmente as populações vulneráveis, enfrentando não apenas desafios imediatos de sobrevivência, mas também consequências de longo prazo para a saúde física. A perda de meios de subsistência agrava a insegurança alimentar, desencadeando um ciclo de vulnerabilidade que impacta adversamente o bem-estar geral da população (BINDOFF et al., 2019).

Por outro lado, os impactos indiretos da mudança climática desdobram-se ao longo do tempo, criando uma rede complexa de efeitos secundários. Esses impactos muitas vezes resultam das interações complexas entre sistemas climáticos e sociedades. Por exemplo, o aumento do nível do mar devido ao derretimento das calotas polares não apenas causa inundações costeiras (impacto direto), mas também desencadeia migrações populacionais, escassez de recursos, conflitos sociais e condição psicológica (impactos indiretos) devido a eventos extremos (ALLISON, BASSETT, 2015; BARNETT, 2017).

Ademais, os impactos podem ser categorizados em dois tipos: os impactos observados, que já ocorreram ou estão ocorrendo atualmente, e os impactos potenciais, que são projeções ou estimativas sobre as mudanças futuras com base em modelos climáticos e cenários de emissões (MMA, 2018).

O impacto observado da mudança climática já se manifesta em diversas formas ao redor do globo. Eventos climáticos extremos, como furacões mais intensos, secas e inundações devastadoras, destacam a urgência da situação. Além disso, encontram-se as mudanças nos padrões de temperatura e de precipitação e a elevação do nível do mar afetando diretamente as comunidades costeiras e ecossistemas vulneráveis (PBMC, 2016). A observação desses impactos atuais não apenas evidencia a realidade da mudança climática, mas também serve como um alerta para a necessidade de ação imediata. Os impactos observados oferecem uma visão concreta das consequências imediatas da mudança climática e servem como base para ações de adaptação e mitigação. No entanto, a compreensão da mudança climática vai além do que já ocorreu; ela exige uma análise prognóstica para orientar políticas e práticas de adaptação e mitigação (STERN, 2008; MMA, 2018).

Em contrapartida, os impactos potenciais correspondem às possíveis consequências que uma ameaça pode causar sobre o sistema caso se materialize, tendo em conta seus níveis de exposição e vulnerabilidade. Eles podem ser diferenciados entre os impactos biofísicos – que atuam, por exemplo, sobre os ecossistemas ou infraestruturas – e impactos socioeconômicos – que afetam os modos de vida humanos. A probabilidade de uma ameaça (à qual se está exposto e vulnerável) ocorrer, combinada à de um impacto potencial se materializar resulta, então, no risco (MARENGO et al., 2009; MMA, 2018) (Figura 4).

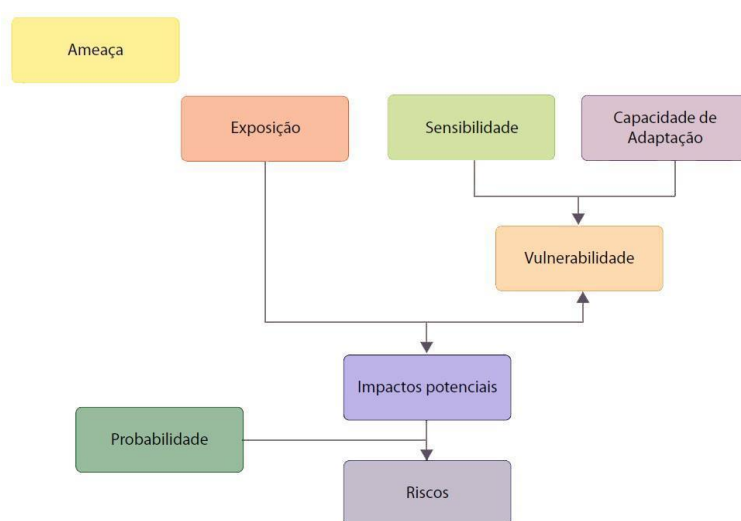


Figura 4. Relação entre ameaça, exposição, sensibilidade, capacidade adaptativa, vulnerabilidade, impacto potencial e risco.

Fonte: MMA, 2018

Sob algum ponto de vista, nota-se a semelhança entre o impacto potencial e o conceito de risco no contexto da mudança climática, pois ambos estão ligados pela incerteza e pela possibilidade de eventos adversos. O impacto futuro, nesse contexto, refere-se às consequências que podem ocorrer devido à continuidade das tendências climáticas atuais e ao agravamento dos fatores que impulsionam o aquecimento global.

3.5

Risco

Como foi demonstrado nas seções anteriores, o termo risco aparece como uma componente chave na definição e compreensão da maioria dos conceitos dentro do contexto da mudança climática, pois é resultante da interação entre ameaça, exposição, vulnerabilidade e mesmo das respostas que visam adaptação.

Castro et al. delinea o risco pela equação:

$$R = [P] \times [C],$$

onde P é a probabilidade de ocorrência do processo em questão, e C são as consequências sociais e econômicas potenciais associadas (CASTRO et al., 2005).

Nos seus relatórios, o IPCC AR6 (2022) reflete uma síntese global mais recente dos riscos da mudança climática e representa uma contribuição para a construção de “estrutura de risco do IPCC” (Figura 5).



Figura 5. Estrutura de risco do IPCC AR5.
Fonte: IPCC, 2022

Nesse quadro, os riscos relacionados ao clima são determinados por meio de uma interação entre a ocorrência de perigos climáticos e suas consequências, dependendo da exposição do sistema humano ou natural afetado e sua vulnerabilidade às condições perigosas. Onde a exposição refere-se à presença de elementos como pessoas, meios de subsistência, espécies ou ecossistemas em locais que podem ser adversamente afetados, enquanto vulnerabilidade como "a propensão ou predisposição a ser afetada adversamente". Perigo, exposição e vulnerabilidade podem estar sujeitos à incerteza em termos de magnitude e probabilidade de ocorrência, e cada um pode mudar ao longo do tempo e do espaço devido a mudanças socioeconômicas e à tomada de decisões humanas (IPCC, 2022).

Da mesma forma o Kron (2013) determina a avaliação de risco de acordo com três componentes: perigo (H), ou seja, a probabilidade de ocorrência do evento natural ameaçador; vulnerabilidade (V), ou seja, a falta de resistência a forças destrutivas; valores expostos ou em risco (E), ou seja, os objetos ou pessoas situados no local envolvido, onde não há pessoas ou valores a serem afetados por um fenômeno natural, não existe risco. Identicamente da figura de cima, mas em forma mais simples, ele calcula o risco multiplicando os três componentes:

$$R = [H] \times [E] \times [V]$$

Para avaliação de risco mais detalhada e precisa, Simpson et al. (2021) sugeriu uma abordagem de avaliação expandida que considera as respostas como um componente adicional de risco (Figura 6).



Figura 6. Interações para avaliação de risco entre perigo, vulnerabilidade, exposição e resposta à mudança climática.

Fonte: SIMPSON et al., 2021.

Em 2020 no Fórum Econômico Mundial as ações de respostas aos impactos da mudança do clima foram estabelecidas como um dos maiores desafios do século XXI. Dessa resposta dependerá a capacidade da humanidade em lidar com os demais desafios políticos, econômicos e sociais de longo prazo. Nada impede, porém, que ações de resposta sejam tomadas, desde já, para reduzir a potencial exposição aos perigos e a vulnerabilidade (WORLD ECONOMIC FORUM, 2020).

Haasnoot (2021) está de acordo com a importância de acrescentar as respostas na avaliação mais completa de risco destacando que o risco normalmente se refere aos possíveis impactos da mudança do clima assim como às respostas humanas a essas mudanças, tendo como fatores de risco, o perigo, a exposição e a vulnerabilidade.

A integração de respostas na estrutura de risco ajuda a aprofundar a compreensão e aumenta a relevância da avaliação de risco para uma diversidade de tomadores de decisão e pode ajudar a conceituar as compensações de risco que estão sendo feitas. O aumento da resposta, que inclui as ações de mitigação e adaptação, poderá significar a diminuição do risco e, conseqüentemente, implicará a redução da vulnerabilidade do lugar (MARANDOLA, HOGAN, 2009).

As ações conjuntas de mitigação e adaptação promoveriam um círculo vicioso positivo, atuando para diminuir os prejuízos das variações climáticas em curto e médio prazo sobre a sociedade, e para enfraquecer a intensidade da mudança climática em longo prazo, dado que os esforços de mitigação atuariam na estabilização das concentrações de gases na atmosfera (SCHIPPER, 2020).

Respostas eficazes de adaptação e mitigação dependerão de políticas e medidas em várias escalas: internacionais, regionais, nacional e subnacional. Políticas em todas as escalas apoiando o desenvolvimento de tecnologia, difusão e transferência, bem como financiamento para respostas à mudança climática, podem complementar e melhorar a eficácia das políticas que promovam diretamente adaptação e mitigação (IPCC, 2022).

De maneira simplificada, é possível dizer que estratégias de adaptação planejadas frequentemente focam em medidas que visam partilhar o risco, assumir o risco e sua perda associada, modificar ou evitar os efeitos do evento, ou modificar a localização, reduzindo ou eliminando a exposição de algum ativo, inclusive vidas humanas, a determinado risco climático. Assim, uma abordagem

para adaptação é reduzir o risco por meio da redução da vulnerabilidade de um sistema e da exposição do sistema à mudança do clima (SIMPSON et al., 2021).

Em um dos capítulos do relatório do IPCC, “Cidades e assentamentos à beira-mar”, foi desenvolvido um esquema baseado em Simpson et al. (2021) para especificar a avaliação de risco nas cidades costeiras (IPCC, 2022) (Figura 7).



Figura 7. Esquema de como os determinantes climáticos e oceânicos e os impactos físicos consequentes nas cidades costeiras influenciam na avaliação dos riscos.

Fonte: IPCC, 2022

O esquema demonstra como o risco para cidade costeira é avaliado e mediado por intervenções de adaptação destinadas a reduzir a vulnerabilidade e exposição aos riscos dados os arquétipos costeiros, bem como pela expansão do espaço para respostas ao risco por meio das condições facilitadoras.

Observe-se que a exposição a perigos costeiros é controlada principalmente pela geomorfologia costeira e mudanças nos perigos costeiros e crescimento urbano, incluindo crescimento populacional e de infraestrutura. O crescimento e o desenvolvimento da população são fatores críticos de mudança nas zonas costeiras e geram uma alta pressão sobre os ecossistemas costeiros e recursos naturais através do aumento da utilização e poluição (PATTERSON, HARDY, 2008).

O crescimento costeiro, a conversão de terras e a urbanização também estão relacionados a uma exposição crescente de um grande número de pessoas e bens aos perigos existentes e ao aumento do nível do mar e efeitos relacionados, o que aumenta significativamente os níveis de risco e vulnerabilidade ao longo das

costas e em deltas povoados (CROSSLAND et al., 2005). A vulnerabilidade é controlada, por exemplo, pelo desenvolvimento socioeconômico e pela redução da desigualdade.

As respostas que moldam os riscos podem ser aprimoradas por condições favoráveis. Esse termo refere-se a condições que aumentam a viabilidade de opções de adaptação e mitigação. As condições facilitadoras incluem governança efetiva e fluxo de informações, estruturas de políticas que incentivam soluções de sustentabilidade; financiamento adequado para adaptação, mitigação e desenvolvimento sustentável; capacidade institucional; ciência, tecnologia e inovação; monitoramento e avaliação de políticas, programas e práticas de desenvolvimento resiliente ao clima; cooperação internacional níveis e mudanças no comportamento humano e nos estilos de vida (IPCC, 2022).

A interação dinâmica entre os fatores físicos e climáticos influencia a natureza dos riscos enfrentados nas regiões costeiras, especialmente em áreas urbanas próximas ao mar. Essa interação também é influenciada pelos diferentes tipos de costa, resultando em riscos combinados devido à mudança climática e às respostas adotadas. Como resultado, os perigos costeiros estão se tornando mais frequentes e intensos, afetando não apenas os assentamentos costeiros específicos, mas também toda a zona costeira. Uma avaliação abrangente do risco associado à mudança climática em comunidades costeiras deve considerar todos os elementos relevantes. Isso inclui não apenas a exposição aos perigos climáticos, mas também as vulnerabilidades sociais, econômicas e ambientais (SIMPSON et al., 2021).

A complexidade dos riscos exige a consideração de uma ampla gama de variáveis, desde as físicas, como geomorfologia costeira, até as econômicas, como impactos na indústria do turismo e na pesca. Fatores sociais, como densidade populacional e estrutura demográfica, também desempenham um papel crucial, assim como as variáveis políticas que podem afetar a capacidade de resposta e planejamento das comunidades (PATTERSON, HARDY, 2008).

Além disso, a avaliação deve ser sensível a aspectos psicológicos e culturais das comunidades, pois as percepções individuais e coletivas sobre os riscos podem influenciar diretamente a forma como as medidas de adaptação são aceitas e implementadas. As crenças, tradições e valores locais também moldam a maneira como as comunidades enfrentam os desafios impostos pela mudança climática (IPCC, 2022).

A realização de uma avaliação de risco abrangente requer a colaboração entre cientistas especialistas em clima, nas áreas sociais, gestores públicos e grupos envolvidos locais. A compreensão das interconexões entre os diferentes componentes de risco é essencial para formar uma imagem completa dos desafios enfrentados pelas comunidades costeiras (SAGARA, SAITO, 2013).

Uma vez que todos esses elementos são considerados, a avaliação de risco pode formar uma base para o desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação. Essas estratégias devem ser flexíveis e adaptáveis, levando em conta a natureza dinâmica dos riscos climáticos, mas é necessária uma abordagem mais extensa do que a que está atualmente ocorrendo para reduzir a vulnerabilidade à mudança climática. Contudo, as respostas para a redução do risco poderão ser ineficazes por não levarem em conta o fato de que a mudança climática pode aumentar a intensidade e a frequência dos desastres com o passar do tempo (SIMPSON et al., 2021).

3.6

Resiliência

Há uma semelhança nas definições dos termos de Capacidade adaptativa e de Resiliência que reside na sua essência voltada para uma capacidade de reação e resistência do sistema diante de um impacto. No entanto, apesar da semelhança entre os dois termos, por definição, resiliência implica na volta ao um estado de equilíbrio, não necessariamente o original, após alguma deformação ou impacto, enquanto a Capacidade adaptativa é uma das componentes de vulnerabilidade que se refere à capacidade de pessoas, comunidades e instituições e utilizarem os recursos disponíveis para se adaptar. A distinção muitas vezes está na abrangência do termo resiliência, que incorpora não apenas a capacidade adaptativa, mas também outros elementos relacionados à vulnerabilidade. A capacidade adaptativa é uma parte fundamental da resiliência que envolve a necessidade de mudança, de desenvolver estratégias de adaptação, de mobilizar recursos necessários e de implementar medidas eficazes para lidar com os impactos da mudança climática (IPCC, 2022).

De acordo com AR6 a resiliência é:

“A capacidade dos sistemas sociais, económicos e ecológicos interligados para lidar com um evento, tendência ou perturbação perigosa, respondendo ou reorganizando-se de forma a manter a sua função, identidade e estrutura essenciais. A resiliência é um atributo positivo quando mantém a capacidade de adaptação, aprendizagem e/ou transformação” (ARCTIC COUNCIL, 2016 apud GLOSSÁRIO do IPCC AR6, 2022).

Conforme Dhar e Khirfan (2017):

“particularmente, no âmbito do desenho urbano, a resiliência potencialmente permite que o ambiente construído acomode formas novas ou remodeladas (e ou funções) através de uma transformação tal que seja adaptada às mudanças e a suas incertezas”.

Para Adger et al. (2004) o termo resiliência se refere a resiliência de um ecossistema que depende de seu nível de stress relacionado à sua fragmentação, poluição e exploração insustentável. Nas ciências sociais este conceito começou a ser aplicado para descrever o comportamento das comunidades, das instituições e da economia (KLEIN, 2004). Timmerman (1981 apud Klein, 2004) foi um dos primeiros autores a discutir a resiliência à mudança climática.

Meerow, Newell, Stults (2016) compilaram os estudos com 4 décadas de pesquisas que abordam a questão da resiliência. Essa pesquisa elaborou os dados da literatura em que a resiliência é vista sob três óticas diversas: o do equilíbrio (conceito tradicional ou ‘resiliência de engenharia’), o do equilíbrio de ‘múltiplo-estado’ (ou ‘resiliência ecológica’) e recentemente a do ‘não-equilíbrio’ (sistemas em constante mudança). Onde é o equilíbrio de estado único ou resiliência de engenharia significa:

“medida da persistência dos sistemas e de sua capacidade em absorver mudanças e perturbações e ainda manter as mesmas relações entre populações ou variáveis de estado” (HOLLING, 1973).

Equilíbrio de múltiplo-estado ou resiliência ecológica:

“a capacidade de um sistema em absorver distúrbio e reorganizar-se enquanto ocorre a mudança de tal forma que ele retenha essencialmente a mesma função, identidade e feedbacks” (HOLLING, 1996; WALKER et al., 2004).

E a resiliência do não-equilíbrio:

“Resiliência urbana refere-se à habilidade de um sistema urbano – e todas as redes sócio-ecológicas e sócio-tecnológicas que o constituem através de uma escala temporal e espacial – a fim de manter ou rapidamente retornar às funções desejadas em face de ocorrência de um distúrbio, para adaptar-se a mudança e

para rapidamente transformar sistemas que limitem sua capacidade atual ou futura de adaptação” (MEEROW et al., 2016).

A diferenciação entre o conceito tradicional de resiliência, resiliência ecológica e do não-equilíbrio reside na evolução das perspectivas sobre como os sistemas respondem às perturbações e se adaptam a ambientes em constante mudança (BERKES et al., 2003).

O conceito tradicional de resiliência como o potencial de um sistema se recuperar pode se revelar inadequado para um cenário de mudança climática rápida. Em uma hipótese onde as condições preexistentes podem não ser recuperáveis, pois pode subestimar a necessidade de adaptações significativas (FOLKE et al., 2010).

Já a resiliência do ‘múltiplo-estado’ ou ‘ecológica’, é um desenvolvimento do primeiro conceito e relaciona-se a aspectos de interferência socioecológicas, não somente os aspectos físicos. Aqui, a resiliência não se limita à restauração de estados prévios, mas inclui a capacidade do ecossistema de absorver perturbações, adaptar-se e, em alguns casos, evoluir para novos estados (CHELLERI et al., 2015).

A diversidade e a flexibilidade são elementos-chave na resiliência ecológica, permitindo que os ecossistemas enfrentem mudanças ambientais e persistam diante de variabilidades naturais. C. S. Holling (1973) aponta no estudo que os ecossistemas são sistemas dinâmicos e possuidores de múltiplos estágios. Ele trata da habilidade de um sistema em continuar funcionando ou persistir, mesmo sem permanecer o mesmo (HOLLING, 1973).

A resiliência do não-equilíbrio, por sua vez, destaca-se ao reconhecer que muitos sistemas raramente atingem estados de equilíbrio estável. Em ambientes dinâmicos e sujeitos a eventos climáticos extremos imprevisíveis, essa abordagem valoriza a capacidade de se adaptar constantemente a novas realidades. Isso implica uma compreensão de que a resiliência pode envolver a aceitação de mudanças fundamentais nos sistemas, em vez de buscar a restauração de condições pré-existentes (FOLKE et al., 2010). Em relação ao aquecimento global, a resiliência do não-equilíbrio enfatiza a necessidade de estratégias adaptativas flexíveis que possam lidar com a incerteza, a variabilidade climática e as ameaças imprevisíveis. Essa abordagem reconhece que a mudança climática pode alterar de maneira irreversível as condições dos sistemas, exigindo respostas

que transcendam a simples recuperação de estados passados. Em vez disso, destaca a importância de abraçar a mudança como parte integrante da resiliência em um contexto climático em constante evolução (CHELLERI et al., 2015).

A resiliência é um conceito muito importante na redução da vulnerabilidade. Em comunidades ou sistemas mais resilientes, a vulnerabilidade é bem menor, pois a habilidade de enfrentar e se recuperar de eventos adversos é fortalecida. A resiliência permite a implementação de estratégias eficazes de adaptação, a mobilização rápida de recursos e a promoção da sustentabilidade em longo prazo. Portanto, ao investir na construção da resiliência, não apenas se fortalece a capacidade de lidar com desafios imediatos, mas também se cria uma base sólida para reduzir a vulnerabilidade estrutural e promover a prosperidade sustentável. Ao desenvolver a capacidade de se adaptar e se recuperar diante de desafios, a resiliência atua como um escudo protetor, mitigando os impactos adversos que podem surgir.

3.7

Adaptação

A complexidade da mudança climática exige uma abordagem multifacetada, onde as respostas desempenham papéis interligados e complementares em diversas instâncias. Em muitos contextos, as respostas não operam isoladamente, mas sim de maneira sinérgica, formando uma ação integrada e abrangente. Essa interconexão é evidente no contexto de mudança climática, onde as medidas de mitigação e adaptação colaboram para enfrentar tanto as causas quanto os impactos imediatos, construindo uma resposta global e integrada (IPCC, 2022).

A resposta global à ameaça da mudança climática tem sido por meio da mitigação, reduzindo as emissões de GEE (HUNT, WATKISS, 2011; IPCC, 2022). No entanto, alguns dos efeitos da mudança climática são inevitáveis e a adaptação é vista como um meio necessário para lidar com esses efeitos impreteríveis, a fim de minimizar as perdas humanas e econômicas (VAJJARAPU, VERMA, GULZAR, 2019). A mitigação do clima serve para neutralizar os principais motores da mudança nos sistemas climáticos

internacionais (PIELKE, 1998). Já a adaptação climática refere-se à gestão de riscos relativos associados aos impactos da mudança climática por meio de políticas proativas ou esforços sociais (REGAN et al., 2019) (Figura 8).



Figura 8. Relação entre mitigação e adaptação.
Fonte: DE ABREU et al., 2022

A adaptação, como estratégia essencial na resposta à mudança climática, desempenha um papel direto e imediato na mitigação dos efeitos adversos e na redução da vulnerabilidade. Ao focar em soluções pragmáticas, a adaptação trabalha para fortalecer a resiliência de comunidades e ecossistemas diante dos desafios climáticos. Suas ações, muitas vezes, resultam em impactos tangíveis a curto e médio prazo, oferecendo uma resposta ágil às condições climáticas em evolução. Seja por meio da construção de infraestruturas mais resistentes a eventos extremos ou planejamento urbano resiliente, a adaptação se traduz em resultados concretos que melhoram a capacidade de enfrentamento imediato diante da mudança climática (NIGHTINGALE, 2017).

A mitigação igualmente desempenha um papel fundamental. Agindo sobre as causas antrópicas da aceleração da mudança climática, as medidas de mitigação visam reduzir as emissões de gases de efeito estufa e minimizar a interferência humana no sistema climático. Esta abordagem tem um impacto a longo prazo, contribuindo para atenuar os efeitos adversos futuros e, assim, reduzindo a necessidade de adaptações mais radicais. Ao investir em mitigação, está não apenas abordando as raízes do problema climático, mas também criando um ambiente mais propício para a eficácia das medidas de adaptação. A redução das emissões não apenas diminui o ritmo do aquecimento global, mas também limita a

intensificação dos eventos extremos, proporcionando uma janela mais ampla para a implementação de estratégias adaptativas eficazes (LOCATELLI, 2011).

O termo de adaptação representa-se no AR6 do IPCC como:

“... o processo de ajuste às condições reais ou esperadas do clima e seus efeitos, a fim de moderar danos ou explorar benefícios oportunidades. Nos sistemas naturais, o processo de ajuste às condições reais do clima e seus efeitos; a intervenção humana pode facilitar o ajuste ao clima esperado e aos seus efeitos” (IPCC, 2022).

Na mesma fonte a mitigação (da mudança climática) define-se como:

“Uma intervenção humana para a redução e a remoção das emissões de gases de efeito estufa” (IPCC, 2022).

Deve-se levar em conta que adaptação lida com os efeitos e a mitigação com as causas. Segundo Lemos (2010) “... pode-se generalizar que os resultados das ações de mitigação tendem a ter um alcance global, enquanto os das ações de adaptação, quando dissociadas da mitigação, tendem a ser mais locais. As interações entre escalas global e local, nesse contexto, não se limitam apenas à distinção nos alcances dos resultados de mitigação e adaptação. Deve-se também considerar a interdependência, especialmente no caso da mitigação, entre ações de escala global e local, em que o sucesso da primeira depende, em grande parte, da eficácia da última. Essa constatação reforça a importância da cooperação entre instituições governamentais e comunidades, fortalecendo a capacidade de organização e ação em nível local” (LEMOS, 2010).

No contexto complexo da mudança climática, a adaptação aparece como a peça-chave para ajudar as comunidades e a natureza a enfrentarem os desafios. Contudo, é preciso reconhecer que nem todas as formas de adaptação são iguais. Entre a necessidade de se ajustar às condições e a eficácia das medidas adotadas, surge o termo de má adaptação (SCHIPPER, 2020).

O conceito de má adaptação foi proposto para estudar os resultados da adaptação que não conseguem reduzir os riscos relacionados com o clima ou que conduzam a custos excessivos. As primeiras tentativas de definir sistematicamente o que significa má adaptação surgiu de Barnett e O'Neill (2010) como “ação tomadas ostensivamente para evitar ou reduzir a vulnerabilidade às alterações climáticas que têm um impacto negativo ou aumenta a vulnerabilidade de outros sistemas, setores ou grupos sociais” (BARNETT, O'NEILL, 2010). Este

fenômeno, no contexto da mudança climática, refere-se a respostas ou estratégias que, apesar de tomadas com a intenção de enfrentar os impactos climáticos, podem, inadvertidamente, resultar em consequências adversas, ampliando a vulnerabilidade em vez de mitigá-la.

Algumas más adaptações podem agravar desigualdades sociais, econômicas e ambientais influenciando negativamente o risco associado à mudança climática. Uma adaptação inapropriada pode criar uma falsa sensação de segurança. Se uma comunidade investir em medidas de adaptação que se mostram ineficazes, ela pode subestimar os verdadeiros riscos e não se preparar adequadamente para impactos futuros. Em alguns casos, adaptações mal planejadas podem transferir riscos de um setor, grupo ou região para outro e resultar em impactos sociais desproporcionais, exacerbando desigualdades existentes. Por exemplo, medidas de proteção costeira que beneficiam áreas ricas economicamente podem deixar comunidades mais pobres mais vulneráveis a inundações (MAGNAN et al., 2016).

Quando implementadas de maneira adequada e estratégica, as respostas têm o potencial não apenas de mitigar os impactos negativos, mas também de diminuir significativamente os riscos associados a diversos desafios, sejam eles relacionados à mudança climática. Estas respostas abrangem tanto medidas de adaptação quanto de mitigação, buscando minimizar a vulnerabilidade de comunidades e ecossistemas diante de impactos adversos (SCHIPPER, 2020).

A adaptação pode ser entendida como um processo dinâmico de atividades humanas e sistemas sociais envolvendo múltiplos atores trabalhando em direção a um estado mais desejável e resiliente. Smit e Wandel (2006) afirmam que a adaptação climática pode ser definida como um processo, ação ou resultado para melhor lidar, gerenciar ou se ajustar ao risco climático. Além disso, Pelling (2011) afirma que a adaptação à mudança climática oferece uma oportunidade para que os caminhos sociais alcancem resiliência, transição e transformação por meio de estabilização, mudança incremental e realinhamento estrutural. Refletindo sobre as políticas de conhecimento e mobilização comunitária, Chu et al. (2019) consideram a adaptação como a ressignificação local das redes em resposta à mudança climática.

A adaptação bem-sucedida à mudança climática pode ser aprimorada com governança colaborativa multinível e um processo ativo de tomada de decisão

(ARAOS et al., 2016). A governança multinível eficaz é complexa e reflete princípios de participação, policentrismo, transparência, responsabilização, justiça e efeitos em escala cruzada ao longo do tempo (ADGER et al., 2005). As respostas adaptativas são efetivas quando a governança multinível colabora na aplicação do conhecimento e da ciência. Bauer e Steurer (2015) destacam o papel das parcerias regionais na formação da adaptação à mudança climática como um esforço multinível e uma nova abordagem de governança. Araya-Munoz et al. (2016) consideram as respostas institucionais como "ação" para medir a Capacidade adaptativa urbana à mudança climática. Liderança, autonomia, governança justa e transparência de governança são consideradas determinantes importantes da adaptação climática. Mees e Driessen (2018) sugerem que responsabilidades e mandatos claros, transparência, supervisão política, controle dos cidadãos e verificações e sanções adicionais são critérios para a "boa" governança.

4.

Metodologia de avaliação de vulnerabilidade

4.1

Revisão das metodologias existentes

Índice de Vulnerabilidade Costeira – CVI (1989)

A primeira iniciativa para avaliar a vulnerabilidade baseada no Índice de Vulnerabilidade Costeira (CVI) foi desenvolvida pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) no final da década de 1980. O seu objetivo inicial era desenvolver uma base de dados de perigos costeiros para fornecer uma visão global das vulnerabilidades relativas aos eventos costeiros, como inundações, erosão e tempestades. Desde então tem sido atualizado várias vezes desde a sua publicação original. As atualizações incluem novas variáveis, a melhoria dos métodos de cálculo e a adaptação do índice à mudança climática. CVI inclui parâmetros físicos para avaliar a vulnerabilidade de uma área costeira à elevação antecipada do nível do mar (GORNITZ, KANCIRUK, 1989). A metodologia baseada no CVI é dividida em quatro etapas. A primeira etapa consiste na coleta de dados sobre as variáveis físicas da área costeira a ser avaliada. A segunda contém a atribuição de pesos às variáveis, de acordo com a sua importância relativa para o risco costeiro. O valor do CVI pode variar de 1 a 5 (1 indica uma baixa contribuição para a vulnerabilidade costeira de uma variável específica e 5 indica alta contribuição). Terceiro passo é o cálculo do CVI a partir da média ponderada das variáveis. E a fase final da avaliação é a interpretação dos resultados que podem ser utilizados para identificar áreas prioritárias para ações de mitigação e adaptação, o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias de gestão costeira, e a avaliação do impacto de mudança climática na linha de costa (PENDLETON et al., 2010).

Metodologia do IPCC (1991)

Outra abordagem para análise de vulnerabilidade que integra as variáveis socioeconómicas, além da caracterização dos elementos físicos, foi apresentada no início de 1991 por IPCC. O subgrupo de Gestão da Zona Costeira (CZMS) do Grupo de Trabalho III desenvolveu "Os sete passos para a avaliação da

vulnerabilidade das áreas costeiras à elevação do nível do mar - uma metodologia comum" (IPCC, 1992). A metodologia proposta inclui 7 etapas. (1) Inicialmente, delinea a área de estudo de caso e especifica as condições para a subida acelerada do nível do mar e as alterações climáticas. (2) Em seguida, realiza uma pesquisa abrangente das características específicas dessa área, considerando fatores ambientais, sociais e econômicos. Nesta etapa identificam-se os potenciais impactos de subida do nível do mar, conforme descrito no AR1 de 1992. (3) A terceira etapa envolve a classificação dos fatores de desenvolvimento socioeconômico relevantes, proporcionando uma compreensão mais profunda do contexto local. (4) A avaliação das mudanças físicas na área de estudo e as respostas naturais do sistema constitui a quarta etapa, focando nas transformações ambientais que podem impactar a vulnerabilidade. (5) Na quinta etapa, são estruturadas estratégias de resposta, visando mitigar os impactos reconhecidos e identificar os potenciais custos e benefícios. (6) A sexta etapa envolve a interpretação dos resultados, integrando dados físicos e socioeconômicos para obter uma visão abrangente. (7) Por fim, a sétima etapa aborda a classificação das necessidades futuras, projetando os requisitos para adaptar-se à mudança climática e fortalecer a capacidade de resposta (IPCC, 1992). Após um processo de comentários e revisões feitos pelos participantes do IPCC, o CZMS considerou que a Metodologia Comum fornece um quadro metodológico útil para os países costeiros avaliarem a sua vulnerabilidade à subida do nível do mar e considerarem estratégias de resposta. Ao avaliar a vulnerabilidade, três níveis de condições e cenários são incorporados na metodologia: (1) os impactos nos desenvolvimentos socioeconômicos; (2) os impactos nos sistemas costeiros naturais; e (3) as implicações de possíveis estratégias de resposta para a adaptação (IPCC, 1992).

Índice de Vulnerabilidade Social Costeira – CsoVi (2003)

Embora generalizadas, essas análises não consideravam os aspectos socioeconômicos aprofundados, como construções, gêneros, infraestruturas, renda e escolaridade. À vista disso, Cutter, Boruff e Shirley (2003) desenvolveram o Índice de Vulnerabilidade Social Costeira (CSoVi). Essa metodologia de avaliação é baseada na abordagem híbrida. Ela integra uma série de variáveis socioeconômicas desenvolvidas por Cutter (2003) num CVI para produzir o CSoVi. O CSoVi inclui parâmetros sócio relacionados, tais como pobreza,

população, desenvolvimento, etnia, idade e urbanização. Os cálculos do Índice de Vulnerabilidade Social Costeira (CSoVi) seguem as mesmas etapas do Índice de Vulnerabilidade Costeira (CVI) (BORUFF, EMRICH, CUTTER, 2005).

Índice de Vulnerabilidade de Local – PVI (2012)

Para avaliação da vulnerabilidade climática mais abrangente, na mesma pesquisa Cutter, Boruff e Shirley (2005) aplicaram outro tipo de índice - Índice de Vulnerabilidade de Local (PVI). O PVI foi desenvolvido com o objetivo de fornecer uma ferramenta para avaliar a vulnerabilidade de um local a eventos climáticos extremos. O processo de avaliação é parecido com o dos índices anteriores. Contém as 4 etapas: coleta de dados, atribuição de pesos, cálculo e interpretação dos resultados. A diferença está nessa última etapa. Somando as pontuações de CVI e CSoVI e classificando as pontuações de PVI em classes baixa, média e alta. A interpretação do PVI é baseada na ideia de que locais com um $PVI \geq 0,8$ (classe baixa) são considerados altamente vulneráveis a eventos adversos. Com um $PVI \leq 0,4$ (classe média) são considerados relativamente resilientes a eventos adversos. Locais com um PVI entre 0,4 e 0,8 (classe alta) são considerados de risco médio (BORUFF, EMRICH, CUTTER, 2005).

Índice de vulnerabilidade costeira multi-escala (2010)

Em 2010, McLaughlin e Cooper destacaram a importância da avaliação da vulnerabilidade costeira para os planos de gestão. Os autores notaram que o cálculo da vulnerabilidade costeira devido à erosão depende da agregação de vários indicadores aplicados à escala global, nacional e regional.

Seus resultados destacaram a importância da escala espacial na avaliação do IVC. Se por um lado o método do índice de vulnerabilidade pode ser aplicado às diferentes escalas, por outro lado, a seleção dos parâmetros para cálculo da vulnerabilidade deve considerar a mesma escala. McLaughlin e Cooper desenvolveram um IVC multi-escala, abordando especificamente os impactos da erosão. O índice integra três subíndices: (1) um subíndice de características costeiras, que descreve a resiliência e a susceptibilidade costeira à erosão, (2) um subíndice de forçamento costeiro, que caracteriza as variáveis que contribuem para a erosão induzida pelas ondas, e (3) um subíndice socioeconômico, que descreve os alvos potencialmente em risco (MCLAUGHLIN, COOPER, 2010).

A vulnerabilidade é um conceito importante justamente porque permite um olhar contextual e circunstancial dos fenômenos, abrangendo sua multidimensionalidade, desenvolvimentista, transversal e interdisciplinar que engloba muitas interações e relações complicadas que caracterizam sistemas sociais, ecológicos, naturais e biofísicos (WANG et al., 2019). Indivíduos, comunidades e sociedades humanas são influenciados por fatores biofísicos e socioeconômicos. Assim, as avaliações abrangentes de vulnerabilidade devem adotar uma abordagem sistêmica integrada que combine risco ambiental com características socioeconômicas nas áreas afetadas (ADGER et al., 2011). Segundo outros autores, a avaliação da vulnerabilidade socioecológica pode melhorar a compreensão de como um determinado sistema e as suas comunidades dependentes podem (ou não) lidar com as mudanças existentes e projetadas, facilitando a ação para apoiar o bem-estar humano e dos ecossistemas (BRUGERE, YOUNG, 2015).

Muitas tradições de investigação conhecidas na literatura científica lutam para encontrar métricas adequadas para avaliar a vulnerabilidade. A vulnerabilidade é um fenômeno dinâmico, muitas vezes num estado contínuo de fluxo, tanto os processos biofísicos e sociais que moldam as condições locais como a capacidade de lidar com a situação são eles próprios dinâmicos (O'BRIEN et al., 2004). A medição da vulnerabilidade, sendo assim, deve refletir os processos sociais, bem como os resultados materiais dentro de sistemas que parecem complicados e com muitas ligações que são difíceis de definir. A vulnerabilidade não é, portanto, facilmente reduzida a uma única métrica e não é facilmente quantificável. Embora seja fácil reconhecer pessoalmente o sentimento de vulnerabilidade e talvez compreender o resultado da vulnerabilidade em outras pessoas numa situação semelhante, a tradução deste conjunto complexo de parâmetros numa métrica quantitativa reduz em muitos aspectos o seu impacto e esconde a sua complexidade (WANG et. al, 2019).

Esse presente trabalho baseia-se na análise integrada dos fatores sociais e climáticos que moldam a vulnerabilidade de comunidades e regiões aos impactos da mudança climática, que neste trabalho chamaremos de vulnerabilidade sócio-climática, reconhecendo que a vulnerabilidade não é unicamente determinada pelas condições climáticas, mas é profundamente influenciada por aspectos sociais, econômicos e culturais. Considera-se o nível de desenvolvimento

econômico, a distribuição de recursos, a qualidade da infraestrutura e a eficácia da governança local. A interação dinâmica desses elementos cria um panorama abrangente da vulnerabilidade, destacando a complexidade inerente às respostas necessárias para enfrentar os desafios impostos pela crise climática.

A avaliação da vulnerabilidade enfrenta desafios significativos devido à diversidade de metodologias disponíveis. Cada metodologia pode focalizar em diferentes aspectos, o que torna desafiador integrar todas as variáveis relevantes em uma única abordagem. A falta de dados abrangentes e precisos, particularmente em regiões específicas, acrescenta outra dificuldade, limitando a capacidade de realizar avaliações integradas e detalhadas.

Em seguida são apresentados as variáveis e os indicadores possíveis para avaliação da vulnerabilidade das zonas costeiras. A inclusão dos quais busca fornecer uma abordagem mais ampla que capture vários aspectos diferentes, permitindo uma avaliação mais precisa das áreas em questão.

4.2

Seleção das variáveis e dos indicadores

Vários pesquisadores indicam que a análise da vulnerabilidade muitas vezes depende do uso e agregação das variáveis e dos indicadores (CUTTER, MITCHELL, MICHAEL, 2000; VINCENT, 2007). O processo de desenvolvimento das variáveis para a avaliação de vulnerabilidade sócio-climática inicia-se com a escolha dos componentes da vulnerabilidade, no caso a Sensibilidade e a Capacidade adaptativa como elementos-chave (MAFI-GHOLAMI et al., 2020). Posteriormente, passa-se à etapa de seleção de indicadores específicos relacionados a cada variável escolhida.

A seleção das variáveis e indicadores para a avaliação de vulnerabilidade costeira é similar à seleção para a avaliação de vulnerabilidade em outras regiões, com a principal diferença residindo na exposição. Indivíduos, comunidades e sociedades humanas nas áreas costeiras são particularmente suscetíveis à mudança climática devido a uma combinação de fatores geográficos e socioeconômicos (ADGER et al., 2011; EHSAN et al., 2022).

A exposição, num contexto de alterações climáticas, abrange os aspectos perigosos do clima que constituem uma ameaça, o que tem a dimensão espacial.

Isto é importante porque a vulnerabilidade das areias costeiras se manifesta geograficamente. Os fatores da exposição combinando com os indicadores sociais podem indicar principalmente onde os potenciais impactos serão sentidos.

A exposição neste estudo é expressa como o grau em que a população e os bens de uma área estudada estão expostos aos perigos costeiros e o que se pode perder. Os componentes de exposição avaliam os impactos de perigos significativos relacionados com o clima, considerando a natureza da exposição, as dimensões do impacto (perdas humanas e físicas possíveis) e a percepção do risco. Estas elevadas exposições a perigos relacionados com o clima têm um impacto direto nas funções económicas, sociais e ecológicas das zonas costeiras (EHSAN et al., 2022).

Em geral, as abordagens de vulnerabilidade nas áreas costeiras, além de variáveis com características sócias e económicas, baseiam-se em perigos naturais e centram-se na distribuição de condições perigosas, na ocupação humana em áreas costeiras (MULER, BONETTI, 2014) e o grau de perda associado a um evento perigoso específico (CUTTER et al., 2000).

Os indicadores escolhidos funcionam como medidas tangíveis e representativas das condições e características associadas a cada componente da vulnerabilidade podendo ajudar a identificar e priorizar regiões, setores ou grupos populacionais vulneráveis. A disponibilidade e qualidade dos dados pertinentes a esses indicadores são considerações críticas nesse processo, assegurando que a avaliação seja fundamentada em informações baseadas em conhecimento científico e dados disponíveis em bases confiáveis. A abordagem sistemática de escolher variáveis relacionadas à Sensibilidade e Capacidade adaptativa, seguida pela seleção de indicadores representativos, permite uma avaliação holística e precisa da vulnerabilidade sócio-climática (CUTTER, MITCHELL, MICHAEL, 2000; ABUODHA, WOODROFFE, 2010).

Os indicadores de vulnerabilidade precisam ser relevantes, factíveis, representativos e justificáveis em relação ao sistema (BIRKMANN, 2004). O conjunto de indicadores escolhido deve representar adequadamente a vulnerabilidade do sistema. Assim, cada indicador considerado para a avaliação deve ser apoiado por justificativas adequadas (CLARK et al., 1998; CUTTER, BORUFF, SHIRLEY, 2003).

O número de indicadores incluídos em uma variável pode variar de uma pesquisa para outra. Isso geralmente depende dos objetivos específicos da pesquisa, da disponibilidade de dados e dos critérios de seleção dos indicadores mais relevantes para a análise. Em algumas pesquisas, pode haver poucos indicadores em uma variável, enquanto em outras, pode haver uma lista mais extensa de indicadores para capturar uma gama mais ampla de informações (MCLAUGHLIN, COOPER, 2010).

A quantidade de indicadores usados deve ser suficientemente ampla para capturar os elementos essenciais de um estudo determinado, e ao mesmo tempo restrito para não sobrecarregar a análise dos dados, pois as variáveis podem ser altamente correlacionadas (ABUODHA, WOODROFFE, 2010).

A partir da revisão bibliográfica e da análise de estudos anteriores que abordam a avaliação de vulnerabilidade nas áreas costeiras foram selecionadas as variáveis e os indicadores de vulnerabilidade mais apropriados para a presente pesquisa.

4.2.1

Justificativa

Sensibilidade

A avaliação da sensibilidade, como um dos componentes da vulnerabilidade, requer uma cuidadosa consideração das variáveis que representam as características físicas e estruturais da ocupação em uma determinada região. Além disso, é fundamental compreender a interação dinâmica entre o ambiente físico e as complexas dinâmicas sociais que moldam a vulnerabilidade climática.

Condição do ambiente construído

A condição do ambiente construído é um fator importante ao se considerar a sensibilidade de uma determinada região. As características físicas, estruturais e urbanas desempenham um papel preponderante na determinação da resiliência do ambiente construído frente às variabilidades climáticas. Esse fator pode ser determinado pelos vários indicadores.

Um deles é o *Tipo de material usado na construção da edificação*. O uso de materiais inapropriados na construção civil é um elemento substancial que contribui para o aumento da vulnerabilidade climática em diversas dimensões. Materiais inadequados frequentemente apresentam limitações em relação à resistência a eventos climáticos extremos, tornando as estruturas mais suscetíveis a danos e degradação. Elementos com baixa resistência à umidade, por exemplo, podem resultar em infiltrações e deterioração acelerada, especialmente em regiões propensas a chuvas intensas (FEKETE, 2009; HANSON et al., 2011; CHINH et al., 2015; GAIN et al., 2015).

A falta de isolamento térmico adequado em materiais de construção pode aumentar a vulnerabilidade dos extremos de temperatura, levando a edifícios menos eficientes energeticamente e, por conseguinte, acentuando o consumo de energia para resfriamento ou aquecimento. Além disso, materiais que refletem o calor podem contribuir para o fenômeno das ilhas de calor, especialmente em regiões de clima quente e úmido. Portanto, a questão vai além da durabilidade dos materiais e baixa resistência, e inclui também a reflexão de calor, destacando a importância de utilizar materiais adequados ao clima local para garantir um desempenho eficiente e sustentável das edificações (HANSON et al., 2011; FLANAGAN et al., 2018).

As construções que usam materiais leves, como tábuas, madeira, metal e papelão ou operam com tijolos ou blocos de concreto, mas sem padrões adequados de segurança, qualidade e durabilidade, na maioria das vezes são caracterizadas por técnicas construtivas deficientes e, muitas vezes, ausência de planejamento estrutural (LEWSEY, CID, KRUSE, 2004; KISSI et al., 2015; FLANAGAN et al., 2018; CUMBERBATCH et al., 2020).

Materiais inadequados, como aqueles propensos à degradação rápida ou com baixa resistência a eventos climáticos extremos, tendem a aumentar a sensibilidade da região. Por exemplo, estruturas construídas com materiais não resilientes podem ser mais suscetíveis a danos causados por tempestades, inundações ou outras condições climáticas adversas. Por outro lado, materiais projetados para resistir a condições climáticas desafiadoras podem reduzir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência das edificações. Isso inclui materiais duráveis, com capacidade de suportar impactos e resistir à corrosão, bem como aqueles que proporcionam isolamento térmico eficaz. Edificações construídas com

materiais resilientes não apenas resistem melhor aos eventos climáticos, mas também se tornam menos sensíveis e mais resistentes aos riscos associados à mudança climática (CHINH et al., 2015; CUMBERBATCH et al., 2020).

Não há um número específico ou uma quantidade precisa de edificações precárias feitas com materiais de baixa qualidade que determine automaticamente a vulnerabilidade de uma região costeira. Entretanto, as pesquisas analisadas indicam que quando aproximadamente 30% a 40% da área total construída é composta por edificações que não atendem aos padrões de construção e uso de materiais adequados, isso pode significar uma contribuição substancial para aumento da vulnerabilidade da área costeira (LEWSEY, CID, KRUSE, 2004; FEKETE, 2009; CHINH et al., 2015; GAIN et al., 2015; FLANAGAN et al., 2018).

O indicador de *Condição de proteção do pavimento térreo a inundações* executa um papel crucial na redução da vulnerabilidade climática, e no aumento da resiliência das edificações. Esta estratégia é fundamental para minimizar os riscos associados ao aumento do nível do mar, tempestades e inundações (PANTHI et al., 2016; CUMBERBATCH et al., 2020).

A proteção do pavimento térreo contra inundações pode ser alcançada de diversas formas, uma das quais é a elevação do primeiro pavimento acima do nível da inundação esperada. Essa prática além de proteger a integridade estrutural da edificação, também salvaguarda seus ocupantes, reduzindo o risco de impactos diretos e prejuízos causados pela água. Ademais, oferece os efeitos positivos na resiliência urbana, permitindo a continuidade das atividades essenciais, como também reduz significativamente a necessidade de reparos e reconstruções após eventos climáticos extremos (LEWSEY, CID, KRUSE, 2004; HANSON et al., 2011; PANTHI et al., 2016; CUMBERBATCH et al., 2020; ASHIKIN et al., 2021).

Outras alternativas para proteger o pavimento térreo incluem a construção de muros ou barreiras físicas que impeçam a entrada de água, o uso de sistemas de drenagem eficientes para direcionar a água para longe da estrutura principal, e a implementação de materiais de construção resistentes à água. Todas essas medidas contribuem para aumentar a resiliência das edificações, tornando-as menos sensíveis aos impactos climáticos adversos (HANSON et al., 2011; ASHIKIN et al., 2021).

Além disso, a proteção do pavimento térreo a inundações não apenas beneficia diretamente o edifício em si, mas também tem um impacto positivo na comunidade em geral. Ao reduzir os danos causados por inundações, essas medidas ajudam a preservar a infraestrutura local, minimizam os custos de recuperação pós-desastre e, mais importante ainda, protegem a vida e o bem-estar das pessoas que habitam ou utilizam esses espaços. Portanto, o indicador de Condição de proteção do pavimento térreo a inundações é essencial para promover a segurança e a sustentabilidade das construções em face dos desafios climáticos atuais e futuros (CUMBERBATCH et al., 2020; ASHIKIN et al., 2021).

Os estudos avaliados oferecem como recomendação a distância mínima de 30 metros da costa para construção, visando proteger as edificações contra eventos climáticos extremos, como inundações costeiras, tempestades ou aumento do nível do mar. Além disso, a sugestão de que mais de 50% das edificações na areia avaliada apresentem alguma proteção do pavimento térreo a inundações como uma medida adaptativa que visa aumentar a resiliência da região. Essa abordagem considera a dinâmica costeira, a possibilidade de elevação do nível do mar, tempestades e outras ameaças associadas à mudança climática. É importante mencionar que essas recomendações podem variar dependendo da região, das características locais e das condições específicas do ambiente construído (LEWSEY, CID, KRUSE, 2004; HANSON et al., 2011; ASHIKIN et al., 2021).

A *Presença de cobertura vegetal na área urbana* tem um papel claro na redução da vulnerabilidade climática costeira, oferecendo uma série de benefícios que contribuem para a resiliência de ecossistemas costeiros e comunidades adjacentes. Em primeiro lugar, as áreas verdes, como manguezais e zonas úmidas, atuam como barreiras naturais, ajudando a dissipar a energia de tempestades e ondas de tempestade. Além disso, áreas verdes funcionam como zonas de amortecimento, absorvendo e armazenando água durante inundações, reduzindo assim os danos causados por inundações costeiras (AKSHA, S.K., et al., 2019; ADIGUZEL, F., et al., 2022).

Outro benefício importante é o papel das áreas verdes na drenagem urbana. A vegetação ajuda a absorver e reter a água da chuva, reduzindo o escoamento superficial e os riscos de enchentes. As raízes das plantas também ajudam a compactar o solo, tornando-o mais permeável e facilitando a infiltração da água

no subsolo. A vegetação contribui para a filtragem e purificação da água da chuva antes de ser direcionada para os sistemas de drenagem, melhorando assim a qualidade da água que chega aos corpos d'água locais (REID et al., 2009; YOO, HWANG, CHOI, 2011).

A cobertura vegetal ainda proporciona benefícios socioeconômicos ao agir como espaços de recreação, promover o turismo e fornecer serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação do clima local e do estresse urbano. Áreas arborizadas, como parques e jardins, contribuem para a melhoria da qualidade do ar ao absorverem poluentes e produzirem oxigênio. Isso ajuda a reduzir problemas respiratórios e promove um ambiente mais saudável para os residentes urbanos. A presença de vegetação em áreas urbanas cria microclimas mais amenos, reduzindo a formação de ilhas de calor urbanas e melhorando o conforto térmico dos espaços públicos e residenciais (ADIGUZEL, F., et al., 2022; NASSARY, E.K., et al., 2022).

A quantidade desproporcional de áreas verdes contribui para a erosão costeira, comprometendo a estabilidade das margens e aumentando a perda de terra para o mar e risco de inundações e danos à infraestrutura. A falta dos espaços verdes pode impactar negativamente a qualidade de vida das populações costeiras e limitar a capacidade de resistir e se recuperar de eventos climáticos extremos (REID et al., 2009; AKSHA, S.K., et al., 2019).

Algumas diretrizes e recomendações sugerem que uma região costeira deve destinar uma porcentagem significativa de sua área total para espaços verdes. A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda um mínimo de 12 m² de área verde por habitante para promover a saúde e o bem-estar da população, diminuir a sensibilidade, minimizar os danos e fortalecer a resiliência das comunidades (OMS, 2005).

Patrimônio cultural

A avaliação do patrimônio é um indicador relevante na compreensão da sensibilidade de uma área costeira. Os monumentos arqueológicos e históricos são importantes não só em termos econômicos, mas também em termos sociais e culturais. Fazem parte do recurso cultural e são insubstituíveis. As áreas costeiras muitas vezes são ricas em patrimônio histórico, arquitetônico e cultural. O patrimônio cultural é frequentemente um importante atrativo turístico, gerando

empregos e estimulando a economia local (MCLAUGHLIN et al., 2002; BALICA, WRIGHT, 2009; MCLAUGHLIN, COOPER, 2010).

O patrimônio cultural, incluindo edifícios históricos, monumentos, sítios arqueológicos e tradições culturais, faz parte da identidade das comunidades costeiras. A perda do patrimônio cultural material acarreta consequências profundas e irreversíveis para a compreensão e identidade de uma sociedade. Edificações históricas, sítios arqueológicos e objetos de valor cultural representam testemunhos tangíveis das realizações humanas ao longo do tempo. Se esse patrimônio for perdido devido a eventos climáticos extremos, conflitos, negligência ou outros fatores, a conexão direta com o passado se rompe, privando as gerações presentes e futuras de uma parte essencial de sua história (PEREIRA, PASINI, BITTENCOURT, 2021).

A preservação do patrimônio cultural pode fortalecer a resistência cultural das comunidades diante de desafios. O conhecimento tradicional e as práticas culturais podem conter informações valiosas sobre como se adaptar aos desafios costeiros. É importante que as avaliações de vulnerabilidade costeira considerem não apenas os aspectos físicos e econômicos, mas também os aspectos culturais e sociais (COELHO, 2015).

A avaliação de patrimônio cultural pode incluir as propriedades materiais e imateriais.

Presença do patrimônio material. O patrimônio cultural material é composto por bens tangíveis que representam a história e a identidade de um grupo social, comunidade ou nação. Estes bens incluem monumentos, edificações históricas, sítios arqueológicos, obras de arte, objetos, manuscritos, entre outros, que possuem valor cultural, histórico, artístico, arquitetônico ou científico. A preservação e proteção do patrimônio cultural material são de extrema importância para assegurar a continuidade da herança cultural e para transmitir esse legado às gerações futuras (SOUZA, SOUZA, 2013; OBINWANNE et al., 2015; VOUSDOKAS et al., 2022).

A presença destes elementos históricos nas áreas costeiras pode aumentar a vulnerabilidade do lugar diante das ameaças climáticas de diversas maneiras. Monumentos históricos, edificações antigas, sítios arqueológicos e outros bens culturais tangíveis muitas vezes possuem uma sensibilidade elevada às mudanças climáticas extremas. A exposição prolongada a condições climáticas adversas

pode acelerar a deterioração de estruturas antigas, resultando em perdas irreparáveis para o patrimônio cultural material (MCLAUGHLIN, COOPER, 2010; SOUZA, SOUZA, 2013).

Órgãos governamentais, organizações não governamentais e comunidades desempenham um papel crucial na proteção e conservação desses bens, garantindo que as futuras gerações possam apreciar, estudar e compreender a diversidade cultural que moldou a história de uma sociedade.

Presença do patrimônio imaterial. O patrimônio cultural imaterial refere-se a expressões culturais, tradições e conhecimentos que são transmitidos de geração em geração e que constituem parte integrante da identidade de uma comunidade ou grupo. Diferentemente do material, abrange práticas, rituais, festivais, músicas, danças, línguas, saberes tradicionais e outras manifestações que carregam significados profundos para as comunidades (SOUZA, SOUZA, 2013; OBINWANNE et al., 2015; VOUSDOKAS et al., 2022).

A Organização das Nações Unidas para a Educação (UNESCO) destaca que o patrimônio cultural imaterial não está apenas relacionado às tradições do passado, mas é uma expressão viva e dinâmica que continua a se desenvolver no presente. Festivais ao ar livre, celebrações tradicionais e atividades culturais específicas podem ser interrompidos ou prejudicados por condições climáticas adversas, ameaçando a continuidade dessas expressões culturais. A presença da herança histórica intangível em uma região costeira pode introduzir complexidades adicionais e aumentar a sensibilidade desse lugar diante da mudança climática. A falta de adaptação e planejamento para enfrentar a mudança climática pode resultar na perda gradual do patrimônio cultural imaterial. A vulnerabilidade é acentuada quando as comunidades que detêm esse conhecimento cultural não têm recursos adequados para preservar e adaptar suas tradições às novas condições ambientais (UNESCO; ANIRATO, 2008).

A preservação desse patrimônio envolve não apenas a proteção das práticas em si, mas também o reconhecimento da importância da transmissão oral e da participação ativa das comunidades na salvaguarda de suas tradições. Portanto, é necessário integrar considerações sobre a herança histórica em estratégias abrangentes de adaptação climática, reconhecendo a interconexão entre as expressões culturais e o ambiente, garantindo assim a resiliência dessas

manifestações diante das ameaças climáticas emergentes (COELHO, 2015; PEREIRA, PASINI, BITTENCOURT, 2021).

Não há um número específico ou uma quantidade fixa de patrimônio cultural nas áreas costeiras que determine automaticamente a vulnerabilidade. Porém, os estudos e as pesquisas consultadas afirmam que a presença de pelo menos um elemento de herança cultural, seja material ou imaterial, em uma zona litoral já é suficiente para considerá-la vulnerável à mudança climática. O patrimônio histórico é muitas vezes insubstituível e irreconstrutível, representando uma conexão única entre as comunidades locais e sua história, tradições e identidade. É uma questão de preservar a memória, a identidade e a riqueza cultural da humanidade (ANIRATO, 2008; COELHO, 2015).

Infraestruturas básicas

A avaliação do acesso às infraestruturas básicas é indispensável para compreender a sensibilidade de uma zona costeira e sua vulnerabilidade diante da mudança climática. O acesso a instalações, como abastecimento de água, saneamento, eletricidade, não apenas reflete as condições de vida das comunidades costeiras, mas também representa uma condição crucial para a construção de resiliência. Com a elevação do nível do mar, tempestades mais intensas e outros impactos climáticos, as comunidades costeiras enfrentam desafios crescentes para manter essas instalações essenciais. Acesso limitado à água potável instalações sanitárias e energia na comunidade refere-se a maior sensibilidade durante as ocorrências climáticas desfavoráveis. A falta de acesso a serviços básicos pode amplificar a vulnerabilidade das populações locais (BROOKS, ADGER, KELLY, 2005; ADGER e VINCENT, 2005; ADGER, 2006; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

O acesso às instalações básicas é fundamental e urgente para toda a humanidade. As comunidades sem essa infraestrutura tornam-se vulneráveis não apenas à mudança climática, mas também a qualquer tipo de desastre iminente. A ausência deste acesso compromete a resiliência dessas comunidades, deixando-as mais sensíveis e menos preparadas para enfrentar as ameaças climáticas. Garantir o acesso a instalações básicas é crucial não apenas para o bem-estar cotidiano, mas também para fortalecer a recuperação diante de eventos adversos (ADGER, 2006).

Acesso à água potável. O acesso à água potável é considerado um direito básico da população, reconhecido internacionalmente como essencial para uma vida digna e saudável. Este direito fundamenta-se no entendimento de que a água é um recurso vital para a sobrevivência e é necessário para a realização de uma série de direitos humanos, incluindo o direito à vida, à saúde e à alimentação adequada (FÜSSEL, 2010; HANSON et al., 2011).

A disponibilidade de acesso à água potável é essencial para fortalecer a resiliência das comunidades. Em áreas costeiras, onde os impactos da mudança climática são mais pronunciados, garantir a disponibilidade da água potável é fundamental para atender às necessidades básicas da população, especialmente em situações de emergência. Além disso, o acesso consistente à água potável contribui para a saúde pública, prevenindo a propagação de doenças relacionadas à água. A ausência de água potável também afeta diretamente a higiene pessoal e coletiva, aumentando os riscos de doenças relacionadas à falta de saneamento adequado. Ademais, a competição por recursos hídricos limitados pode gerar tensões sociais, deslocamentos populacionais e conflitos locais. Diante dessas ameaças, é evidente que o acesso à água potável não é apenas uma questão de conveniência, mas uma necessidade fundamental para a resiliência e a sobrevivência das comunidades costeiras (LEWSEY, CID, KRUSE, 2004; CONFALONIERI et al., 2009; FÜSSEL, 2010; YOO, HWANG, CHOI, 2011; HANSON et al., 2011; AHSAN, WARNER, 2014).

Instalações sanitárias. Assim como o acesso à água potável, o acesso a instalações sanitárias também foi identificado como um direito básico da população para garantir condições de vida essenciais. O acesso a instalações sanitárias é fundamental para redução da vulnerabilidade climática nas áreas costeiras, proporcionando benefícios significativos em termos de saúde pública, segurança e resiliência. Instalações sanitárias adequadas contribuem para a prevenção de doenças transmitidas pela água e pela falta de saneamento, riscos que podem aumentar durante eventos climáticos extremos, como inundações e tempestades costeiras (HAHN et al., 2009; FÜSSEL, 2010; AHSAN, WARNER, 2014).

Em momentos críticos, como as causadas por eventos climáticos, o acesso a instalações sanitárias é crucial para a gestão adequada de resíduos humanos, prevenindo a contaminação de recursos hídricos. A ausência dessas facilidades

pode resultar em condições insalubres, exacerbando os riscos à saúde e aumentando a vulnerabilidade das comunidades costeiras (SULLIVAN et al., 2003; BROOKS, ADGER, KELLY, 2005; HAHN et al., 2009; FÜSSEL, 2010; AHSAN, WARNER, 2014; PANTHI et al., 2016; MAZUMDAR et al., 2016; JAMSHED et al., 2019).

A falta de instalações sanitárias adequadas representa um grave obstáculo para a resiliência e aumenta a vulnerabilidade das comunidades costeiras diante dos desafios climáticos. A ausência de instalações sanitárias compromete diretamente a saúde e o bem-estar das pessoas, tornando-as mais sensíveis aos impactos climáticos adversos (FÜSSEL, 2010; MAZUMDAR, PAUL, 2016).

A disponibilidade de instalações sanitárias também desempenha um papel vital na promoção de práticas sustentáveis de gestão de resíduos, contribuindo para a preservação do meio ambiente costeiro. Adequadas estações de tratamento de esgoto e sistemas de gestão de resíduos ajudam a mitigar os impactos ambientais adversos de eventos climáticos, preservando a biodiversidade e a qualidade dos ecossistemas costeiros (BROOKS, ADGER, KELLY, 2005; FÜSSEL, 2010).

Acesso à energia elétrica. Mais um fator representante das infraestruturas básicas é o acesso à eletricidade que se considera fundamental na promoção do bem-estar e na construção de uma comunidade resiliente. A eletricidade é uma ferramenta versátil que permeia vários aspectos da vida moderna, fornecendo iluminação, energia para eletrodomésticos essenciais e alimentando uma variedade de dispositivos e tecnologias (LEWSEY, CID, KRUSE, 2004; YUSUF, FRANCISCO, 2009, HANSON et al., 2011).

A disponibilidade de eletricidade facilita a operação eficiente de sistemas de alerta e monitoramento, essenciais para antecipar e responder a eventos climáticos extremos. Além disso, a energia elétrica é vital para a manutenção de infraestruturas críticas, incluindo sistemas de bombeamento para controle de inundações, estações de tratamento de água e redes de saneamento. A continuidade no fornecimento de eletricidade é essencial para as operações de hospitais e centros de saúde em áreas costeiras, garantindo atendimento médico adequado durante cenários de crise (BROOKS, ADGER, KELLY, 2005; FÜSSEL, 2010).

A energia elétrica não apenas sustenta aspectos vitais da infraestrutura, mas também estimula a resiliência econômica local ao impulsionar atividades econômicas, comércio e empregos. Ao fornecer eletricidade para escolas e instituições educacionais, contribui-se para a continuidade da educação, mesmo em períodos de crise, promovendo o desenvolvimento e a capacidade de resposta das comunidades costeiras. A falta de acesso à energia elétrica diminui a resiliência das comunidades costeiras, tornando-as mais vulneráveis aos impactos climáticos (HANSON et al., 2011).

Estabelecimentos essenciais

Estabelecimentos essenciais referem-se a locais físicos ou estruturas que oferecem serviços e recursos fundamentais para a comunidade, especialmente em situações de ocorrências extremas. A presença de estabelecimentos essenciais representa um fator essencial na redução da sensibilidade de uma área litorânea, proporcionando uma sensação de segurança à população costeira diante de desastres climáticos (YOHE et al., 2006; PRESTON et al., 2008; TORRESAN et al., 2008; RANA et al., 2018; MAZUMDAR, PAUL, 2016).

Os residentes de comunidades costeiras, ao perceberem que contam com recursos essenciais próximos, experimentam uma sensação de confiança e preparação. Essa proximidade não apenas reduz a ansiedade em momentos críticos, mas também promove uma resposta mais rápida e eficaz em caso de evacuações ou necessidade de assistência imediata. Assim, a presença estratégica de instituições essenciais contribui não apenas para a segurança física, mas também para o bem-estar psicológico da população costeira diante dos desafios impostos pela mudança climática (CUMBERBATCH et al., 2020; OLOYEDE et al., 2022).

Quartel de bombeiro por habitantes. Os bombeiros desempenham um papel crucial na resposta rápida a eventos climáticos extremos, como tempestades e inundações, que frequentemente afetam áreas costeiras. Sua proximidade permite uma resposta imediata a situações de calamidade, minimizando danos materiais e protegendo vidas. Além disso, os bombeiros desempenham um papel preventivo, educando a comunidade sobre medidas de segurança, realizando simulações e promovendo a conscientização para reduzir riscos. A existência de um quartel de bombeiros nas proximidades facilita a coordenação eficiente em

evacuações e operações de busca e resgate, além de oferecer suporte à comunidade em caso de necessidade, como fornecer água potável, alimentos e abrigo (RANA et al., 2018; OLOYEDE et al., 2022).

A distribuição espacial dos quartéis de bombeiros é geralmente regulamentada por leis e normas em nível de país e estado. Essas legislações visam assegurar uma cobertura eficiente e equitativa para o atendimento de emergências relacionadas aos desastres naturais e outros eventos críticos. A especificidade das leis pode variar de acordo com a jurisdição, mas geralmente incluem critérios como densidade populacional, extensão geográfica da área, tipos de riscos existentes e tempo de resposta desejado (CUMBERBATCH et al., 2020; OLOYEDE et al., 2022).

Os estudos consultados demonstram que deve ter um grupamento de bombeiros militar para cada 100.000 habitantes e a presença de um quartel de bombeiros a menos de 5 km de distância reduz o tempo de resposta em 40%. Enquanto a presença de um quartel de bombeiros a menos de 10 km de distância reduziu o número de mortes em 25% (YOHE et al., 2006; TORRESAN et al., 2008; RANA et al., 2018; MAZUMDAR, PAUL, 2016).

Delegacia de polícia por habitantes. As forças policiais desempenham um papel crucial na manutenção da ordem pública, garantindo a segurança em circunstâncias de urgência. É essencial para diminuir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência das comunidades costeiras frente à mudança climática. A proximidade de uma delegacia possibilita uma resposta rápida a incidentes, como saques, evacuações e controle de tráfego em áreas afetadas e ainda oferecer o suporte à comunidade em caso de necessidade, fornecendo informações importantes sobre a segurança. Além disso, as delegacias são centros estratégicos para a coordenação de esforços de busca e resgate durante desastres naturais. A presença policial também contribui para a prevenção de atividades criminosas em situações de crise, fortalecendo a resiliência da comunidade (RANA et al., 2018; OLOYEDE et al., 2022).

A distância necessária entre as delegacias de polícia também é regulada por leis estaduais ou nacionais em muitos países para garantir uma distribuição equitativa e eficiente dos recursos de segurança. Em média nas áreas com mais de 100.000 habitantes 1 delegacia para cada 50.000 habitantes; áreas com 50.000 a 100.000 habitantes 1 delegacia para cada 25.000 habitantes; áreas com menos de

50.000 habitantes 1 delegacia para cada 10.000 habitantes. Algumas pesquisas indicam que nas áreas densamente povoadas uma delegacia a menos de 5 km pode ser suficiente, enquanto nas áreas menos densas uma delegacia a menos de 10 km pode ser suficiente, mas é importante considerar o tempo de deslocamento da polícia em caso de emergência (YOHE et al., 2006; TORRESAN et al., 2008; RANA et al., 2018; MAZUMDAR, PAUL, 2016).

Abrigos temporários. A presença de edifícios designados para servir como abrigos temporários em áreas costeiras é uma medida fundamental que fortaleça a segurança das comunidades, reduz a sensibilidade e aumenta a resiliência da população frente à mudança climática. Diversos tipos de edifícios podem ser estrategicamente designados para funcionar como abrigos temporários no momento de desastres em comunidades costeiras. Escolas, centros comunitários, instituições religiosas e outros espaços públicos amplos são frequentemente adaptados para esse propósito. Essas estruturas fornecem um local seguro e preparado, minimizando os riscos associados a eventos climáticos extremos em situações de urgência (BALICA, WRIGHT, 2009; COSTA et al., 2017; FERREIRA NUNES et al., 2018; OLOYEDE et al., 2022; MAHENDRA et al., 2023).

Além disso, a utilização desses edifícios como abrigos temporários facilita evacuações ordenadas e eficientes, permitindo que as comunidades costeiras respondam rapidamente a alertas de emergência. Essa prontidão é crucial para garantir a segurança da população em situações de risco iminente. Os abrigos temporários também desempenham um papel vital ao centralizar a distribuição de recursos essenciais, como água, alimentos e assistência médica de emergência, contribuindo para a resiliência e bem-estar durante o período crítico pós-desastre (COSTA et al., 2017).

A disponibilidade de qualquer um desses edifícios nas áreas de risco já representa um passo significativo na redução da vulnerabilidade e no aumento da resiliência da população. Porém, em 1997, a ONU estabeleceu normas mínimas para locais de alojamento em situações de desastres, reconhecendo a importância de garantir condições adequadas para a população afetada. Essas normas incluem a recomendação de uma área coberta de 3,5 a 4,5 m² por pessoa, em média. Esse espaço é essencial para proporcionar condições habitáveis e garantir o conforto e a privacidade dos evacuados. Além disso, a distância segura de possíveis ameaças à

segurança física é outra diretriz essencial, geralmente estabelecida em não menos de 50 km. Isso visa garantir que os abrigos estejam fora da zona de impacto iminente de eventos adversos, garantindo a segurança dos residentes temporários (COSTA et al., 2017; FERREIRA NUNES et al., 2018).

Acesso à infraestrutura

É fundamental analisar o acesso à infraestrutura nas zonas costeiras para reduzir a vulnerabilidade climática e aumentar a resiliência das comunidades. A infraestrutura desempenha um papel importante na preparação, resposta e recuperação frente a eventos extremos. A disponibilidade de infraestrutura adequada, como transporte público, estradas, pontes e postos de gasolina é essencial para garantir uma resposta eficaz em cenários de crise climática (O'BRIEN et al., 2004; MAFI-GHOLAMI et al., 2020; OLOYEDE et al., 2022).

Acesso ao sistema de transporte público. O acesso ao sistema de transporte público emerge como um indicador chave na avaliação do acesso à infraestrutura, desempenhando um papel fundamental na análise da vulnerabilidade costeira. A eficácia desse indicador não apenas reflete a facilidade com que os residentes costeiros podem se deslocar em situações críticas, mas também destaca a capacidade de evacuação ordenada diante de eventos climáticos extremos. A existência de rotas de evacuação bem planejadas e a conectividade eficiente com o transporte público são essenciais para garantir que as comunidades costeiras possam se mover rapidamente para áreas mais seguras, reduzindo assim o risco de danos causados por ameaças climáticas. Além disso, a acessibilidade ao transporte público também desempenha um papel crucial na fase de recuperação pós-desastre. Facilita a mobilidade dos residentes para acessar serviços essenciais, como centros de abrigo, assistência médica e distribuição de recursos críticos (MCLAUGHLIN et al., 2002; MCLAUGHLIN, COOPER, 2010; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

Analisar o acesso ao transporte público não apenas fortalece a resposta a emergências, mas também contribui para a adaptação de longo prazo. Isso inclui o planejamento de rotas resistentes e a implementação de medidas para proteger a infraestrutura de transporte público, promovendo uma resiliência a longo prazo (MCLAUGHLIN, COOPER, 2010; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

As recomendações e normas para a infraestrutura de transporte público geralmente estão descritas nas publicações oficiais de cada região, como as diretrizes para acessibilidade ou política nacional de mobilidade urbana. Essas diretrizes destacam a importância da acessibilidade ao definir distâncias ideais para pontos de ônibus e estações de trem/metrô, contribuindo assim para a promoção de mobilidade urbana eficiente e inclusiva (MCLAUGHLIN et al., 2002; MCLAUGHLIN, COOPER, 2010; OLOYEDE et al., 2022).

Para pontos de ônibus, as diretrizes recomendam uma distância ideal de 200 a 400 metros, buscando garantir que eles estejam convenientemente distribuídos e acessíveis à população. Em áreas de alta densidade populacional, a distância entre pontos de ônibus pode ser ajustada para 400 a 800 metros, refletindo a necessidade de atender a uma demanda mais concentrada. No caso de estações de trem/metrô, as diretrizes estabelecem um raio comum de 500 a 800 metros, destacando a importância de garantir que essas estações estejam localizadas de maneira a atender uma área abrangente. A distância entre estações é delineada conforme a localização, com variações de 1 a 2 km em áreas centrais e até 5 km em áreas suburbanas, reconhecendo as características específicas de diferentes regiões (MAFI-GHOLAMI et al., 2020; OLOYEDE et al., 2022).

Densidade rodoviária. A densidade rodoviária aparece como um indicador significativo na avaliação da vulnerabilidade costeira devido à sua relação direta com a capacidade de resposta e evacuação eficaz diante de ameaças climáticas. Em áreas costeiras, onde eventos como tempestades, inundações e elevação do nível do mar representam riscos substanciais, a infraestrutura rodoviária é essencial para mobilidade e segurança da população (MAFI-GHOLAMI et al., 2020; OLOYEDE et al., 2022).

Uma densidade rodoviária adequada significa que há uma rede viária bem desenvolvida, proporcionando múltiplas rotas de evacuação e acesso a áreas mais elevadas em caso de necessidade. Isso é essencial para facilitar a evacuação ordenada da população, reduzindo congestionamentos e melhorando a eficiência do deslocamento. Além disso, a densidade rodoviária influencia diretamente o tempo de resposta de serviços de emergência, como bombeiros e equipes médicas, durante e após eventos climáticos extremos (MCLAUGHLIN et al., 2002; MCLAUGHLIN, COOPER, 2010; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

Não existe uma recomendação única para o número mínimo de vias rodoviárias disponíveis por unidade de área que seja universalmente aplicável, pois essa recomendação pode variar dependendo de vários fatores, incluindo a densidade populacional, a topografia local, a probabilidade de eventos climáticos extremos e as necessidades específicas da comunidade. No entanto, uma abordagem comum ao planejar infraestrutura rodoviária em áreas costeiras propensas a eventos climáticos adversos é garantir a variedade de opções de rotas e acesso eficiente. Em zonas costeiras densamente povoadas, uma orientação comum é garantir que haja uma distribuição adequada de vias para evitar congestionamentos e facilitar a mobilidade. Isso pode incluir a presença de vias de diferentes capacidades, como avenidas principais, vias expressas e ruas secundárias. Além disso, considerando as mudanças climáticas e o aumento da frequência e intensidade de eventos extremos, as infraestruturas rodoviárias devem ser projetadas levando em conta as projeções futuras de vulnerabilidade e a resiliência da região (MCLAUGHLIN et al., 2002; MCLAUGHLIN, COOPER, 2010; MAFI-GHOLAMI et al., 2020; OLOYEDE et al., 2022).

Residências sem veículo. A taxa de residências sem um veículo é um indicador importante na avaliação da vulnerabilidade climática de uma comunidade. A posse de veículos individuais desempenha um papel crucial na capacidade de uma população se preparar, responder e se recuperar de eventos climáticos adversos. Uma taxa reduzida de residências sem veículo em uma comunidade costeira pode acentuar a vulnerabilidade climática e aumentar a sensibilidade da população. A dependência dessa comunidade em serviços públicos ou vizinhos para evacuações em situações de desastre cria uma situação de espera que pode ser prejudicial em momentos críticos. A posse de veículos individuais não apenas contribui para a segurança pessoal, mas também alivia a pressão sobre os recursos de resposta a emergências, permitindo que esses recursos se concentrem em áreas mais críticas. Em comunidades costeiras, onde os riscos climáticos são significativos, a capacidade de evacuar prontamente pode ser crucial para preservar vidas e minimizar danos. Além disso, ter um veículo oferece a flexibilidade de escolher rotas alternativas ou buscar abrigo em locais mais seguros (TAPSELL et al., 2002; MAZUMDAR, PAUL, 2016; FLANAGAN, et al., 2018; RANA et al., 2018).

É difícil determinar a taxa ideal de famílias com veículos para garantir a vulnerabilidade e segurança de um local em caso de desastre climático. Contudo, uma taxa substancial de famílias com veículos é essencial para fortalecer a resiliência da comunidade. Em geral, uma porcentagem significativa de famílias com veículos, idealmente superior a 50%, pode ser considerada importante para garantir a capacidade de evacuação eficiente, acesso a abrigos e a mobilidade necessária durante e após desastres climáticos. Essa proporção é particularmente relevante em regiões costeiras suscetíveis a eventos como tempestades, inundações ou elevação do nível do mar (MAZUMDAR, PAUL, 2016; FLANAGAN et al., 2018).

Posto de gasolina por habitantes. O indicador chave de acesso ao posto de gasolina em uma zona costeira é de extrema importância para a redução da sensibilidade da comunidade e a avaliação da vulnerabilidade climática. A presença e a acessibilidade de postos de gasolina desempenham um papel vital em momentos críticos relacionados a eventos climáticos, como tempestades, inundações e evacuações. Durante desastres naturais, a capacidade de garantir o abastecimento de combustível é fundamental para a evacuação ordenada e eficiente da população. Postos de gasolina acessíveis asseguram que os veículos utilizados para evacuação e transporte de recursos essenciais possam ser abastecidos prontamente, evitando a escassez de combustível que poderia comprometer a evacuação e a resposta a emergências. Além disso, a presença de postos de gasolina acessíveis contribui para a resiliência da comunidade costeira em longo prazo. Eles facilitam a mobilidade durante o período pós-desastre, permitindo o deslocamento eficiente de equipes de resposta, entrega de suprimentos e a retomada das atividades normais da comunidade (OLOYEDE et al., 2022; BABANAWO et al., 2022).

O número recomendado de postos de gasolina em uma determinada região varia de acordo com diversos fatores, como densidade populacional, características urbanas e geográficas. Em países desenvolvidos, observa-se uma média de um posto para cada 2.000 a 4.000 habitantes, refletindo uma infraestrutura mais densa e a necessidade de atender a uma demanda concentrada. Nas grandes cidades brasileiras, a dinâmica urbana e as características do tráfego contribuem para uma média de um posto de gasolina para cada 5.000 a 10.000 habitantes. Essa distribuição reflete a necessidade de balancear a demanda urbana

por abastecimento, garantindo ao mesmo tempo a resiliência do sistema de mobilidade em face de eventos climáticos extremos. Em áreas rurais, onde a densidade populacional é menor e as distâncias entre comunidades podem ser mais significativas, a média de postos de gasolina é geralmente reduzida. Nesses casos, pode-se encontrar um posto para cada 10.000 a 20.000 habitantes, refletindo uma abordagem adaptada às condições específicas dessas regiões (BABANAWO et al., 2022).

Serviços médicos e sistemas de saúde

A variável de saúde e serviços médicos é fundamental para avaliar a capacidade adaptativa de uma comunidade frente a desafios climáticos e emergências. A disponibilidade e qualidade dos serviços de saúde é um fator indispensável na capacidade de uma população lidar com os impactos climáticos, prevenir doenças relacionadas ao clima e responder eficazmente a emergências de saúde pública. Além do atendimento de emergência, os serviços de saúde desempenham um papel crucial na promoção da resiliência da comunidade por meio de programas de prevenção e conscientização sobre saúde pública. Isso inclui iniciativas de vacinação, monitoramento de doenças relacionadas ao clima e educação da população sobre medidas de proteção e segurança durante eventos climáticos extremos (CUTTER, BORUFF, SHIRLEY, 2003; YOO, HWANG, CHOI, 2011; KRISHNAN et al., 2019; OLOYEDE et al., 2022; TASNUVA et al., 2023).

Posto de saúde e hospital por habitantes. A falta de postos de saúde e hospitais por habitantes pode aumentar significativamente a vulnerabilidade de uma comunidade frente à mudança climática. Estabelecimentos de saúde são fundamentais para fornecer atendimento médico de emergência durante eventos climáticos extremos, que podem resultar em lesões, doenças e necessidade de tratamento imediato. A ausência de instalações de saúde adequadas pode levar a atrasos no acesso a cuidados médicos essenciais, colocando em risco a vida da população afetada. Além disso, a falta de serviços de saúde pode dificultar a resposta a surtos de doenças transmitidas pelo clima, como infecções transmitidas por água contaminada após inundações (YOO, HWANG, CHOI, 2011; KRISHNAN et al., 2019).

A presença de postos de saúde ou hospitais suficientes para uma região desempenha um papel fundamental no aumento da resiliência das comunidades costeiras, desempenhando um papel vital na preparação, resposta e recuperação de desastres climáticos. Eles fornecem apoio psicossocial, abrigos temporários e recursos médicos essenciais para a população afetada. O objetivo dos postos de saúde é oferecer atendimento primário à saúde que possa atender até 80% da população (KIENBERGER, LANG, ZEIL, 2009).

Número médio de leitos disponíveis por habitantes. A quantidade de leitos disponíveis por habitante desempenha um papel crítico na vulnerabilidade e resiliência das comunidades costeiras. Durante eventos climáticos extremos, como tempestades, inundações ou ondas de calor, a demanda por serviços médicos de emergência pode aumentar drasticamente. Se o hospital mais próximo tiver uma capacidade limitada de leitos, isso pode resultar em uma rápida saturação dos recursos médicos disponíveis e na falta de espaço para tratar pacientes afetados pelo desastre. Isso aumenta a vulnerabilidade da comunidade, pois os moradores podem enfrentar dificuldades para acessar o tratamento médico necessário e receber cuidados adequados (YOO, HWANG, CHOI, 2011; KRISHNAN et al., 2019).

Por outro lado, uma quantidade adequada de leitos disponíveis no hospital aumenta a resiliência da comunidade ao garantir que haja capacidade suficiente para atender às necessidades médicas durante emergências climáticas. Isso permite uma resposta mais eficaz a emergências médicas e uma melhor capacidade de lidar com um aumento repentino na demanda por serviços de saúde. Além disso, uma quantidade adequada de leitos disponíveis pode ajudar a reduzir o estresse sobre os profissionais de saúde e melhorar a qualidade do atendimento prestado aos pacientes afetados pelo desastre (KRISHNAN et al., 2019).

O Ministério da Saúde (MS) recomenda que o ideal é que existam entre 2-3 leitos para cada mil habitantes para diminuir a vulnerabilidade de uma área (MS, 2016).

Número de médicos por habitantes. Para diminuir a vulnerabilidade e promover mais resiliência em comunidades nas áreas costeiras é importante considerar o número de médicos disponíveis. Durante eventos climáticos extremos, como tempestades, inundações ou ondas de calor, o acesso rápido a cuidados médicos pode ser vital para salvar vidas e minimizar danos à saúde da

população. Médicos bem treinados estão equipados para lidar com uma variedade de emergências médicas, desde os primeiros socorros até condições de saúde agudas ou crônicas exacerbadas pelo clima adverso. Sua presença na comunidade permite uma resposta rápida e eficaz a situações de crise, proporcionando alívio imediato às vítimas e evitando complicações graves. Além disso, médicos experientes podem desempenhar um papel importante na educação e preparação da comunidade para lidar com os impactos da mudança climática, promovendo medidas preventivas e de segurança que reduzem a vulnerabilidade geral (PHUNG et al., 2016; KRISHNAN et al., 2019; OLOYEDE et al., 2022).

A recomendação da Organização Mundial da Saúde (OMS) de pelo menos um médico para cada 1.000 habitantes é essencial para garantir uma resposta eficiente a emergências médicas relacionadas ao clima e proteger o bem-estar da população local (OMS, 1948).

Proximidade de farmácias. Garantir o acesso a medicamentos é um direito fundamental para a saúde e o bem-estar da população, porém a mudança climática representa uma crescente ameaça a essa acessibilidade. Eventos climáticos extremos podem danificar infraestruturas críticas, incluindo farmácias, deixando as pessoas sem acesso aos medicamentos necessários para tratar doenças crônicas ou lidar com emergências médicas (PHUNG et al., 2016; JAMSHED et al., 2017; KRISHNAN et al., 2019).

A presença de farmácias nas proximidades pode ajudar a reduzir essa vulnerabilidade. Primeiramente, torna os medicamentos mais acessíveis para populações com mobilidade reduzida ou que vivem em áreas rurais, especialmente durante eventos climáticos extremos que dificultam o transporte. Além disso, diminuir a necessidade de transporte para obter medicamentos contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa. As farmácias também podem manter estoques estratégicos de medicamentos essenciais para garantir o acesso durante crises e servir como pontos de apoio para distribuição de itens essenciais em desastres naturais. Além disso, o acesso facilitado a medicamentos promove a saúde geral da população, prevenindo o agravamento de doenças em situações de vulnerabilidade climática (JAMSHED et al., 2017).

Algumas entidades e organizações internacionais oferecem diretrizes que podem servir como referência para a distribuição de farmácias em uma determinada área. A Organização Mundial da Saúde (OMS), por exemplo,

recomenda uma proporção de 1 farmácia para cada 10.000 habitantes, o que ajuda a garantir um acesso adequado aos serviços farmacêuticos (CFF, 2022).

Acesso à tecnologia

O acesso à tecnologia é uma variável significativa na avaliação e redução da vulnerabilidade. A tecnologia oferece ferramentas e recursos que podem ajudar as comunidades a se prepararem e responderem de forma mais eficaz a eventos climáticos e outras crises. Sistemas de alerta precoce baseados em tecnologia podem fornecer avisos antecipados sobre tempestades, inundações ou outros desastres naturais, permitindo que as pessoas ajam rapidamente para se protegerem e se prepararem. Ademais, o uso de tecnologias de mapeamento e modelagem pode ajudar na identificação de áreas de risco e na formulação de estratégias de adaptação e mitigação. A tecnologia também desempenha um papel importante na comunicação e coordenação durante crises, facilitando a troca de informações entre autoridades, profissionais de resposta a emergências e membros da comunidade (YOHE et al., 2006; DOLAN, WALKER, 2006; MAZUMDAR, PAUL, 2016).

Acesso à Internet. O acesso à internet desempenha um papel fundamental na avaliação da Capacidade adaptativa e na redução da vulnerabilidade climática das comunidades. Primeiramente, a internet proporciona acesso imediato a informações críticas sobre eventos climáticos extremos, alertas de desastres e medidas de preparação. Isso permite que as pessoas estejam mais bem informadas e preparadas para enfrentar eventos adversos. Além disso, a internet facilita a comunicação rápida e eficiente durante crises, permitindo que as autoridades compartilhem atualizações importantes e coordenem esforços de resposta. O acesso à internet também é essencial para o desenvolvimento e uso de tecnologias de monitoramento e previsão climática, ajudando as comunidades a se anteciparem a eventos extremos e a se adaptarem à mudança climática de forma mais eficaz. Ademais, a internet desempenha um papel vital na disseminação de boas práticas de adaptação e na capacitação das comunidades para lidar com os impactos climáticos (YOHE et al., 2006; PRESTON et al., 2008).

Diversos estudos ressaltam a importância do acesso à internet na redução da vulnerabilidade das comunidades frente aos desafios climáticos. Segundo a pesquisa, 24% dos domicílios não tinham acesso à internet, e mais da metade dos

residentes desses domicílios (52%) relataram sentir-se vulneráveis devido à falta de acesso à internet em casa. Outro estudo constatou que 42% da população sem acesso à internet se sentiam vulnerável por essa razão. Esses dados evidenciam a relevância do acesso à internet na percepção de segurança e na capacidade adaptativa das comunidades diante dos desafios climáticos (YOHE et al., 2006; DOLAN, WALKER, 2006; PRESTON et al., 2008; MAZUMDAR, PAUL, 2016).

Acesso à rádio, TV ou celular. A taxa de domicílios com acesso a rádio ou TV, celular é essencial na avaliação da Capacidade adaptativa e na redução da vulnerabilidade climática por diversos motivos. Esses dispositivos de comunicação fornecem acesso rápido e amplo a informações vitais durante eventos climáticos extremos, alertando as comunidades sobre possíveis perigos e medidas de segurança. Através da rádio, TV ou celular, as autoridades podem transmitir alertas de emergência e atualizações sobre condições climáticas adversas, permitindo que as pessoas ajam prontamente para se protegerem e se prepararem. Acesso a esses dispositivos facilitam a comunicação entre as autoridades, equipes de resposta a emergências e membros da comunidade durante crises, permitindo uma coordenação mais eficiente e uma resposta mais rápida aos desastres naturais. Além disso, o acesso a rádio, TV ou celular pode ajudar as comunidades a acessarem recursos de informação e educação sobre medidas de adaptação à mudança climática, promovendo assim uma maior conscientização e capacitação para lidar com os impactos climáticos (CONNOR, HIROKI, 2005; BIRKMANN, FERNANDO, 2008).

A importância do acesso a dispositivos de comunicação, como televisão e celular, na redução da vulnerabilidade é evidenciada por várias pesquisas e estudos. Cerca de 4,5% dos domicílios não tinham televisão e 12,2% não tinham celular, segundo os dados. Entre os domicílios sem televisão, aproximadamente 38% dos residentes se sentiram vulneráveis pela falta de acesso ao aparelho. Da mesma forma, entre os domicílios sem celular, cerca de 51% dos residentes relataram sentir-se vulneráveis pela ausência do aparelho. Um estudo conduzido por outra instituição e pesquisa revelou que 37% da população sem acesso à televisão manifestaram sentimentos de vulnerabilidade, enquanto 45% das pessoas sem celular se sentiram vulneráveis devido à falta do aparelho. Esses dados ressaltam a importância desses dispositivos na percepção de segurança e na

capacidade adaptativa das comunidades diante dos desafios climáticos (BIRKMANN, FERNANDO, 2008; MAZUMDAR, PAUL, 2016).

Cobertura do sistema de alerta. Outro indicador crítico na avaliação de acesso à tecnologia é a cobertura do sistema de alerta. Este sistema de alerta, quando é adequadamente implementado, fornece um aviso prévio essencial sobre a iminência de desastres naturais. Ao garantir que a maior parte da população esteja coberta pelo sistema de alerta, as autoridades podem garantir que um número significativo de pessoas receba informações vitais a tempo, permitindo que elas tomem medidas proativas para se protegerem e se prepararem para os eventos iminentes. Isso inclui a evacuação de áreas de risco, o reforço de infraestruturas críticas e a preparação de suprimentos de emergência. Além disso, uma maior cobertura do sistema de alerta também pode facilitar a coordenação entre as autoridades locais e regionais, agências de resposta a emergências e a população em geral, melhorando a eficácia das medidas de resposta e reduzindo o impacto dos desastres (KIENBERGER, LANG, ZEIL, 2009; JONGMAN et al., 2015; KISSI et al., 2015; JAMSHED et al., 2019; BABANAWO et al., 2022).

Para adquirir uma avaliação completa da vulnerabilidade de uma área costeira, é fundamental que toda a população esteja coberta por algum sistema de alerta contra desastres. A cobertura total da população é essencial para garantir que todos os indivíduos em risco recebam avisos e informações críticas a tempo de tomar medidas de precaução e proteção adequadas diante de eventos climáticos extremos ou desastres naturais iminentes (KIENBERGER, LANG, ZEIL, 2009; JAMSHED et al., 2019).

O resumo desta sessão se encontra em baixo na Tabela 1.

Capacidade adaptativa

A capacidade adaptativa na avaliação de vulnerabilidade climática refere-se à habilidade de uma comunidade ou sistema em se preparar, responder e se recuperar dos impactos. Os indicadores da Capacidade adaptativa devem demonstrar a prontidão e eficácia de uma comunidade em lidar com os desafios climáticos, incluindo recursos econômicos, sociais, institucionais e tecnológicos disponíveis para enfrentar esses desafios.

Grupos marginalizados

A análise dos grupos marginalizados emerge como uma variável essencial de Capacidade adaptativa na avaliação de vulnerabilidade costeira. Esses grupos, muitas vezes, confrontam desigualdades socioeconômicas, muitas vezes precárias, que os colocam em uma posição de maior vulnerabilidade frente aos impactos ambientais. Esse cruzamento entre as desigualdades e a exposição direta a riscos costeiros cria um cenário em que a capacidade adaptativa dessas comunidades é frequentemente comprometida. A atenção aos grupos marginalizados não apenas promove a justiça social, mas também contribui para a construção de resiliência em comunidades costeiras como um todo. Ao abordar essas dificuldades, é possível desenvolver intervenções mais inclusivas e sustentáveis, fortalecendo a capacidade adaptativa e reduzindo a vulnerabilidade das áreas costeiras frente aos desafios climáticos (SULLIVAN et al., 2003; ADGER et al., 2004; BROOKS, ADGER, KELLY, 2005; BARALDI, PERUZZO, 2015).

Aspectos como a falta de participação nos processos decisivos políticos e a dependência dos serviços sociais públicos são relevantes para avaliação de vulnerabilidade. Além disso, a condição de indivíduos que não possuem moradia fixa e vivem nas ruas ou em abrigos precários, também podem servir como variáveis-chave para representar os grupos marginalizados na avaliação de Capacidade adaptativa (TASNUVA et al., 2023).

A participação dos grupos marginalizados nos processos políticos é de suma importância para a redução da vulnerabilidade e o aumento da capacidade adaptativa das comunidades. Esses grupos frequentemente enfrentam desigualdades sociais e econômicas que os tornam mais suscetíveis aos impactos adversos de eventos climáticos extremos e mudanças ambientais. Ao envolver essas comunidades nos processos de tomada de decisão, promove-se uma abordagem mais inclusiva e equitativa na formulação de políticas de adaptação. A falta de participação direta dos grupos marginalizados nos processos decisivos políticos tem sérias repercussões na vulnerabilidade e capacidade adaptativa das comunidades costeiras. Quando esses grupos são excluídos das discussões e tomadas de decisão, suas perspectivas, necessidades e experiências são repetidamente negligenciadas na formulação de políticas de resiliência. Isso resulta em estratégias que não levam em conta os desafios específicos enfrentados por essas comunidades, deixando-as mais expostas e vulneráveis aos impactos

adversos da mudança climática (ADGER et al., 2004; BARALDI, PERUZZO, 2015).

Além disso, a falta de representação dos grupos marginalizados nos processos políticos resulta em uma implementação menos eficaz das políticas de adaptação. Sem participação ativa na definição de medidas de resiliência, as comunidades marginalizadas muitas vezes não têm voz para exigir os serviços essenciais, recursos e infraestrutura adequados. Isso enfraquece a capacidade dessas comunidades de se prepararem, responderem e se recuperarem de eventos extremos, perpetuando assim sua vulnerabilidade. Portanto, o menor envolvimento dos grupos marginalizados dos processos decisivos políticos aumenta a vulnerabilidade das comunidades costeiras, ao mesmo tempo em que diminui sua capacidade adaptativa diante dos desafios climáticos. É fundamental promover uma participação inclusiva e equitativa desses grupos para garantir que as políticas de resiliência sejam verdadeiramente eficazes e atendam às necessidades de todas as partes interessadas (TASNUVA et al., 2023).

Determinar uma taxa aceitável de participação na decisão política dos grupos marginais é uma tarefa complexa e sujeita a considerações variadas. Não há uma medida estabelecida, uma vez que a aceitabilidade dessa taxa está sujeita a nuances culturais, sociais e políticas específicas a cada contexto. Em diversas pesquisas consultadas, a faixa de 10 a 30% é frequentemente apontada como um ponto de partida, sugerindo uma representação inicial desses grupos. Vale ressaltar que a busca por representação não se limita apenas à presença numérica, mas se estende para a consecução de uma influência efetiva. Isso implica garantir que as contribuições dos grupos marginalizados tenham um impacto substancial nas políticas adotadas, promovendo uma verdadeira equidade nas decisões políticas. Nesse sentido, a definição de uma taxa determinada torna-se um processo que demanda uma discussão aberta e colaborativa, envolvendo não apenas os próprios grupos marginalizados, mas também organizações, pesquisadores e gestores públicos. Essa abordagem visa estabelecer um consenso que promova uma participação política autêntica e efetiva, refletindo a diversidade de perspectivas e experiências presentes na sociedade (ADGER et al., 2004; TASNUVA et al., 2023).

População dependente de serviços sociais públicos. A vulnerabilidade costeira é exacerbada pela limitada capacidade das comunidades dependentes

desses serviços de se adaptarem a condições climáticas em evolução. A falta de diversificação de fontes de suporte social e econômico impede a implementação eficaz de estratégias de resiliência específicas para contextos costeiros, como elevação do nível do mar, tempestades e eventos relacionados ao clima. Adicionalmente, a concentração de populações dependentes em áreas costeiras muitas vezes expõe essas comunidades a riscos crescentes de eventos climáticos extremos, resultando em vulnerabilidades acentuadas. Uma taxa elevada de população dependente de serviços sociais públicos nas áreas costeiras contribui para a redução da capacidade adaptativa e intensifica a vulnerabilidade climática dessas comunidades. A dependência excessiva desses serviços cria uma interconexão crítica entre as condições socioeconômicas locais e a capacidade de enfrentar os impactos da mudança climática. Quando eventos climáticos extremos, como tempestades, elevação do nível do mar ou eventos relacionados, ocorrem, essas áreas costeiras enfrentam não apenas os impactos diretos, mas também a ameaça potencial de interrupções nos serviços essenciais (CUTTER, BORUFF, SHIRLEY, 2003; TASNUVA et al., 2023).

A falta de diversificação nas fontes de suporte social e econômico torna essas comunidades mais expostas a choques climáticos, dificultando a capacidade de adaptação. Além disso, a ausência de estratégias de resiliência específicas para contextos costeiros, aliada à dependência contínua de serviços sociais, amplifica a vulnerabilidade, comprometendo a habilidade das comunidades em lidar eficazmente com os desafios climáticos (TASNUVA et al., 2023).

Determinar qual taxa de população dependente de serviços sociais é considerada adequada para redução de vulnerabilidade é uma questão amplamente discutível e sujeita a interpretações variadas. Alguns estudos e organizações internacionais oferecem diretrizes, sugerindo que taxas acima de 20% da população dependente de serviços sociais podem indicar uma sobrecarga no sistema e sinalizar a necessidade de reformas. No entanto, é importante reforçar que essas recomendações podem variar dependendo do contexto social, econômico e político de cada país ou região. Além disso, outros fatores, como a eficiência dos serviços prestados, a disponibilidade de recursos e as políticas de apoio social, também desempenham um papel significativo na interpretação e na resposta a essas taxas (ADGER et al., 2004; TASNUVA et al., 2023).

População em situação de rua. A elevada taxa de população em situação de rua nas áreas costeiras representa um desafio significativo, aumentando a vulnerabilidade e diminuindo a capacidade adaptativa dessas comunidades. Indivíduos sem moradia fixa estão expostos a riscos elevados devido à falta de abrigo seguro durante eventos climáticos extremos, como tempestades e inundações costeiras (SILVEIRA, 2009; SILVA, 2009; GRINOVER, 2014; MDHC, 2023).

A falta de moradia também limita a capacidade desses indivíduos de acessarem informações, recursos e serviços essenciais necessários para a preparação e resposta a eventos climáticos adversos. A dificuldade em obter abrigo seguro e informações oportunas durante emergências climáticas resulta em uma resposta inadequada, agravando a vulnerabilidade. Além disso, a população sem-teto muitas vezes enfrenta desafios adicionais, como falta de acesso a serviços de saúde e assistência social, aumentando a complexidade das respostas necessárias durante e após desastres climáticos. Essa falta de suporte social e infraestrutura adequada prejudica a capacidade adaptativa, limitando a capacidade de se recuperar e reconstruir de maneira eficaz após eventos climáticos extremos. Portanto, abordar a questão da população em situação de rua nas zonas litorais não é apenas uma questão de justiça social, mas também é fundamental para fortalecer a resiliência dessas comunidades diante das ameaças climáticas, garantindo uma resposta mais inclusiva e eficaz para todos (SILVEIRA, 2009; SILVA, 2009).

Determinar o percentual de população sem abrigo considerado controlável é um desafio complexo e variável, pois depende de diversos fatores, incluindo políticas públicas, recursos disponíveis e estratégias de intervenção. Em muitos contextos, a abordagem de "controle" da população sem abrigo refere-se não apenas à redução numérica, mas também à capacidade de fornecer abrigo adequado, apoio social e serviços essenciais para garantir que as pessoas não voltem a ficar sem moradia (SILVA, 2009; GRINOVER, 2014).

População dependente

A variável de população dependente é essencial para avaliar a Capacidade adaptativa de uma comunidade costeira à mudança climática e outros desafios. A razão para isso é que a proporção de pessoas dependentes, tais como crianças, idosos e pessoas com deficiência, em uma comunidade pode influenciar

significativamente sua capacidade de responder e se adaptar a eventos adversos. Uma taxa elevada de população dependente aumenta a demanda por serviços básicos. Em momentos de crise a necessidade de serviços como saúde, alimentação e abrigo aumenta. Uma comunidade com uma grande população dependente pode ter dificuldade em atender a essa demanda, sobrecarregando os recursos e a infraestrutura local. A população dependente geralmente não participa da força de trabalho, o que significa que uma comunidade com uma grande proporção de dependentes terá menos pessoas disponíveis para trabalhar e reconstruir após um evento adverso. A presença de uma população dependente também destaca a necessidade de considerar estratégias de adaptação que sejam inclusivas e sensíveis às diferentes faixas etárias e necessidades específicas desses grupos (KLEINOSKY, YARNAL, FISHER, 2007; PANTHI et al., 2016; MAFIGHOLAMI et al., 2020).

Famílias com membros que têm necessidades especiais. A presença de um número alto de famílias com membros deficientes ou com doenças crônicas ou mentais pode significativamente aumentar a vulnerabilidade e reduzir a capacidade adaptativa de uma comunidade costeira diante da mudança climática. Indivíduos com condições de saúde crônicas muitas vezes requerem cuidados e recursos específicos para gerenciar suas condições, tornando-se mais suscetíveis a impactos adversos (BALICA, WRIGHT, 2009; PANTHI et al., 2016; MAFIGHOLAMI et al., 2020).

Durante desastres naturais, o acesso a serviços de saúde pode ser comprometido, dificultando o atendimento adequado a esses membros vulneráveis da comunidade. Além disso, a interrupção dos serviços de saúde e a falta de acesso a medicamentos essenciais podem agravar as condições de saúde existentes, tornando mais desafiadora a recuperação e a adaptação pós-desastre. As famílias com os membros com deficiência podem enfrentar dificuldades adicionais na evacuação durante eventos extremos, enquanto condições de saúde mental podem ser agravadas pelo estresse associado a desastres climáticos. Além disso, as famílias que lidam com membros que sofrem de condições crônicas muitas vezes enfrentam desafios financeiros, incluindo custos adicionais com tratamentos médicos e possíveis perdas de emprego. Essa pressão financeira pode limitar a capacidade dessas famílias de investir em medidas de adaptação, como a construção de estruturas resilientes ou a aquisição de recursos de emergência.

Portanto, a alta taxa de famílias com membros que enfrentam doenças crônicas ou mentais destaca a necessidade crítica de estratégias de adaptação que considerem as condições de saúde específicas da população, garantindo cuidados adequados, acesso a serviços de saúde e apoio psicossocial para fortalecer a resiliência e a capacidade adaptativa da comunidade costeira (KLEINOSKY, YARNAL, FISHER, 2007; REID et al., 2009; AHSAN, WARNER, 2014; PANTHI et al., 2016; MAFI-GHOLAMI et al., 2020; CUMBERBATCH et al., 2020).

De acordo com um estudo do Banco Mundial de 2020, comunidades onde a taxa de população que sofre de doenças crônicas ou tem algumas deficiências ultrapassa os 20% já são consideradas vulneráveis social e economicamente. Essa alta prevalência de doenças crônicas está ligada a uma série de desafios adicionais que essas comunidades enfrentam para se adaptar à mudança climática.

Famílias com crianças < 6 anos ou com idosos > 65 anos. Uma taxa elevada de famílias com crianças menores de 6 anos ou com idosos acima de 65 anos pode aumentar a vulnerabilidade das comunidades frente à mudança climática e reduzir sua resiliência de várias maneiras. Famílias com crianças pequenas e idosos muitas vezes enfrentam desafios adicionais de saúde e mobilidade, tornando-os mais suscetíveis a impactos negativos causados por eventos climáticos extremos, como ondas de calor ou tempestades severas. Esses grupos populacionais têm maior risco de sofrer consequências adversas, como doenças relacionadas ao calor, desidratação, ou dificuldades de locomoção em caso de evacuação durante desastres naturais (PRESTON et al., 2008; FEKETE, 2009; CUMBERBATCH et al., 2020; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

Ademais, famílias com crianças pequenas e idosos muitas vezes têm menos recursos financeiros e sociais para se preparar e se recuperar de eventos climáticos extremos. Eles podem enfrentar dificuldades adicionais para acessar abrigos seguros, suprimentos de emergência e cuidados médicos adequados durante e após eventos climáticos adversos. Essas limitações podem aumentar sua vulnerabilidade a danos materiais e físicos e prolongar o processo de recuperação após desastres. Por fim, as famílias com crianças pequenas e idosos podem ter menos capacidade de se adaptar a mudanças ambientais de longo prazo, como aumento das temperaturas ou mudanças nos padrões de precipitação. Eles podem enfrentar dificuldades para ajustar suas práticas de subsistência ou para se mudar para áreas mais seguras e resilientes devido a condições psicológicas, restrições

financeiras ou de mobilidade (REID et al., 2009; FEKETE, 2009; KIENBERGER, LANG, ZEIL, 2009; OLOYEDE et al., 2022).

As pesquisas analisadas revelaram dados que sugerem um aumento na vulnerabilidade das comunidades costeiras. De acordo com esses estudos, quando a taxa de famílias com crianças menores de 6 anos ultrapassa os 20-25%, considera-se que a comunidade está em maior vulnerabilidade. Da mesma forma, quando a taxa de famílias com idosos excede os 35-40%, isso também indica um nível mais elevado de vulnerabilidade. Esses números destacam a importância de entender a dinâmica demográfica das comunidades costeiras e como ela pode afetar sua capacidade de lidar com os desafios ambientais, como aumento do nível do mar, tempestades e erosão costeira. Sendo assim, é fundamental considerar esses dados ao desenvolver políticas e estratégias de adaptação para garantir a resiliência dessas comunidades frente às mudanças climáticas e outros riscos ambientais (PRESTON et al., 2008; HARVEY et al., 2009; REID et al., 2009; FEKETE, 2009; KIENBERGER, LANG, ZEIL, 2009; CUMBERBATCH et al., 2020; MAFI-GHOLAMI et al., 2020; OLOYEDE et al., 2022).

Educação

A educação emerge como uma variável crucial na avaliação da Capacidade adaptativa e vulnerabilidade climática em comunidades costeiras. A influência da educação vai além do simples acesso ao conhecimento formal, desempenhando um papel fundamental na preparação e na capacidade de resposta das comunidades frente à mudança climática. Em primeiro lugar, a educação proporciona às pessoas as habilidades necessárias para compreender e adotar práticas sustentáveis. Comunidades educadas são mais propensas a entender os riscos associados à mudança climática, permitindo a implementação de medidas preventivas e adaptativas. Além disso, a educação pode promover uma mentalidade mais proativa, capacitando os indivíduos a participarem ativamente na formulação e implementação de estratégias de adaptação (KRISHNAN et al., 2019; TASNUVA et al., 2023).

População analfabeta. A taxa de população analfabeta é um indicador importante de variável educacional na avaliação da vulnerabilidade costeira. A capacidade adaptativa de uma comunidade costeira está diretamente ligada ao nível de educação de seus membros, e a taxa de analfabetismo é um reflexo direto

das deficiências educacionais presentes. Essa taxa reflete o acesso limitado à informação crítica sobre mudança climática, estratégias de adaptação e medidas de segurança. Indivíduos analfabetos enfrentam desafios significativos na compreensão e na implementação de práticas sustentáveis, o que pode aumentar a vulnerabilidade da comunidade a eventos climáticos adversos. Assim, ao considerar a taxa de analfabetismo como um indicador educacional na avaliação de vulnerabilidade costeira, destaca-se a importância de investir em programas educacionais acessíveis e equitativos. A promoção da alfabetização não apenas eleva a resiliência individual, mas também fortalece a capacidade adaptativa da comunidade (SULLIVAN, MEIGH, GIACOMELLO, 2003; ADGER et al., 2004; BROOKS, ADGER, KELLY, 2005; CONNOR, HIROKI, 2005; OLOYEDE et al., 2022; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

A recomendação de uma taxa de analfabetismo varia conforme o contexto social e econômico. Em países desenvolvidos, uma taxa de 1% já é considerada preocupante, enquanto em nações em desenvolvimento, uma taxa de 10% ou mais pode ser mais tolerada (BROOKS, ADGER, KELLY, 2005; CONNOR, HIROKI, 2005; OLOYEDE et al., 2022).

População que não completou o ensino médio. Uma taxa elevada da população que não completou o ensino médio pode ter diversos impactos negativos sobre a vulnerabilidade e resiliência das comunidades costeiras. A falta de educação formal pode limitar as oportunidades de emprego e renda para os residentes dessas comunidades, aumentando a dependência de setores vulneráveis à mudança climática, como a pesca e o turismo. Isso torna a comunidade mais suscetível a choques econômicos e dificulta a capacidade de se recuperar de desastres naturais. A falta de educação pode representar uma barreira significativa para o entendimento de alertas e sinais de evacuação em caso de desastre natural nas comunidades costeiras. A compreensão dessas informações é fundamental para a segurança e a resposta eficaz diante de eventos climáticos extremos, como tsunamis, furacões ou inundações costeiras. Sem uma educação adequada, os residentes podem não ser capazes de interpretar corretamente os alertas emitidos pelas autoridades locais ou entender a gravidade e a urgência da situação. Isso pode resultar em uma resposta inadequada ou tardia, aumentando o risco de danos pessoais e perdas materiais durante o desastre. Por fim, a falta de educação pode perpetuar ciclos de pobreza e exclusão social, tornando ainda mais difícil para as

comunidades costeiras investirem em infraestrutura e recursos necessários para aumentar sua resiliência (CUTTER, BORUFF, SHIRLEY, 2003; SULLIVAN, MEIGH, GIACOMELLO, 2003; REID et al., 2009; FEKETE, 2009; YUSUF, FRANCISCO, 2009; HAHN et al., 2009; AHSAN, WARNER, 2014; PANTHI et al., 2016; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

De acordo com a pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2022, aproximadamente 18% da população brasileira entre 14 e 29 anos não concluiu o ensino médio. Essa parcela da população enfrenta vulnerabilidades significativas em termos de educação, uma vez que a falta de conclusão do ensino médio pode afetar negativamente sua qualificação profissional, oportunidades de emprego e geração de renda. Além disso, essa falta de educação formal pode também agravar a vulnerabilidade climática e diminuir a resiliência das comunidades onde esses indivíduos residem.

Rede social

A variável de rede social representa um fator importante na avaliação da Capacidade adaptativa e vulnerabilidade costeira de uma comunidade. A rede social refere-se às conexões interpessoais e à coesão comunitária, sendo um elemento vital para entender como as comunidades enfrentam desafios, incluindo os relacionados à mudança climática. Uma rede social robusta é um recurso valioso para o compartilhamento de conhecimentos e práticas adaptativas. Comunidades costeiras com laços sociais mais fortes têm maior probabilidade de trocar informações sobre medidas preventivas, estratégias de evacuação e resiliência frente a eventos climáticos extremos. Essa partilha de conhecimento fortalece a capacidade adaptativa, permitindo que a comunidade se beneficie da experiência coletiva na preparação e resposta a desastres naturais (PRESTON et al., 2008; CONFALONIERI et al., 2009; YUSUF, FRANCISCO, 2009; SCHEUER, HAASE, MEY, 2011; MAHENDRA et al., 2023).

Além disso, a união social desempenha um papel fundamental na resposta rápida e eficaz. Com uma rede social bem desenvolvida, as comunidades costeiras podem mobilizar recursos e assistência de maneira mais eficiente, facilitando a evacuação, a distribuição de suprimentos e o apoio a membros vulneráveis durante e após desastres climáticos. A rede social também desempenha um papel importante na redução da vulnerabilidade psicossocial. Indivíduos que se sentem

conectados e apoiados pela comunidade têm maior resiliência emocional diante de situações de crise, mitigando os impactos negativos na saúde mental causados por eventos climáticos extremos (WALKER et al., 2014; SHILIANG et al., 2015; YANKSON et al., 2017; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

Famílias sem parentes nos outros bairros ou cidades. As famílias que não tem parentes em outras regiões ficam mais vulneráveis diante da mudança climática e passam por dificuldades na capacidade de enfrentar e se recuperar de desastres. A ausência de conexões geográficas com outras localidades limita suas opções de deslocamento em caso de eventos climáticos extremos, como inundações ou tempestades severas. Essa falta de mobilidade pode resultar em situações de maior risco, dificultando a busca por abrigo seguro, acesso a serviços essenciais e ajuda emergencial. A falta de parentes em áreas diferentes implica em uma menor diversidade de recursos disponíveis para essas famílias. Em situações de crise, as famílias que não possuem conexões externas podem enfrentar dificuldades extras para obter suprimentos básicos e assistência necessária (BIRKMANN, FERNANDO, 2008; AHSAN, WARNER, 2014; PANTHI et al., 2016; JAMSHED et al., 2019).

Ademais, a presença de parentes em outras áreas pode facilitar a evacuação coordenada e estratégica. Famílias costeiras com conexões em regiões mais seguras podem tomar decisões informadas sobre quando e para onde se deslocar durante a iminência de desastres climáticos, minimizando os riscos e impactos negativos. A rede de parentesco entre áreas geograficamente distintas também contribui para a resiliência psicossocial. A possibilidade de reunir-se com familiares em locais menos afetados proporciona apoio emocional e reduz o estresse associado a evacuações e deslocamentos forçados, fatores importantes na manutenção da saúde mental em situações de crise. A presença de pelo menos um parente que reside em outro local pode desempenhar um papel significativo no fortalecimento da capacidade adaptativa das comunidades (PANTHI et al., 2016; JAMSHED et al., 2019).

Famílias que não têm envolvimento com organizações não governamentais ONG. As famílias sem nenhum apoio da alguma ONG ficam mais vulneráveis frente a eventos extremos. A falta dessas conexões limita seu acesso a recursos, informações e suporte durante crises. As ONGs muitas vezes desempenham um papel importante na prestação de assistência humanitária,

distribuição de suprimentos, acesso a abrigos temporários e aconselhamento em situações imprevistas, o que pode ser fundamental para aumento da capacidade adaptativa destas comunidades. Além disso, a falta de envolvimento com ONGs também pode resultar em menor conscientização sobre medidas de preparação e resposta a desastres. As famílias que não estão vinculadas a essas organizações podem não receber treinamento ou informações sobre como se proteger, evacuar com segurança ou lidar com situações de emergência de forma eficaz. Isso as deixa mais despreparadas para lidar com eventos extremos, aumentando sua vulnerabilidade e exposição a riscos (SHERLY et al., 2015; TASNUVA et al., 2023).

Outro aspecto importante é o acesso limitado a redes de apoio e solidariedade. As ONGs muitas vezes funcionam como plataformas para conectar pessoas em situações de crise, facilitando o compartilhamento de recursos, experiências e apoio mútuo entre comunidades afetadas. A falta de envolvimento com essas redes pode deixar as famílias isoladas e com menos suporte emocional e prático durante eventos extremos, dificultando sua capacidade de enfrentar e se recuperar dessas situações (PANDEY e BARDSLEY, 2015).

Renda

A análise da renda é outra variável essencial para avaliar a Capacidade adaptativa de uma comunidade costeira diante dos desafios da mudança climática. A renda está diretamente relacionada ao acesso a recursos e capacidades que são essenciais para enfrentar e se recuperar de eventos climáticos extremos. Com uma renda mais alta, as famílias têm maior probabilidade de possuir seguro de propriedade, o que pode ajudar na reconstrução após desastres, e podem ter mais recursos disponíveis para investir em medidas de adaptação, como construção de infraestrutura resistente a desastres e preparação para emergências. Uma renda mais alta pode proporcionar maior acesso a serviços de saúde, educação e outros recursos que são essenciais para a resiliência comunitária (PRESTON et al., 2008; YUSUF, FRANCISCO, 2009; CONFALONIERI et al., 2009; WALKER et al., 2014; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

Famílias que ganham menos de um salário-mínimo por mês. O número elevado de famílias que ganham menos de um salário-mínimo por mês é um fator que representa a vulnerabilidade alta e baixa capacidade adaptativa. Essas famílias

têm recursos financeiros limitados, o que torna mais difícil o acesso a necessidades básicas, como alimentação adequada. Isso pode dificultar a compra de suprimentos de emergência, reparo de danos à moradia ou substituição de bens perdidos. Além disso, a falta de recursos pode afetar a capacidade dessas famílias de se adaptarem às mudanças ambientais, como o aumento das temperaturas ou a escassez de água, pois podem ter dificuldade em investir em tecnologias de eficiência energética ou métodos de conservação de água. Além disso, a renda mais baixa muitas vezes está associada a moradias de menor qualidade e localizadas em áreas mais vulneráveis a desastres naturais, aumentando o risco de danos durante eventos extremos. As famílias mais pobres também podem enfrentar maior dificuldade em obter acesso a serviços de saúde e educação de qualidade, o que pode aumentar sua vulnerabilidade a doenças relacionadas ao clima e reduzir suas oportunidades de se adaptarem à mudança climática (MAFI-GHOLAMI et al., 2020; TASNUVA et al., 2023).

Para promover uma melhor capacidade adaptativa em uma comunidade costeira, é crucial que a taxa de famílias que ganham menos de um salário-mínimo não ultrapasse 30% de uma população total (PRESTON et al., 2008; TASNUVA et al., 2023).

Famílias dependentes apenas de um setor econômico ou de recursos naturais. As taxas elevadas de famílias que dependem exclusivamente de um único setor econômico ou de recursos naturais significam maior vulnerabilidade e a capacidade de adaptação menor. A dependência de um único setor torna essas famílias altamente suscetíveis a choques econômicos causados por eventos climáticos extremos, como tempestades, secas ou inundações. Além disso, a falta de diversificação econômica limita as oportunidades de emprego e fontes alternativas de renda. Isso significa que, quando o setor principal é afetado pela mudança climática, as famílias podem enfrentar dificuldades para encontrar outras fontes de sustento. A dependência de recursos naturais também pode tornar as famílias mais vulneráveis a desastres ambientais, como deslizamentos de terra ou poluição hídrica, que podem impactar diretamente sua subsistência (KIENBERGER, LANG, ZEIL, 2009; ABDUL-RAZAK, KRUSE, 2017).

Diversificar as fontes de renda e os recursos utilizados pelas famílias pode aumentar a resiliência da comunidade como um todo, permitindo uma resposta mais eficaz a desafios e mudanças ambientais. As fontes investigadas oferecem

um limite de 50% da população total que não pode ser ultrapassado na taxa de famílias dependentes apenas de um setor econômico ou de recursos naturais (PRESTON et al., 2008; TASNUVA et al., 2023).

Governança e políticas públicas

Uma das variáveis de extrema importância na avaliação de Capacidade adaptativa é governança e as políticas públicas. Uma governança eficaz e políticas públicas bem estruturadas podem fortalecer a resiliência da comunidade, proporcionando uma estrutura institucional para o planejamento, implementação e coordenação de medidas de adaptação. Uma boa governança envolve a participação ativa e inclusiva de todos os setores da sociedade, incluindo governos locais, organizações da sociedade civil, setor privado e comunidades locais. Isso garante que as políticas e estratégias sejam desenvolvidas de forma colaborativa, levando em consideração as necessidades e preocupações de todos os envolvidos (YUSUF, FRANCISCO, 2009; MAPLECROFT, 2010; YOO, HWANG, CHOI, 2011).

As políticas públicas relacionadas à adaptação à mudança climática podem abordar uma variedade de questões, desde o planejamento urbano e gestão costeira até o desenvolvimento de infraestrutura resiliente e sistemas de alerta precoce. Além disso, a governança eficaz inclui mecanismos de monitoramento e avaliação para acompanhar o progresso na implementação das políticas e identificar áreas que requerem ajustes ou intervenções adicionais. Isso garante uma abordagem adaptativa e flexível, capaz de responder às mudanças nas condições climáticas e às necessidades emergentes da comunidade (ADGER et al., 2004; MEHROTRA et al., 2009; BALICA, WRIGHT, 2009; NIGHTINGALE, 2017; MEYER, 2019).

Existência de um plano e cumprimento das regras do plano de gestão. A existência de um plano de gestão e o cumprimento das regras estabelecidas são fundamentais para avaliar a vulnerabilidade e capacidade adaptativa de uma região diante da mudança climática. Um plano de gestão define diretrizes claras e específicas para lidar com os desafios ambientais, sociais e econômicos relacionados à mudança climática. O cumprimento dessas regras orienta as ações e investimentos para áreas prioritárias, maximizando a eficácia das medidas de adaptação e mitigação e garante consistência e continuidade nas ações realizadas

ao longo do tempo. Isso ajuda a evitar as lacunas na resposta, garantindo uma abordagem integrada e sustentável para a gestão. Um plano de gestão bem elaborado inclui medidas para fortalecer a resiliência das comunidades locais frente aos impactos da mudança climática. O cumprimento das regras do plano pode promover a participação ativa da comunidade, o desenvolvimento de capacidades locais e a implementação de práticas sustentáveis que contribuem para a adaptação e mitigação dos efeitos climáticos adversos (BALICA, WRIGHT, 2009; YUSUF, FRANCISCO, 2009; MAPLECROFT, 2010; YOO, HWANG, CHOI, 2011; MEYER, 2019).

O plano de gestão geralmente prevê mecanismos de monitoramento e avaliação do seu cumprimento. Isso permite que as autoridades avaliem regularmente a eficácia das medidas implementadas, identifiquem áreas de melhoria e façam ajustes conforme necessário para garantir uma resposta adaptativa eficaz à mudança climática em curso (ADGER et al., 2004; BALICA, WRIGHT, 2009; YUSUF, FRANCISCO, 2009).

Nível de conscientização e comunicação sobre a vulnerabilidade. Alcançar um nível maior de conscientização e comunicação sobre a vulnerabilidade é crucial para avaliar a Capacidade adaptativa de uma região. A conscientização sobre os riscos e desafios associados à mudança climática permite que a população compreenda melhor as ameaças que enfrenta, compreenda a gravidade do problema e reconheça a necessidade de ação. Isso pode motivar as pessoas a adotarem comportamentos mais sustentáveis e a apoiarem iniciativas de adaptação e mitigação. Quando a população está ciente dos desafios climáticos que enfrenta, ela tende a se envolver mais ativamente na busca por soluções e implementações de medidas de adaptação. Ao conscientizar a população sobre os desafios climáticos, é mais provável que se mobilizem recursos financeiros, técnicos e humanos para apoiar iniciativas de adaptação. Isso promove um senso de responsabilidade compartilhada e fortalece a resiliência coletiva da comunidade (BIRKMANN, FERNANDO, 2008; YUSUF, FRANCISCO, 2009; MAPLECROFT, 2010; YOO, HWANG, CHOI, 2011).

A conscientização sobre a vulnerabilidade climática pode levar a mudanças comportamentais positivas, como a redução do consumo de energia, o uso eficiente dos recursos naturais e a promoção da sustentabilidade ambiental. Alcançar um nível adequado de conscientização e comunicação da população

sobre a vulnerabilidade climática é essencial para avaliar e fortalecer a capacidade adaptativa de uma região. Isso promove o engajamento da comunidade, informa a tomada de decisões, mobiliza recursos e, em última análise, ajuda a reduzir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência frente aos desafios climáticos (NIGHTINGALE, 2017; MEYER, 2019).

Nível de monitoramento, controle e vigilância na região. As práticas de monitoramento, controle e vigilância na região costeira desempenham um papel fundamental na avaliação da vulnerabilidade e capacidade adaptativa dessa área. Nível maior de monitoramento, controle e vigilância na região permite a identificação precoce de eventos climáticos, o que ajuda na antecipação de possíveis impactos e na implementação de medidas preventivas para reduzir danos. O acompanhamento regular das condições ambientais permite avaliar os impactos na região costeira para entender a vulnerabilidade da área e planejar ações de adaptação. Um sistema de monitoramento eficaz permite uma resposta rápida e coordenada a desastres naturais. Isso inclui a evacuação de áreas de risco, o fornecimento de assistência humanitária e a coordenação de equipes de resgate, contribuindo para reduzir danos e salvar vidas (ADGER et al., 2004; BALICA, WRIGHT, 2009; YUSUF, FRANCISCO, 2009; NIGHTINGALE, 2017; MEYER, 2019).

O monitoramento, controle e vigilância na região costeira são essenciais para avaliar e fortalecer a capacidade adaptativa dessa área. Essas práticas permitem uma resposta proativa aos riscos climáticos, a gestão sustentável dos recursos naturais e o planejamento adaptativo, contribuindo para reduzir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência da comunidade costeira (YUSUF, FRANCISCO, 2009; NIGHTINGALE, 2017).

Financiamento para o planejamento, execução e avaliação das medidas de adaptação. O financiamento para o planejamento, execução e avaliação das medidas de adaptação é um fator primordial na avaliação da vulnerabilidade e capacidade adaptativa de uma região costeira diante da mudança climática. O financiamento adequado permite que as autoridades locais e regionais implementem medidas de adaptação eficazes, como a construção de infraestrutura resistente, o zoneamento costeiro adequado e a restauração de ecossistemas naturais. Da mesma forma pode ser direcionado para pesquisas e estudos que

ajudam a entender melhor os impactos e identificar soluções inovadoras para enfrentar esses desafios (MEYER, 2019).

Recursos financeiros podem ser investidos em programas de capacitação e educação para aumentar a conscientização sobre os riscos climáticos e promover práticas de adaptação entre a população local. Além disso, financiamento pode facilitar parcerias e cooperação entre governos, organizações não governamentais, setor privado e comunidades locais na implementação de medidas de adaptação para promover uma abordagem integrada e colaborativa para enfrentar os desafios e aumentar a resiliência da região costeira como um todo (NIGHTINGALE, 2017; MEYER, 2019).

O financiamento adequado para o planejamento, execução e avaliação das medidas de adaptação é essencial para avaliar e fortalecer a capacidade adaptativa de uma região costeira. Esses recursos garantem a implementação eficaz de medidas de adaptação, promovem a inovação e o conhecimento, capacitam a população local e facilitam a cooperação entre diferentes partes interessadas, contribuindo para reduzir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência da região (MEYER, 2019).

O resumo desta sessão se encontra em baixo na Tabela 2.

4.2.2

Disponibilidade de dados

Os indicadores foram selecionados com base na disponibilidade e na qualidade dos dados precisos e atualizados em tempo hábil, o que permite uma análise mais precisa da vulnerabilidade costeira. Além disso, a atualização regular dos dados é importante para acompanhar as mudanças ao longo do tempo. Isso ajuda a manter as avaliações de vulnerabilidade costeira relevantes e atualizadas. A informação deve vir de fontes que sejam de livre e fácil acesso para possibilitar sua aplicação em várias metodologias e em diferentes locais. Fontes de dados abertas, como bases governamentais, instituições de pesquisa, organizações internacionais e plataformas online, oferecem informações acessíveis que podem ser utilizadas por pesquisadores, gestores e tomadores de decisão em todo o mundo (MCLAUGHLIN et al., 2002).

Ademais, a disponibilidade de dados de fontes abertas promove a transparência, a colaboração e o compartilhamento de conhecimentos entre diferentes atores envolvidos na avaliação da vulnerabilidade costeira. Esses dados abertos e transparentes facilitam a replicação de estudos, a comparação de resultados e a adaptação de metodologias para diferentes realidades costeiras (FÜSSEL, 2010).

Sensibilidade

Para obter a informação sobre os indicadores da **Condição do ambiente construído**, tais como *Tipo de material utilizado na construção de edificações*, *Condição de proteção do pavimento térreo a inundações* e *Presença de cobertura vegetal na área urbana* pode envolver uma abordagem mais completa. O levantamento detalhado pode ser conduzido por meio de inspeções de campo. Ao mesmo tempo utilizar tecnologias de sensoriamento remoto, mapas e dados geoespaciais para mapear a condição do ambiente construído (FLANAGAN et al., 2018; CUMBERBATCH et al., 2020; ADIGUZEL, F., et al., 2022).

A investigação da presença de **Patrimônio cultural** em zonas costeiras requer um comportamento interdisciplinar, combinando métodos arqueológicos, históricos e tecnologias avançadas. Inicialmente, é essencial realizar pesquisas bibliográficas e revisões históricas para identificar sítios arqueológicos conhecidos, registros históricos e evidências documentadas de atividades culturais passadas. Podem ser realizadas pesquisas de campo para identificar e registrar edificações e áreas de interesse histórico e outros elementos de importância cultural. Além disso, utilização de fotografias aéreas, imagens de satélite e outras ferramentas de geoprocessamento para identificar e mapear possíveis vestígios culturais nas áreas costeiras (MCLAUGHLIN et al., 2002; MCLAUGHLIN, COOPER, 2010; PEREIRA, PASINI, BITTENCOURT, 2021).

Para buscar informações mais específicas e completas sobre os indicadores da **Infraestruturas básicas**, como água, saneamento e eletricidade podem ser consultadas diversas fontes de agências governamentais. Relatórios anuais elaborados por departamentos, as pesquisas estatísticas e demográficas especificadas e documentos de políticas públicas oferecem uma visão aprofundada sobre a distribuição e qualidade desses serviços e das condições das

infraestruturas em determinadas regiões (ADGER, 2006; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

A investigação dos dados de **Estabelecimentos essenciais** pode ser facilitada pelo acesso a informações sobre a localização desses estabelecimentos através de mapas de acesso aberto e aplicativos de geolocalização. Com a tecnologia atual, muitos mapas online e aplicativos oferecem dados detalhados que permitem identificar e mapear a localização e distribuição exata dos edifícios e outros serviços críticos (PRESTON et al., 2008; TORRESAN et al., 2008; RANA et al., 2018).

A disponibilidade dos dados sobre o **Acesso a infraestrutura** em uma determinada área costeira pode ser realizada através de diversas fontes acessíveis ao público. As informações sobre *Acesso ao sistema de transporte público*, *Densidade rodoviária* e *Posto de gasolina por habitantes* pode ser conseguida por meio de aplicativos de navegação e mapas ou websites de mapeamento online. Agências de transporte locais, assim como os órgãos governamentais dedicados à gestão da infraestrutura de transporte costumam disponibilizar as informações valiosas, como mapas, dados e relatórios, acessíveis por meio de seus sites oficiais. Diferente dos outros indicadores desta variável, *Residências sem veículo* pode ser consultada nos institutos de pesquisa econômica e as instituições de geografia e estatística. Esses órgãos são responsáveis por realizar levantamento abrangente relacionado ao meio de transporte da população (MAFI-GHOLAMI et al., 2020; OLOYEDE et al., 2022).

A análise de dados sobre os **Serviços médicos e sistemas de saúde** deve ocorrer através das secretarias de saúde locais. Essas agências fornecem detalhes sobre a quantidade e localização dos hospitais, postos de saúde, farmácias e a disponibilidade dos médicos em uma determinada região. O Ministério da Saúde também disponibiliza dados e estatísticas sobre infraestrutura de saúde em níveis nacional, regional e local. Plataformas de Saúde Pública online oferecem informações atualizadas sobre serviços médicos, como centros de saúde e centros especializados (KRISHNAN et al., 2019; OLOYEDE et al., 2022; TASNUVA et al., 2023).

A informação mais específica sobre o **Acesso à tecnologia** pode ser conseguida através das pesquisas das instituições estatísticas e demográficas. Essas instituições conduzem os estudos que avaliam o uso e a disponibilidade de

tecnologia em diferentes comunidades e regiões. Por meio dessas pesquisas, é possível obter dados específicos sobre a posse de dispositivos eletrônicos, acesso à Internet, uso de aplicativos móveis e outros aspectos relacionados à tecnologia (DOLAN, WALKER, 2006; MAZUMDAR, PAUL, 2016).

Capacidade adaptativa

Obter os dados sobre os indicadores da variável de **Grupos marginalizados** é um desafio complexo, mas existem algumas fontes que podem ser utilizadas para extrair essa informação. As organizações responsáveis por coletar e divulgar dados estatísticos sobre a população, a economia e o território publicam vários estudos e pesquisas específicas sobre *A participação dos grupos marginalizados nos processos políticos*. Essas informações podem incluir dados sobre a representação em cargos políticos, a participação em eleições e outros indicadores quantitativos. Além disso, é possível realizar entrevistas com grupos focais para obter percepções qualitativas sobre a experiência desses grupos nos processos políticos (BARALDI, PERUZZO, 2015). *População dependente de serviços sociais públicos* exige a consideração de diversos fatores quantitativos e qualitativos. Em uma abordagem quantitativa, podem ser utilizados indicadores demográficos, como o número de pessoas que recebem benefícios sociais, participam de programas governamentais ou acessam serviços públicos. Estatísticas oficiais, como dados de agências governamentais, censos populacionais e registros de assistência social, podem fornecer os dados sobre a extensão da dependência. No entanto, é igualmente importante incorporar elementos qualitativos na avaliação, considerando as necessidades específicas da população e a qualidade dos serviços prestados. Pesquisas de campo, entrevistas com grupos focais podem proporcionar uma compreensão mais profunda das razões por trás da dependência e das experiências individuais (TASNUVA et al., 2023). *População em situação de rua* pode ser extraída por meio de diversas fontes e organizações especializadas. Departamentos de assistência social, saúde ou habitação dos governos locais ou nacionais frequentemente conduzem pesquisas e coletam dados sobre a população em situação de rua. Além disso, alguns países incluem perguntas específicas relacionadas à situação de moradia e

moradores de rua em seus censos populacionais. Os resultados desses censos são geralmente divulgados publicamente (SILVA, 2009; GRINOVER, 2014).

Para acessar informações sobre a **População dependente** em uma determinada área, pode recorrer a fontes como institutos de estatística locais, órgãos governamentais responsáveis por questões sociais, como os departamentos de assistência social ou de saúde, ou até mesmo realizar pesquisas específicas em bancos de dados online que disponibilizam dados demográficos. Além disso, organizações internacionais como a ONU e o Banco Mundial também fornecem dados sobre população e indicadores sociais, que podem incluir informações sobre dependência da população em determinadas regiões (PANTHI et al., 2016; MAFIGHOLAMI et al., 2020).

Os dados sobre **Educação** podem ser obtidos de diversas fontes. Institutos de estatística, órgãos governamentais responsáveis pela educação e agências internacionais como a UNESCO geralmente disponibilizam essas informações por meio de relatórios anuais, bancos de dados online e publicações especializadas. Além disso, pesquisas acadêmicas e relatórios de organizações não governamentais dedicadas à educação também podem fornecer conhecimentos sobre essas questões em contextos específicos (KRISHNAN et al., 2019; TASNUVA et al., 2023).

Para conseguir as informações sobre a **Rede social** dentro de uma comunidade costeira, é necessário realizar uma abordagem mais completa que envolva várias fontes de dados e métodos de coleta de informações. Algumas maneiras de acessar essas informações incluem entrevistas e questionários. Realizar entrevistas individuais ou em grupo e distribuir questionários para membros da comunidade pode fornecer informação sobre a estrutura e dinâmica da rede social local. Ademais, os dados demográficos e estatísticos podem conter os indicadores demográficos, como densidade populacional, tamanho médio da família e taxa de migração, que podem fornecer informações indiretas sobre a estrutura da rede social dentro da comunidade costeira (CONFALONIERI et al., 2009; YUSUF, FRANCISCO, 2009).

Os dados sobre a **Renda** da população podem ser extraídos por meio de pesquisas domiciliares conduzidas em muitos países, revelando detalhes sobre a situação econômica das famílias. Adicionalmente, institutos nacionais de estatísticas e demografia agregam dados sobre renda, oferecendo uma visão mais

abrangente e detalhada da distribuição de renda em uma determinada região (WALKER et al., 2014; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

A pesquisa de informação sobre a **Governança e políticas públicas** de uma determinada região pode ser realizada através de várias fontes. Muitos governos têm sites oficiais onde publicam informações sobre suas políticas, programas e iniciativas relacionadas à mudança climática e adaptação. Esses sites podem incluir documentos de políticas, relatórios de progresso e outras informações relevantes. Os departamentos responsáveis por questões relacionadas ao meio ambiente, planejamento urbano, gestão de recursos naturais e outros setores afins também podem fornecer informações detalhadas sobre as políticas e estratégias adotadas pelo governo em relação à mudança climática (MAPLECROFT, 2010; YOO, HWANG, CHOI, 2011; NIGHTINGALE, 2017; MEYER, 2019).

4.2.3

Métrica

A distribuição de notas para os indicadores foi apoiada na revisão da literatura científica envolvendo a análise crítica de estudos que abordaram a temática em questão. Foram consultadas as pesquisas anteriores relacionadas à vulnerabilidade climática costeira. A investigação detalhada dessa bibliografia identificou quais são as variáveis e os indicadores têm sido historicamente considerados mais relevantes em situações semelhantes.

No contexto da avaliação de vulnerabilidade, a consistência dos resultados emerge como um critério crucial para a atribuição de notas. Essa análise visa assegurar a precisão e a confiabilidade dos indicadores identificados em estudos diversos. Quando determinados indicadores são consistentemente associados à vulnerabilidade em diferentes contextos, essa recorrência sugere uma relação substancial entre esses elementos e a vulnerabilidade. A uniformidade nas conclusões fortalece a confiança na importância desses elementos escolhidos em diversos cenários, fornecendo uma base sólida para sua consideração na distribuição de notas. A consistência, portanto, não apenas valida a relevância dos indicadores, mas também destaca a posição fundamental na compreensão e

avaliação da vulnerabilidade costeira diante da mudança climática (JONGMAN et al., 2015; CUMBERBATCH et al., 2020).

A interpretação dos indicadores vai ser conduzida por meio da aplicação de uma escala, considerando os valores 1, 0 e -1. Nessa escala, um valor igual a 1 (um) representa um impacto positivo, indicando contribuição para a diminuição da vulnerabilidade e o fortalecimento da resiliência. Equivalente a 0 (zero) indica neutralidade, sugerindo que o componente analisado não influencia significativamente na redução da vulnerabilidade ou no desenvolvimento da resiliência. Por outro lado, um valor igual a -1 (menos um) aponta para um impacto negativo, indicando que o elemento analisado contribui de maneira desfavorável, agravando a vulnerabilidade e apresentando riscos à capacidade de recuperação (LEMOS, 2010).

Sensibilidade

Dentro da variável de **Condição do ambiente construído** as notas foram atribuídas de acordo com as seguintes condições.

O indicador *Tipo de material usado na construção da edificação*.

A pontuação de 1 (um) é atribuída aos materiais que são considerados apropriados para o clima local e que contribuem positivamente para a qualidade, durabilidade e segurança da construção. Isso inclui materiais resistentes a eventos climáticos extremos, duráveis, com isolamento térmico eficiente e capazes de resistir a impactos e corrosão, contribuindo assim para a redução da vulnerabilidade e aumento da resiliência das edificações (REID et al., 2009; YOO, HWANG, CHOI, 2011).

Materiais que não contribuem significativamente para a qualidade, segurança ou durabilidade da edificação são classificados com a nota 0 (zero). Isso abrangeria materiais que não apresentam características distintas em relação à vulnerabilidade, sendo considerados neutros nesse aspecto (FLANAGAN et al., 2018).

Materiais inadequados ao clima local ou de baixa qualidade, propensos à degradação rápida, com baixa resistência a eventos climáticos extremos e que aumentam a sensibilidade da região, receberiam a nota -1 (menos um). Esses materiais contribuem para o aumento da vulnerabilidade das construções,

tornando-as mais suscetíveis a danos causados por tempestades, inundações e outras condições adversas do clima (PANTHI et al., 2016; FLANAGAN et al., 2018; CUMBERBATCH et al., 2020).

O indicador *Condição de proteção do pavimento térreo a inundações*

Medidas que garantem uma proteção eficaz do pavimento térreo a inundações, como a elevação do primeiro pavimento acima do nível da inundação esperada, a construção de muros ou barreiras físicas, o uso de sistemas de drenagem eficientes e a implementação de materiais resistentes à água, receberam a nota 1 (um) (LEWSEY, CID, KRUSE, 2004; HANSON et al., 2011).

Edificações que não possuem proteção contra inundações, mas também não abrigam atividades ou bens importantes no pavimento térreo, são classificadas com a nota 0 (zero). Isso indica uma neutralidade em relação à vulnerabilidade, pois não há uma exposição significativa a danos diretos causados pela água. (PANTHI et al., 2016; CUMBERBATCH et al., 2020; ASHIKIN et al., 2021).

Por outro lado, edificações que não possuem meios de defesa contra danos causados pela água, aumentando assim a vulnerabilidade da estrutura a inundações e eventos climáticos extremos, receberam a nota -1 (menos um). Essa pontuação reflete a importância da proteção do pavimento térreo para a redução da vulnerabilidade climática e o aumento da resiliência das edificações (LEWSEY, CID, KRUSE, 2004; HANSON et al., 2011; ASHIKIN et al., 2021).

O indicador *Presença de cobertura vegetal na área urbana*

Áreas urbanas com uma quantidade significativa de cobertura vegetal, que atua como barreira natural contra tempestades, ondas de tempestade e inundações costeiras. Assim como absorvem e armazenam a água durante eventos extremos e proporcionando benefícios socioeconômicos e ecossistêmicos, ganham a nota 1 (um) (ADIGUZEL, F., et al., 2022; NASSARY, E.K., et al., 2022).

Zonas urbanas com uma presença insignificativa de cobertura vegetal. O que indica uma neutralidade em relação à vulnerabilidade, já que a falta parcial de áreas verdes não aumenta nem reduz de forma significativa os riscos associados ao clima, obtiveram a nota 0 (zero) (AKSHA, S.K., et al., 2019).

Lugares com uma quantidade baixa de vegetais, que contribui para a erosão costeira, perda de terra para o mar, riscos de inundações e danos à infraestrutura, além de impactar negativamente a qualidade de vida das populações costeiras e sua capacidade de resistir a eventos climáticos extremos,

obtiveram a nota -1 (menos um). Essa pontuação reflete a contribuição negativa da falta de cobertura vegetal no aumento da vulnerabilidade climática costeira e na redução da resiliência das comunidades afetadas (REID et al., 2009; YOO, HWANG, CHOI, 2011).

Dentro da variável **Patrimônio cultural** foram considerados os seguintes aspectos.

O indicador *Presença do patrimônio material*.

Áreas que não possuem nenhum patrimônio material atribuem a nota 1 (um). Isso indica uma contribuição positiva na redução da vulnerabilidade, já que a ausência de patrimônio material reduz os riscos de danos ou perdas associados a eventos climáticos extremos (OBINWANNE et al., 2015).

Lugares que possuem patrimônio material que pode ser transferido ou deslocado, como bens culturais móveis ou estruturas que podem ser relocadas, receberam a nota 0 (zero). Isso reflete uma neutralidade em relação à vulnerabilidade, já que esses bens podem ser protegidos ou movidos para evitar danos em caso de eventos climáticos adversos (ANIRATO, 2008).

Regiões que possuem patrimônio material fixo, como monumentos históricos, edificações antigas ou outros bens culturais tangíveis que não podem ser facilmente transferidos ou deslocados, alcançam a nota -1 (menos um) (SOUZA, SOUZA, 2013; OBINWANNE et al., 2015).

O indicador *Presença do patrimônio imaterial*.

Áreas sem patrimônio imaterial conquistam uma pontuação 1 (um), indicando a inexistência de elementos suscetíveis a danos durante eventos climáticos extremos, minimizando os riscos de perdas ou danos a esse patrimônio cultural intangível (SOUZA, SOUZA, 2013; OBINWANNE et al., 2015).

Locais com patrimônio imaterial que pode ser transferido ou deslocado, como tradições ou práticas culturais móveis que podem ser preservadas em outras regiões, são classificados com a nota 0 (zero) (VOUSDOKAS et al., 2022).

Em contrapartida, áreas que abrigam patrimônio imaterial fixo, como costumes profundamente enraizados na comunidade ou tradições que não podem ser facilmente deslocadas, são avaliadas com a pontuação de -1 (menos um). Essa classificação aponta para uma maior vulnerabilidade desse patrimônio, uma vez que está mais exposto a danos ou perdas significativas em cenários de eventos

climáticos extremos (COELHO, 2015; PEREIRA, PASINI, BITTENCOURT, 2021).

Dentro da variável de **Infraestruturas Básicas** foram avaliados três importantes indicadores.

O indicador *Acesso à água potável*.

Áreas que possuem uma cobertura total com acesso à água potável obtém a nota 1 (um). Isso indica que toda a população tem acesso seguro e confiável à água potável, o que é fundamental para a saúde e o bem-estar das comunidades (ADGER, 2006; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

Locais com falta parcial de acesso à água potável, mas que contam com outras fontes de abastecimento, receberam a nota 0 (zero). Isso sugere uma situação intermediária, onde há melhorias necessárias, mas a disponibilidade de outras fontes ainda garante um nível mínimo de abastecimento (BROOKS, ADGER, KELLY, 2005; ADGER, YUSUF VINCENT, 2005).

Por fim, áreas que enfrentam falta total de acesso à água potável são classificadas com a nota -1 (menos um), evidenciando uma situação crítica que requer intervenções urgentes para garantir o direito básico à água (BROOKS, ADGER, KELLY, 2005; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

O indicador *Instalações sanitárias*.

A cobertura total de área com instalações sanitárias alcança a nota 1 (um). Isso indica que toda a comunidade possui acesso adequado a banheiros e outras instalações sanitárias, promovendo condições higiênicas e de saúde dignas (ADGER, 2006; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

As áreas que têm instalações sanitárias parcialmente disponíveis, mas ainda possuem áreas sem esse serviço, levam a nota 0 (zero). Isso aponta para melhorias necessárias para garantir que todas as áreas tenham acesso adequado a instalações sanitárias básicas (BROOKS, ADGER, KELLY, 2005; ADGER, YUSUF VINCENT, 2005).

Locais com falta total de instalações sanitárias são caracterizadas com a nota -1 (menos um), ressaltando a urgência de medidas para proporcionar condições sanitárias básicas para a população (BROOKS, ADGER, KELLY, 2005; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

O indicador *Acesso à energia elétrica*.

Regiões com cobertura total de eletricidade receberam a nota de 1 (um). Isso indica que toda a região possui acesso confiável e estável à energia elétrica, fundamental para o funcionamento de serviços essenciais e para o desenvolvimento econômico (ADGER, 2006; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

Locais onde a parte da área tem acesso à energia elétrica, mas outras partes não, ganham a nota 0 (zero). Isso destaca a necessidade de expandir a infraestrutura elétrica para garantir que toda a população tenha acesso a esse serviço básico (BROOKS, ADGER, KELLY, 2005; ADGER, YUSUF VINCENT, 2005).

Por outro lado, áreas com falta total de eletricidade são avaliadas com a nota 1 (um), enfatizando a importância de medidas urgentes para fornecer eletricidade às comunidades que enfrentam essa carência (BROOKS, ADGER, KELLY, 2005; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

A distribuição de notas para os indicadores de **Estabelecimentos essenciais** foi feita da seguinte forma.

O indicador *Quarteis de bombeiro por habitantes*.

Nota 1 (um) é atribuída aos lugares com quartéis de bombeiros suficientes por habitantes. Ou seja, os quartéis que estão localizados em áreas estratégicas, próximas o suficiente para oferecer uma resposta rápida e eficaz a desastres naturais. Esses quartéis têm recursos adequados, tempo de resposta otimizado e capacidade de coordenação eficiente para minimizar danos materiais e proteger vidas durante eventos climáticos adversos (RANA et al., 2018; OLOYEDE et al., 2022).

A atribuição de nota 0 (zero) vai para os casos em que a quantidade de quartéis de bombeiros por habitantes é considerada insuficiente, mas existem outras unidades essenciais próximas.

Nota -1 (menos um) seria atribuída aos quartéis de bombeiros significativamente insuficientes por habitantes, ou seja, quando há uma falta crítica de recursos, pessoal e infraestrutura para lidar com emergências. Isso pode resultar em tempos de resposta muito longos, falta de coordenação eficiente e capacidade limitada de proteger a população e o patrimônio em situações de crise. (CUMBERBATCH et al., 2020; OLOYEDE et al., 2022).

O indicador *Delegacias de polícia por habitantes*.

A pontuação de 1 (um) seria atribuída às regiões com as delegacias de polícia suficientes por habitantes. As delegacias que estão estrategicamente localizadas e possuem recursos adequados para responder rapidamente a incidentes, manter a ordem pública e garantir a segurança da população em situações de urgência. Essas delegacias são capazes de oferecer uma resposta rápida e eficiente a eventos climáticos adversos, como tempestades e inundações, minimizando riscos e protegendo vidas (RANA et al., 2018; OLOYEDE et al., 2022).

Nota 0 (zero) seria distribuída aos casos em que a quantidade de delegacias de polícia por habitantes é considerada insuficiente, mas há outras unidades essenciais próximas.

Áreas com as delegacias de polícia significativamente insuficientes por habitantes, ou seja, aquelas que têm uma falta crítica de recursos, pessoal e infraestrutura para lidar com emergências conquistam nota -1 (menos um). Essas condições podem resultar em tempos de resposta longos, falta de coordenação eficiente e capacidade limitada de manter a segurança pública durante eventos climáticos extremos (CUMBERBATCH et al., 2020; OLOYEDE et al., 2022).

O indicador *Abrigos temporários*.

Nota 1 (um) é atribuída quando há a presença de abrigos temporários bem planejados e estruturados nas áreas costeiras. Esses abrigos proporcionam segurança, recursos essenciais e condições adequadas para a população durante eventos climáticos extremos, reduzindo significativamente a vulnerabilidade e aumentando a resiliência das comunidades costeiras (COSTA et al., 2017; FERREIRA NUNES et al., 2018).

A pontuação de 0 (zero) é designada para cenários em que existem abrigos temporários disponíveis, contudo, eles podem não estar completamente equipados para lidar com situações extremas ou suprir todas as necessidades básicas da comunidade. Essa atribuição reflete uma posição neutra em relação à vulnerabilidade, visto que os abrigos podem fornecer alguma proteção, mas não de maneira ideal em todas as circunstâncias (FERREIRA NUNES et al., 2018; OLOYEDE et al., 2022).

Nota -1 (menos um) seria atribuída quando não há abrigos temporários disponíveis. Isso aumenta a vulnerabilidade das comunidades costeiras, pois falta um local seguro e preparado para enfrentar eventos climáticos extremos,

diminuindo sua resiliência diante dessas situações críticas (BALICA, WRIGHT, 2009; COSTA et al., 2017; MAHENDRA et al., 2023).

Os indicadores representantes da variável **Acesso à infraestrutura** foram classificados de modo igual.

O indicador *Acesso ao sistema de transporte público*.

Nota 1 (um) é reservada para situações em que o acesso ao transporte público é fácil e próximo, tornando a locomoção conveniente e eficiente para os habitantes. Isso inclui a presença de estações de transporte público bem distribuídas e acessíveis, como pontos de ônibus, estações de metrô ou trem, garantindo uma rede abrangente e de fácil utilização (O'BRIEN et al., 2004; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

Por outro lado, nota 0 (zero) é atribuída quando não há acesso direto ao transporte público, mas existem alternativas de mobilidade disponíveis. Isso pode incluir o uso de transporte privado, como carros particulares, táxis ou aplicativos de transporte, bem como a presença de sistemas de compartilhamento de viagens, como caronas solidárias. Embora não seja tão conveniente quanto o acesso direto ao transporte público, essas alternativas permitem que as pessoas se desloquem de forma razoável (MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

Nota -1 (menos um) indica uma situação em que não há acesso ao transporte público ou as distâncias até os pontos de transporte público são consideravelmente longas. Isso pode resultar em dificuldades significativas para a mobilidade da população, especialmente para aqueles que dependem exclusivamente do transporte público para se locomoverem. A falta de acesso ou a distância excessiva pode limitar o acesso a serviços essenciais, oportunidades de emprego, educação e outras atividades vitais, impactando negativamente a qualidade de vida e a inclusão social das comunidades afetadas (O'BRIEN et al., 2004; MAFI-GHOLAMI et al., 2020; OLOYEDE et al., 2022).

O indicador *Densidade rodoviária*.

Nota 1 (um) é dada a áreas com alta densidade rodoviária, indicando uma infraestrutura robusta que pode lidar eficientemente com emergências. Essas áreas tendem a ter vias extras e alternativas para desvio de tráfego, o que é crucial durante evacuações ou para facilitar o acesso de serviços de emergência (O'BRIEN et al., 2004).

Por outro lado, nota 0 (zero) é atribuída a regiões com um equilíbrio adequado entre a quantidade de vias e o fluxo de tráfego. Embora não tenham uma densidade extremamente alta de rodovias, essas áreas conseguem lidar bem com o volume de veículos habitual, mantendo um fluxo relativamente estável e sem grandes problemas de congestionamento (MAFI-GHOLAMI et al., 2020; OLOYEDE et al., 2022).

Finalmente, nota -1 (menos um) seria dada as locais com baixa densidade rodoviária, o que indica uma vulnerabilidade maior em termos de mobilidade e resposta a emergências. Nessas áreas, a falta de vias extras pode resultar em congestionamentos severos em situações de evacuação ou deslocamento de recursos de socorro. Isso pode atrasar as operações de resposta e dificultar o acesso rápido a áreas afetadas, aumentando os riscos e desafios durante eventos climáticos extremos ou outras emergências (O'BRIEN et al., 2004; MAFI-GHOLAMI et al., 2020; OLOYEDE et al., 2022).

O indicador *Residências sem veículo*.

Nota 1 (um) seria atribuída a residências que possuem veículos em quantidade adequada para atender às necessidades de deslocamento em diferentes cenários, como evacuações durante desastres naturais ou situações de emergência (TAPSELL et al., 2002; MAZUMDAR, PAUL, 2016).

Nota 0 (zero) foi destinada para as residências que possuem veículos, mas em número insuficiente para atender completamente às necessidades de mobilidade em uma única viagem (FLANAGAN, et al., 2018; RANA et al., 2018).

Por último, nota -1 (menos um) seria dada para residências que não possuem veículos. Isso indica uma vulnerabilidade maior em termos de mobilidade durante eventos extremos, pois a falta de veículos pode dificultar a evacuação rápida e segura da família, assim como o acesso a recursos de socorro ou assistência em situações imprevistas (TAPSELL et al., 2002; MAZUMDAR, PAUL, 2016).

O indicador *Posto de gasolina por habitante*.

Nota 1 (um) seria obtida pelas áreas onde há postos de gasolina em quantidade suficiente por habitante, garantindo um acesso adequado a combustível para veículos durante evacuações ou deslocamentos em casos de

desastres naturais ou emergências (OLOYEDE et al., 2022; BABANAWO et al., 2022).

A pontuação 0 (zero) seria dada quando a quantidade de postos de gasolina é reduzida em relação à demanda da população, mas ainda há alguns postos na região (OLOYEDE et al., 2022).

Por fim, nota -1 (menos um) seria contribuída quando há falta de postos de gasolina na região, o que representa uma vulnerabilidade significativa em termos de mobilidade e capacidade de resposta em situações de crise. A ausência de postos de combustível dificulta o abastecimento de veículos, podendo comprometer operações de evacuação e assistência durante eventos adversos (OLOYEDE et al., 2022; BABANAWO et al., 2022).

Dentro da variável **Serviços médicos e sistemas de saúde** a distribuição de notas ficou assim.

O indicador *Posto de saúde e hospital por habitantes*.

Nota 1 (um) seria tomada quando há unidades de saúde em quantidade suficiente por habitante. Isso significa que a população tem acesso adequado aos serviços de saúde básicos e hospitalares, contribuindo para a prevenção, tratamento e resposta a emergências médicas, o que é fundamental para a construção de resiliência na comunidade (CUTTER, BORUFF, SHIRLEY, 2003; YOO, HWANG, CHOI, 2011).

Nota 0 (zero) seria classificada quando a quantidade de unidades de saúde é reduzida em relação à demanda da população, mas ainda existem algumas unidades de saúde ou hospitais na região (YOO, HWANG, CHOI, 2011).

Por último, nota -1 (menos um) seria atribuída quando há falta de qualquer unidade de saúde na região. Isso representa uma vulnerabilidade significativa, pois a ausência de serviços de saúde compromete a capacidade de resposta a emergências médicas, aumentando o risco de danos à saúde da população e dificultando a construção efetiva de resiliência na comunidade (KRISHNAN et al., 2019; OLOYEDE et al., 2022; TASNUVA et al., 2023).

O indicador *Número médio de leitos disponíveis por habitantes*.

Nota 1 (um) seria considerada quando há leitos disponíveis em quantidade suficiente por habitante. Isso significa que a população tem acesso adequado a leitos hospitalares, contribuindo para o tratamento eficaz de pacientes em

situações de emergência e para a construção de resiliência na comunidade (YOO, HWANG, CHOI, 2011; KRISHNAN et al., 2019).

Nota 0 (zero) seria dada quando a quantidade de leitos disponíveis é reduzida em relação à demanda da população, mas ainda existem alguns hospitais com alguns leitos (YOO, HWANG, CHOI, 2011; KRISHNAN et al., 2019).

Afinal, nota -1 (menos um) seria atribuída quando não há leitos disponíveis na região. Isso representa uma vulnerabilidade significativa, pois a falta de capacidade de internação compromete a resposta a emergências médicas, aumentando o risco de danos à saúde da população e dificultando a construção efetiva de resiliência na comunidade (YOO, HWANG, CHOI, 2011; KRISHNAN et al., 2019).

O indicador *Número de médicos por habitantes*.

Nota 1 (um) seria atribuída quando houver uma quantidade suficiente de médicos por habitantes. Isso significa que a comunidade tem acesso adequado as profissionais de saúde, o que contribui para a prevenção, diagnóstico e tratamento eficaz de doenças, fortalecendo a resiliência da população diante de desafios de saúde (PHUNG et al., 2016; OLOYEDE et al., 2022).

Nota 0 (zero) seria dada quando a quantidade de médicos é reduzida em relação à demanda da população, mas ainda existem os médicos disponíveis na região (PHUNG et al., 2016).

Por fim, nota -1 (menos um) seria atribuída quando não houver médicos disponíveis na região. Isso representa uma vulnerabilidade significativa, pois a falta de profissionais de saúde compromete o acesso aos cuidados médicos essenciais, aumentando os riscos de saúde e dificultando a construção efetiva de resiliência na comunidade (PHUNG et al., 2016; KRISHNAN et al., 2019; OLOYEDE et al., 2022).

O indicador *Proximidade de farmácias*.

Nota 1 (um) é representada quando houver farmácias suficientes em uma região. Isso significa que a população tem acesso conveniente a medicamentos e produtos de saúde, o que fortalece a capacidade de gerenciar doenças, responder a emergências médicas e promover a saúde geral da comunidade, contribuindo para a construção de resiliência (PHUNG et al., 2016; KRISHNAN et al., 2019).

Nota 0 (zero) é dada quando o número de farmácias for reduzido em relação à demanda da população, mas ainda existem algumas farmácias na região (PHUNG et al., 2016).

Nota -1 (menos um) seria atribuída quando não houver farmácias dentro de uma área, representando uma vulnerabilidade significativa. A falta de acesso a medicamentos pode comprometer o tratamento de doenças, aumentar os riscos de saúde e dificultar a resposta a emergências médicas, impactando negativamente a capacidade da comunidade de se recuperar de desafios de saúde e construir resiliência (PHUNG et al., 2016; JAMSHED et al., 2017; KRISHNAN et al., 2019).

A distribuição de pesos para os indicadores de **Acesso à tecnologia** foi conduzida por seguinte escala.

O indicador *Acesso à Internet*.

Nota 1 (um) é tomada quando o acesso à Internet é amplo e abrangente na região. Isso significa que a maioria dos residentes tem acesso fácil à Internet de alta velocidade, o que facilita a comunicação, o acesso a informações, a educação online, o trabalho remoto e outros benefícios associados à conectividade digital, contribuindo para a construção de resiliência da comunidade (DOLAN, WALKER, 2006; PRESTON et al., 2008; MAZUMDAR, PAUL, 2016).

Nota 0 (zero) seria dada quando o acesso à Internet é moderado e está disponível para a maioria dos residentes, mas pode haver áreas ou populações específicas com acesso limitado (MAZUMDAR, PAUL, 2016).

Por fim, nota -1 (menos um) seria atribuída quando o acesso à Internet é limitado ou inexistente na região. Isso representa uma vulnerabilidade significativa, pois a falta de conectividade digital dificulta o acesso a informações essenciais, serviços online, oportunidades de educação e trabalho remoto, limitando o potencial de desenvolvimento e resiliência da comunidade em um contexto cada vez mais digitalizado (YOHE et al., 2006; DOLAN, WALKER, 2006; PRESTON et al., 2008; MAZUMDAR, PAUL, 2016).

O indicador *Acesso a rádio, TV ou celular*.

Nota 1 (um) seria obtida quando o acesso a rádio, TV ou celular é amplo e abrangente na região. Isso indica que a maioria dos residentes tem acesso fácil a pelo menos um desses meios de comunicação, o que é crucial para obter

informações, alertas de emergência, entretenimento e conexão com o mundo exterior, contribuindo para a construção de resiliência da comunidade (BIRKMANN, FERNANDO, 2008; MAZUMDAR, PAUL, 2016).

Nota 0 (zero) é levada quando há acesso a pelo menos um meio de comunicação, mas pode não ser abrangente ou amplo para todos os residentes. Isso sugere que a comunidade tem acesso a algumas formas de comunicação, mas pode haver grupos ou áreas com acesso limitado (CONNOR, HIROKI, 2005; MAZUMDAR, PAUL, 2016).

Por fim, nota -1 (menos um) seria atribuída quando o acesso a meios de comunicação tradicionais, como rádio, TV ou celular, é limitado ou inexistente na região. Isso representa uma vulnerabilidade significativa, pois a falta de acesso a esses meios pode dificultar a comunicação, o recebimento de informações importantes e a capacidade de alerta e resposta em situações de crise, comprometendo a resiliência da comunidade (CONNOR, HIROKI, 2005; BIRKMANN, FERNANDO, 2008; MAZUMDAR, PAUL, 2016).

O indicador *Cobertura do sistema de alerta*.

Nota 1 (um) seria atribuída quando o sistema de alerta abrange amplamente a região, garantindo que a maioria dos residentes receba alertas e informações de forma eficaz. Isso é crucial para a construção de resiliência, pois permite uma resposta rápida e coordenada em situações de emergência, reduzindo danos e protegendo vidas (JONGMAN et al., 2015; KISSI et al., 2015; JAMSHED et al., 2019; BABANAWO et al., 2022).

Nota 0 (zero) seria dada quando o sistema de alerta é parcial, ou seja, algumas áreas ou populações específicas podem não receber alertas ou informações de forma adequada (KIENBERGER, LANG, ZEIL, 2009; JONGMAN et al., 2015; JAMSHED et al., 2019; BABANAWO et al., 2022).

A pontuação -1 (menos um) é apresentada quando o sistema de alerta é inadequado ou inexistente na região. Isso representa uma vulnerabilidade significativa, pois a falta de um sistema de alerta eficaz pode aumentar os riscos e impactos de eventos adversos, comprometendo a capacidade de resposta e a construção de resiliência da comunidade diante de situações de crise (KIENBERGER, LANG, ZEIL, 2009; JONGMAN et al., 2015; KISSI et al., 2015; JAMSHED et al., 2019; BABANAWO et al., 2022).

O resumo desta sessão se encontra em baixo na Tabela 1.

Capacidade adaptativa

Os indicadores da variável **Grupos marginalizados** foram investigados que deram o seguinte resultado.

O indicador *A participação dos grupos marginalizados nos processos políticos*.

Nota 1 (um) seria atribuída quando houver um envolvimento total dos grupos marginalizados nos processos políticos, garantindo sua voz e participação ativa nas decisões que afetam suas vidas. Isso demonstra uma situação de resiliência, onde esses grupos são integrados e têm influência nas políticas que os afetam diretamente (ADGER et al., 2004; TASNUVA et al., 2023).

Nota 0 (zero) reflete um ponto intermediário, indicando que há espaço para melhorias na participação política desses grupos, mas também reconhecendo que eles têm algum grau de envolvimento nas decisões políticas (ADGER et al., 2004).

Afinal, nota -1 (menos um) é considerada em casos de exclusão sistemática e significativa dos grupos marginalizados nos processos políticos. Isso indica uma vulnerabilidade maior desses grupos, pois estão sendo excluídos das decisões políticas que impactam diretamente suas vidas, o que pode levar a uma falta de representatividade e atendimento às suas necessidades específicas (ADGER et al., 2004; BARALDI, PERUZZO, 2015; TASNUVA et al., 2023).

O indicador *População dependente de serviços sociais públicos*.

Nota 1 (um) seria tomada quando a população não depende exclusivamente da ajuda e apoio social, indicando uma resiliência maior e uma capacidade de autossuficiência em aspectos socioeconômicos (ADGER et al., 2004; TASNUVA et al., 2023).

Nota 0 (zero) é levada quando há um acesso parcial aos serviços sociais públicos, mas além disso há outros meios de suporte social e econômico (ADGER et al., 2004; CUTTER, BORUFF, SHIRLEY, 2003).

A pontuação -1 (menos um) seria classificada quando há uma dependência exclusiva de serviços sociais sem nenhum outro suporte socioeconômico disponível. Isso indica uma maior vulnerabilidade da população, pois ela não possui outras fontes de suporte além dos serviços sociais públicos, o que pode

limitar sua capacidade de enfrentar desafios e crises (ADGER et al., 2004; CUTTER, BORUFF, SHIRLEY, 2003; TASNUVA et al., 2023).

O indicador *População em situação de rua*.

Nota 1 (um) é apresentada quando não há população em situação de rua na região. Isso indica que políticas de moradia, assistência social e inclusão foram eficazes em prevenir ou reduzir significativamente a situação de rua, garantindo que todas as pessoas tenham acesso a condições habitacionais adequadas e apoio social (SILVEIRA, 2009; SILVA, 2009; GRINOVER, 2014).

A pontuação 0 (zero) é dada quando existem moradores de rua na região, mas há instituições ou recursos disponíveis que oferecem abrigo e apoio a essas pessoas. Isso pode significar a presença de abrigos, programas de assistência social, acesso a serviços de saúde mental e drogas, e iniciativas de reinserção social. Embora a situação de rua exista, as políticas e serviços disponíveis mitigam os impactos negativos e oferecem suporte às pessoas em situação vulnerável (SILVEIRA, 2009; SILVA, 2009).

Nota -1 (menos um) é atribuída quando há um número alto de pessoas em situação de rua na região, e as condições de vida dessas pessoas são precárias, com falta de acesso a abrigos, assistência social adequada, saúde e outras necessidades básicas. Isso reflete uma situação de vulnerabilidade extrema e falta de políticas eficazes para lidar com a situação de rua e garantir o bem-estar dessas pessoas (SILVEIRA, 2009; SILVA, 2009; GRINOVER, 2014; MDHC, 2023).

O mesmo esquema foi aplicado para distribuição de notas para os indicadores de **População dependente**.

O indicador *Famílias com membros que têm necessidades especiais*.

Nota 1 (um) é atribuída quando há uma baixa incidência de famílias com membros que têm necessidades especiais na região avaliada. Além disso, as famílias que estão nessa situação recebem suporte significativo por meio de políticas públicas e estratégias de inclusão eficazes. Esse suporte ajuda essas famílias a desenvolverem maior capacidade para lidar com os desafios impostos pelas condições climáticas adversas (AHSAN, WARNER, 2014; PANTHI et al., 2016; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

Nota 0 (zero) é dada quando existem famílias com membros nessas condições, porém, com um baixo nível de deficiência ou necessidade. Isso pode

significar que as necessidades especiais são gerenciáveis e não representam um fardo significativo para as famílias (CUMBERBATCH et al., 2020).

Nota -1 (menos um) é atribuída quando há um número alto de famílias com membros que têm necessidades especiais na região. Isso indica que as políticas de inclusão podem não estar adequadas ou que há falta de recursos e suporte para essas famílias, resultando em desafios significativos para sua resiliência e bem-estar (KLEINOSKY, YARNAL, FISHER, 2007; REID et al., 2009; AHSAN, WARNER, 2014; CUMBERBATCH et al., 2020).

O indicador *Famílias com crianças < 6 anos ou com idosos > 65 anos*.

Nota 1 (um) seria obtida quando há um número reduzido de famílias com crianças menores de 6 anos ou idosos acima de 65 anos na região avaliada. Além disso, as famílias nessas condições recebem apoio adicional de políticas públicas auxiliando nos cuidados, o que contribui para a construção de resiliência. (KIENBERGER, LANG, ZEIL, 2009; CUMBERBATCH et al., 2020; MAFI-GHOLAMI et al., 2020; OLOYEDE et al., 2022).

Nota 0 (zero) é dada quando há famílias com crianças ou idosos, porém em uma proporção equilibrada ou com suporte familiar adequado para lidar com os desafios climáticos (CUMBERBATCH et al., 2020; MAFI-GHOLAMI et al., 2020; OLOYEDE et al., 2022).

Nota -1 (menos um) seria atribuída quando há um número elevado de famílias nessas condições, indicando uma maior vulnerabilidade climática devido à necessidade de cuidados específicos que podem ser mais difíceis de serem atendidos em situações climáticas extremas. Isso pode refletir uma falta de recursos ou apoio adequado para essas famílias em caso de eventos climáticos adversos (PRESTON et al., 2008; HARVEY et al., 2009; REID et al., 2009; FEKETE, 2009; KIENBERGER, LANG, ZEIL, 2009).

As notas dos indicadores caracterizados da variável **Educação** foram atribuídas mediante os seguintes critérios.

O indicador *População analfabeta*.

A pontuação 1 (um) é considerada quando não houver pessoas analfabetas na região, o que indicaria uma menor vulnerabilidade climática. A ausência de analfabetismo facilita a compreensão e implementação de medidas de adaptação, além de permitir uma melhor comunicação e entendimento das informações

relacionadas a riscos climáticos (SULLIVAN, MEIGH, GIACOMELLO, 2003; ADGER et al., 2004; CONNOR, HIROKI, 2005; OLOYEDE et al., 2022).

Já nota 0 (zero) seria dada quando houver pessoas analfabetas na população, mas com acesso a recursos ou programas de alfabetização. Nesse caso, embora a presença de analfabetismo possa aumentar a vulnerabilidade, o acesso a programas de educação pode mitigar parte desse impacto (BROOKS, ADGER, KELLY, 2005; CONNOR, HIROKI, 2005; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

Atribuição de nota -1 (menos um) seria atribuída quando houver um número significativo de pessoas analfabetas na população. Isso aumenta a vulnerabilidade climática, pois a falta de educação formal dificulta a compreensão das informações climáticas, a adoção de medidas de adaptação e a capacidade de resposta a eventos extremos. A falta de alfabetização também pode resultar em uma menor participação da população em iniciativas de construção de resiliência, tornando a comunidade mais suscetível a danos e impactos severos decorrentes de eventos climáticos adversos (SULLIVAN, MEIGH, GIACOMELLO, 2003; ADGER et al., 2004; BROOKS, ADGER, KELLY, 2005; OLOYEDE et al., 2022; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

O indicador *População que não completou o ensino médio*.

Nota 1 (um) é alcançada quando houver um número reduzido de pessoas que não completaram o ensino médio na região avaliada. Isso indicaria uma menor vulnerabilidade climática, pois a educação formal está associada a uma melhor compreensão das informações climáticas, maior capacidade de adaptação e resposta a situações de risco. Além disso, pessoas com maior nível educacional tendem a ter acesso a recursos e informações que contribuem para a construção de resiliência (CUTTER, BORUFF, SHIRLEY, 2003; FEKETE, 2009; YUSUF, FRANCISCO, 2009; PANTHI et al., 2016).

Nota 0 (zero) é levada quando há pessoas que não completaram o ensino médio na população, mas com acesso a programas de educação ou capacitação. Nesse caso, embora a presença de pessoas com nível educacional mais baixo possa aumentar a vulnerabilidade, o acesso a oportunidades de aprendizado pode mitigar parte desse impacto (CUTTER, BORUFF, SHIRLEY, 2003; SULLIVAN, MEIGH, GIACOMELLO, 2003; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

Em conclusão, nota -1 (menos um) seria atribuída quando houver um número significativo de pessoas na população que não completaram o ensino

médio. Isso aumenta a vulnerabilidade climática, pois a falta de educação formal dificulta a compreensão das informações climáticas, a adoção de medidas de adaptação e a capacidade de resposta a eventos climáticos adversos. A falta de educação também pode resultar em uma menor participação em iniciativas de construção de resiliência, tornando a comunidade mais suscetível a danos e impactos severos decorrentes de eventos climáticos extremos (CUTTER, BORUFF, SHIRLEY, 2003; SULLIVAN, MEIGH, GIACOMELLO, 2003; REID et al., 2009; MAFI-GHOLAMI et al., 2020).

A definição de notas dos indicadores de **Rede social** foi estabelecida de acordo com os seguintes critérios.

O indicador *Famílias sem parentes nos outros bairros ou cidade*.

Nota 1 (um) foi classificada quando as famílias têm parentes em outras regiões. Isso reduz a vulnerabilidade climática, pois esses parentes fornecem redes de apoio social e recursos adicionais em momentos de crise. A conexão com parentes em diferentes áreas facilita a obtenção de ajuda, informações e suporte durante eventos climáticos adversos, contribuindo para a construção de resiliência. Além disso, em situações de realocação, ter parentes em várias regiões oferece mais opções seguras e estratégicas para a família se estabelecer em locais menos expostos a riscos climáticos (BIRKMANN, FERNANDO, 2008; AHSAN, WARNER, 2014; PANTHI et al., 2016; JAMSHED et al., 2019).

A pontuação 0 (zero) seria dada quando não houver parentes em outras regiões, mas as famílias têm acesso a recursos e serviços locais que podem compensar essa falta. Nesse caso, embora não haja uma rede de parentes fora da região, a disponibilidade de recursos e serviços locais pode ajudar a suprir necessidades durante eventos climáticos extremos, reduzindo parte da vulnerabilidade (BIRKMANN, FERNANDO, 2008; JAMSHED et al., 2019).

Finalmente, nota -1 (menos um) é constatada quando não houver parentes nos outros bairros ou cidades. O que aumenta a vulnerabilidade climática, pois a falta de conexão com parentes em áreas diferentes limita o acesso a redes de apoio social e recursos externos em momentos de crise. A ausência de parentes em outras regiões pode dificultar a obtenção de ajuda e informações importantes durante eventos climáticos adversos, tornando a família mais vulnerável a danos e impactos negativos (BIRKMANN, FERNANDO, 2008; AHSAN, WARNER, 2014; PANTHI et al., 2016).

O indicador *Famílias que não tem envolvimento com ONG*.

Nota 1 (um) foi considerada quando as famílias recebem suporte de alguma organização não governamental (ONG), o que contribui para uma maior resiliência climática ao oferecer assistência e recursos adicionais em momentos de crise. Isso inclui acesso a informações, programas de ajuda e suporte social que podem ser essenciais durante eventos climáticos adversos (SHERLY et al., 2015; PANDEY e BARDSLEY, 2015; TASNUVA et al., 2023).

A nota 0 (zero) seria dada quando as famílias não têm envolvimento com ONGs, mas têm acesso a recursos e serviços locais que podem compensar essa falta de conexão institucional, garantindo certa capacidade de adaptação e resiliência diante de desafios climáticos (SHERLY et al., 2015; TASNUVA et al., 2023).

Por fim, nota -1 (menos um) seria atribuída quando as famílias não têm nenhum envolvimento com ONGs, o que pode resultar em menor acesso a recursos, informações e suporte durante desastres climáticos, reduzindo significativamente a capacidade adaptativa e a construção de resiliência (SHERLY et al., 2015; PANDEY e BARDSLEY, 2015).

Dentro da variável **Renda** as notas dos indicadores foram estabelecidas de acordo com os seguintes fundamentos.

O indicador *Famílias que ganham menos de um salário-mínimo por mês*.

A situação quando a maioria das famílias tem uma renda que excede um salário-mínimo ficou com uma nota 1 (um), o que indica uma maior capacidade de enfrentar desafios climáticos devido a recursos financeiros adicionais. Isso aumenta a resiliência, pois essas famílias têm mais recursos para lidar com situações adversas (PRESTON et al., 2008; MAFI-GHOLAMI et al., 2020; TASNUVA et al., 2023).

Uma nota de 0 seria dada às famílias que ganham menos de um salário-mínimo, mas têm fontes alternativas de renda, como trabalhos temporários ou ajuda de familiares. Isso ajuda a mitigar a vulnerabilidade financeira, pois essas fontes adicionais de renda podem ser utilizadas em momentos de crise climática, aumentando a capacidade de adaptação e recuperação (MAFI-GHOLAMI et al., 2020; TASNUVA et al., 2023).

Por outro lado, uma nota de -1 seria atribuída quando há um número significativo de famílias que ganham menos de um salário mínimo por mês. Isso

aumenta a vulnerabilidade, pois essas famílias têm menos recursos financeiros para enfrentar eventos climáticos extremos, tornando-as mais suscetíveis a impactos negativos, como dificuldades para adquirir alimentos, medicamentos e abrigo adequado durante situações de crise climática. Essa falta de recursos financeiros também pode dificultar a reconstrução e recuperação após desastres ambientais, reduzindo a capacidade de construir resiliência (PRESTON et al., 2008; TASNUVA et al., 2023).

O indicador *Famílias dependentes apenas de um setor econômico ou de recursos naturais*.

Classificação com nota 1 (um) é feita quando as famílias possuem diversificação econômica, ou seja, não dependem exclusivamente de um único setor econômico ou de recursos naturais para sua subsistência. Isso indica uma menor vulnerabilidade climática, pois a diversificação econômica reduz o impacto direto de eventos climáticos extremos em sua renda e sustento. Além disso, a diversificação econômica aumenta a resiliência, pois as famílias têm mais opções para se adaptar a mudanças ambientais e econômicas (PRESTON et al., 2008; ABDUL-RAZAK, KRUSE, 2017; TASNUVA et al., 2023).

Nota 0 (zero) seria atribuída às famílias que, embora dependam predominantemente de um setor econômico ou de recursos naturais, possuem alguma diversificação em suas fontes de renda. Isso pode incluir atividades secundárias ou sazonais que complementam sua subsistência, reduzindo parcialmente a vulnerabilidade ao clima e contribuindo para a resiliência em certa medida (PRESTON et al., 2008; KIENBERGER, LANG, ZEIL, 2009).

Por outro lado, nota -1 (menos um) é dada quando as famílias dependem exclusivamente de um único setor econômico ou de recursos naturais para sua sobrevivência. Isso aumenta significativamente a vulnerabilidade climática, pois qualquer impacto negativo nesse setor ou nos recursos naturais pode ter efeitos devastadores na renda e no sustento dessas famílias. A falta de diversificação econômica limita suas opções de adaptação e recuperação após eventos climáticos extremos, resultando em uma menor capacidade de construir resiliência frente a esses desafios (KIENBERGER, LANG, ZEIL, 2009; ABDUL-RAZAK, KRUSE, 2017; TASNUVA et al., 2023).

A última variável **Governança e políticas públicas** apresenta os indicadores muito importantes que foram avaliadas do mesmo modo.

O indicador *Existência de um plano e cumprimento das regras do plano de gestão*.

Atribuição de nota 1 (um) seria feita quando há um plano de gestão bem estruturado e implementado na região. Isso indica uma menor vulnerabilidade climática, pois um plano eficiente pode incluir medidas de prevenção e resposta a eventos extremos, bem como estratégias de adaptação a longo prazo. Além disso, o cumprimento rigoroso das regras do plano aumenta a resiliência, pois garante uma resposta organizada e eficaz diante de situações climáticas adversas (BALICA, WRIGHT, 2009; YOO, HWANG, CHOI, 2011; MEYER, 2019).

Nota 0 (zero) seria tomada quando há um plano de gestão existente, porém, o cumprimento das suas regras e diretrizes é inconsistente ou parcial. Isso pode indicar uma vulnerabilidade moderada, pois a presença do plano oferece alguma estrutura para lidar com desafios climáticos, mas a falta de consistência na sua aplicação pode limitar a eficácia das medidas de resiliência (BALICA, WRIGHT, 2009; YUSUF, FRANCISCO, 2009).

As situações quando não existe um plano de gestão estabelecido ou se as regras do plano não são cumpridas de forma alguma obtém a nota -1 (menos um). Isso aumenta significativamente a vulnerabilidade climática, pois a falta de um plano estruturado de gestão impede a implementação de medidas preventivas e de resposta a eventos extremos. A ausência de diretrizes claras e a falta de ação coordenada reduzem drasticamente a capacidade de construir resiliência e se adaptar a desafios climáticos na região (BALICA, WRIGHT, 2009; YUSUF, FRANCISCO, 2009; MEYER, 2019).

O indicador *Nível de conscientização e comunicação sobre a vulnerabilidade*.

Nota 1 (um) é tomada quando há um alto nível de conscientização e comunicação na população sobre os riscos e desafios associados à vulnerabilidade climática. Isso aponta para menor vulnerabilidade, pois uma população bem informada está mais preparada para enfrentar eventos climáticos extremos, adotar medidas de adaptação e participar ativamente em iniciativas de resiliência (BIRKMANN, FERNANDO, 2008; YUSUF, FRANCISCO, 2009; NIGHTINGALE, 2017; MEYER, 2019).

No caso quando há um nível médio de conscientização e comunicação, mas ainda existem lacunas ou falta de engajamento significativo da população é

recebida nota 0 (zero). O que sugere uma vulnerabilidade moderada, pois embora haja algum conhecimento sobre a vulnerabilidade climática, a falta de engajamento completo da comunidade pode limitar a eficácia das ações de resiliência (BIRKMANN, FERNANDO, 2008; YUSUF, FRANCISCO, 2009; MAPLECROFT, 2010).

Pontuação - 1 (menos um) é atribuída quando não há nenhuma conscientização e comunicação na população sobre a vulnerabilidade climática, com falta de compreensão dos riscos e desafios associados. Isso aumenta significativamente a vulnerabilidade, pois uma população desinformada tende a subestimar os perigos climáticos e pode não estar preparada para lidar adequadamente com eventos extremos, resultando em menor capacidade de construir resiliência (BIRKMANN, FERNANDO, 2008; YOO, HWANG, CHOI, 2011; NIGHTINGALE, 2017).

O indicador *Nível de monitoramento, controle e vigilância na região*.

Nota 1 (um) seria atribuída quando há um alto nível de monitoramento, controle e vigilância na região. O que indica uma menor vulnerabilidade, pois sistemas bem estabelecidos e eficientes permitem a identificação precoce de ameaças climáticas, possibilitando respostas rápidas e eficazes para proteger a população e os recursos locais (ADGER et al., 2004; BALICA, WRIGHT, 2009; MEYER, 2019).

Nota 0 (zero) seria dada quando há um nível médio de monitoramento, controle ou vigilância, com sistemas em funcionamento, mas que podem não ser tão abrangentes ou eficientes quanto o necessário. Isso sugere uma vulnerabilidade moderada, pois embora existam mecanismos de acompanhamento, ainda há margem para melhorias na eficácia e na cobertura dos sistemas de alerta e resposta (YUSUF, FRANCISCO, 2009; NIGHTINGALE, 2017; MEYER, 2019).

Por outro lado, nota -1 (menos um) seria considerada quando não há nenhum tipo de monitoramento, controle ou vigilância na região. Isso aumenta significativamente a vulnerabilidade, pois a falta de sistemas de monitoramento deixa a população despreparada para lidar com eventos climáticos extremos, aumentando o risco de danos e dificultando a construção de resiliência (ADGER et al., 2004; BALICA, WRIGHT, 2009; YUSUF, FRANCISCO, 2009; NIGHTINGALE, 2017; MEYER, 2019).

O indicador *Financiamento para o planejamento, execução e avaliação das medidas de adaptação*.

Pontuação 1 (um) é dada quando há financiamento suficiente e constante para as ações de adaptação. Isso representa uma vulnerabilidade reduzida, pois o direcionamento adequado de recursos financeiros possibilita a implementação eficaz de estratégias de adaptação, assegurando a proteção das comunidades e a redução dos impactos climáticos (NIGHTINGALE, 2017; MEYER, 2019).

Nota 0 (zero) seria distribuída quando o financiamento para as medidas de adaptação é parcial ou inadequado. Isso indica uma vulnerabilidade moderada, pois pode haver algum suporte financeiro que resolve parcialmente algumas soluções (NIGHTINGALE, 2017).

De outro modo, nota -1 (menos um) seria classificada quando há falta total de financiamento para medidas de adaptação. Isso aumenta significativamente a vulnerabilidade, pois a ausência de recursos financeiros compromete a capacidade das comunidades em se prepararem e se adaptarem aos impactos climáticos, tornando-as mais suscetíveis a danos e dificultando a construção de resiliência a longo prazo (NIGHTINGALE, 2017; MEYER, 2019).

O resumo desta sessão se encontra em baixo na Tabela 2.

Tabela 1. Resumo das variáveis, indicadores, critérios de avaliação e a métrica da Sensibilidade.
Fonte: elaborada pela autora

Sensibilidade			
Variável	Indicador	Critério	Métrica
Condição do ambiente construído	Tipo de material usado na construção da edificação	O uso inadequado de materiais de construção em relação ao clima local, assim como sua baixa durabilidade, torna uma área urbana mais sensível aos impactos ambientais.	1 – materiais apropriados para o clima e contribuem positivamente para a qualidade, durabilidade e segurança da construção. 0 – materiais que não contribuem significativamente para a qualidade ou a segurança da edificação. -1 – materiais inadequados ao clima local ou de baixa qualidade.
	Condição de proteção do pavimento térreo a inundações	A falta de estratégias de proteção como a elevação do primeiro pavimento e a implementação de barreiras físicas ou sistemas de drenagem eficientes aumentam a sensibilidade de uma área urbana.	1 – possui algum tipo de proteção contra inundações 0 – não tem proteção, mas também não abriga atividades ou bens importantes -1 – não possui meios de defesa contra os danos causados pela água
	Presença de	A presença de áreas verdes na	1 – cobertura verde adequada

	cobertura vegetal na área urbana	cidade ajuda a reduzir ilhas de calor, aliviar o estresse urbano e melhorar a drenagem pluvial, tornando o sistema urbano menos sensível.	para aquela região 0 – com presença insignificativa de cobertura vegetal -1 – sem nenhuma presença de áreas verdes
Patrimônio cultural	Presença do patrimônio material	A presença de bens tangíveis que representam a cultura e a identidade das comunidades costeiras pode torná-las mais sensíveis, pois podem ser danificados resultando na perda irreparável de partes da história.	1 – sem presença de nenhum patrimônio material 0 – presença de patrimônio material que poderia ser transferido ou deslocado - 1 – presença de patrimônio material
	Presença do patrimônio imaterial	A falta de adaptação e recursos para proteger os povos tradicionais, bem como os locais de rituais e atividades culturais, pode levar à perda deste patrimônio, tornando esses lugares mais sensíveis.	1 – sem presença de nenhum patrimônio imaterial 0 – presença de patrimônio imaterial que poderia ser transferido ou deslocado - 1 – presença de patrimônio imaterial
Infraestruturas básicas	Acesso à água potável	A falta de acesso à água potável, que afeta diretamente a saúde e o bem-estar das pessoas, amplia a sensibilidade de uma região.	1 – cobertura total de área com acesso à água potável 0 – falta parcial de acesso à água potável, mas existem outras fontes de abastecimento - 1 – falta total de acesso à água potável
	Instalações sanitárias	A falta de instalações sanitárias que representa um risco para a saúde das pessoas e aumenta a propagação de doenças, tornando a área urbana mais sensível.	1 – cobertura total de área com instalações sanitárias 0 – as instalações sanitárias estão parcialmente disponíveis, mas ainda há áreas que não possuem esse serviço - 1 – falta total de instalações sanitárias
	Acesso à energia elétrica	A falta de eletricidade prejudica a qualidade de vida das pessoas e limita as oportunidades de desenvolvimento e resiliência da comunidade tornando esta região mais sensível.	1 – cobertura total de área com eletricidade 0 – parte da área possui acesso à energia elétrica e parte não possui - 1 – falta total de eletricidade
Estabelecimentos essenciais	Quarteis de bombeiro por habitantes	A quantidade e a distribuição dos quarteis de bombeiro podem reduzir as alternativas de apoio em situações emergências tornando o sistema mais sensível.	1 – quarteis de bombeiros suficientes por habitantes 0 – distância considerável do quartel de bombeiros ou a existência do outro estabelecimento essencial mais próximo - 1 – poucos quarteis por muitos habitantes
	Delegacias de polícia por habitantes	A redução de delegacias de polícia pode resultar em baixa cobertura policial, aumento dos tempos de resposta a emergências e a incidência de crimes, ampliando a	1 – delegacia de polícia suficiente por habitantes 0 – distância considerável da delegacia de polícia ou a existência do outro estabelecimento essencial

		sensibilidade de uma área urbana.	mais próximo - 1 – poucas delegacias por muitos habitantes
	Abrigos temporários	A quantidade reduzida de edifícios designados como abrigos temporários que poderiam fornecer os locais seguros e preparados durante os desastres pode tornar o local mais sensível.	1 – abrigo temporário mais próximo 0 – abrigo temporário disponível, mas com limitações na preparação para emergências ou no atendimento das necessidades básicas - 1 – abrigo temporário muito distante
Acesso a infraestrutura	Acesso ao sistema de transporte público	O acesso limitado ao transporte público, que resulta em rotas de evacuação mal planejadas e falta de conectividade, pode comprometer a mobilidade durante eventos extremos, tornando as áreas urbanas mais sensíveis.	1 – acesso fácil e próximo ao transporte público 0 – sem acesso ao transporte público, mas com alternativas de mobilidade - 1 – sem acesso ou distancias longas até o transporte público
	Densidade rodoviária	A baixa densidade rodoviária pode aumentar a sensibilidade de uma área urbana devido à falta de vias alternativas em situações críticas, evacuação e distribuição de recursos essenciais.	1 – alta densidade rodoviária 0 – rodoviárias com um equilíbrio entre a quantidade de vias e o fluxo de tráfego -1 – baixa densidade rodoviária
	Residências sem veículo	Maior número de domicílios sem veículo nas áreas urbanas amplia a sensibilidade, dificultando o acesso a necessidades básicas e sobrecarregando os serviços públicos em momentos de crise.	1 – residências possuem veículos em quantidade adequada 0 – residências possuem veículos, mas em número insuficiente para atender as necessidades em uma viagem só -1 – residências não possuem veículos
	Posto de gasolina por habitantes	A redução de número de postos de gasolina resulta em problemas de abastecimento e atrasos em evacuações e serviços essenciais, aumentando a sensibilidade de uma área.	1 – postos de gasolina suficientes por habitante 0 – postos de gasolina reduzidos - 1 – falta de postos de gasolina
Serviços médicos e sistemas de saúde	Posto de saúde e hospital por habitantes	A quantidade menor de unidades de saúde gera maior demanda por serviços, dificulta atendimento emergencial, prejudica a prevenção de doenças tornando o local mais sensível.	1 – unidades de saúde suficientes por habitante 0 – unidades de saúde reduzidas - 1 – falta de qualquer unidade de saúde
	Número médio de leitos disponíveis por habitantes	A falta de leitos suficientes pode aumentar a sensibilidade de uma região devido à limitação no atendimento em situações críticas, levando a atrasos, menor qualidade de	1 – leitos disponíveis suficientes por habitante 0 – leitos disponíveis reduzidos - 1 – inexistência de leitos disponíveis

		cuidados e maior risco de complicações.	
	Número de médicos por habitantes	Menos médicos por habitante prolonga tempos de espera por consultas e tratamentos, prejudica a qualidade de atendimento e dificulta as respostas emergenciais tornando o local mais sensível.	1 – quantidade suficiente de médicos por habitantes 0 – quantidade reduzida de médicos - 1 – falta total de médicos
	Proximidade de farmácias	A distância longa até a farmácia dificulta o acesso rápido a medicamentos e aumenta o risco de complicações, agravando problemas de saúde e tornando a área mais sensível.	1 – farmácias suficientes em uma região 0 – farmácias reduzidas - 1 – inexistência de farmácias dentro de uma área
Acesso à tecnologia	Acesso à Internet	O acesso limitado à Internet pode tornar um lugar mais sensível, dificultando a disponibilidade de informações importantes, comunicação em caso de emergência e o uso de serviços online essenciais.	1 – acesso à Internet é amplo e abrangente 0 – acesso à Internet é moderado e está disponível para a maioria dos residentes, mas pode haver áreas ou populações específicas com acesso limitado - 1 – acesso à Internet é limitado ou inexistente na região
	Acesso a rádio, TV ou celular	A falta de acesso a meios de comunicação tradicionais dificulta a transmissão de informações tanto cotidianas quanto urgentes, o que torna uma área urbana mais sensível.	1 – acesso a rádio, TV ou celular é amplo e abrangente 0 – acesso a pelo menos um meio de comunicação - 1 – acesso a meios de comunicação tradicionais é limitado ou inexistente na região
	Cobertura do sistema de alerta	Falta de alcance do sistema de alerta amplia a sensibilidade de uma área urbana, já que menos pessoas receberão informações cruciais sobre os desastres, levando a atrasos na evacuação e dificuldades na coordenação de esforços.	1 – sistema de alerta abrange amplamente a região 0 – sistema de alerta é parcial, com áreas ou populações específicas que podem não receber alertas ou informações de forma adequada - 1 – sistema de alerta é inadequado ou inexistente na região

Tabela 2. Resumo das variáveis, indicadores, critérios de avaliação e a métrica da Capacidade Adaptativa.

Fonte: elaborada pela autora

Capacidade adaptativa			
Variável	Indicador	Critério	Métrica
Grupos marginalizados	A participação dos grupos marginalizados nos processos políticos	A exclusão dos grupos marginalizados das decisões políticas resulta em ações de adaptação menos eficazes e na falta de voz para exigir recursos e serviços adequados, o que diminui a capacidade adaptativa destas comunidades.	1 – envolvimento total nos processos políticos 0 – participação parcial ou limitada -1 – exclusão sistemática e significativa dos processos políticos
	População dependente de serviços sociais públicos	A dependência exclusiva de serviços sociais públicos reduz a capacidade adaptativa das comunidades, pois limita a diversificação das fontes de suporte socioeconômico.	1 – não depende somente da ajuda e apoio social 0 – acesso parcial aos serviços sociais públicos ou existência de outros meios de suporte -1 – dependência exclusiva de serviços sociais sem nenhum outro suporte socioeconômico
	População em situação de rua	A falta de abrigo seguro durante tempestades e inundações, juntamente com a dificuldade em acessar informações e serviços essenciais, falta de suporte social e infraestrutura adequada limita a capacidade adaptativa da população nas áreas urbanas costeiras.	1 – inexistência de população de rua na região 0 – existem moradores de rua naquela região, mas há instituições ou recursos disponíveis que oferecem abrigo e apoio a essas pessoas - 1 – número alto de população de rua
População dependente	Famílias com membros que têm necessidades especiais	O número maior de famílias com membros deficientes, com doenças crônicas ou mentais pode restringir a capacidade adaptativa devido à sobrecarga de cuidados, dificuldade na mobilidade e a necessidade de estratégias adaptativas específicas.	1 – poucas famílias com membros que têm necessidades especiais 0 – famílias com membros nessas condições, porém, com um baixo nível de deficiência ou necessidade -1 – número alto de famílias com membros que têm necessidades especiais
	Famílias com crianças < 6 anos ou com idosos > 65 anos	A maior presença de famílias com crianças pequenas ou idosos, que enfrentam desafios de saúde e mobilidade e têm menos recursos para preparação e recuperação, diminui a capacidade adaptativa desses lugares.	1 – número reduzido de famílias com crianças ou idosos 0 – famílias com essas características, porém em uma proporção considerada equilibrada ou com outros membros da família capazes de ajudar nos cuidados -1 – número elevado de famílias com crianças ou idosos

Educação	População analfabeta	A predominância de indivíduos analfabetos em uma comunidade compromete sua capacidade adaptativa, pois limita o acesso à informação, dificulta a compreensão de alertas e restringe a participação em iniciativas de planejamento.	1 – inexistência de pessoas analfabetas na região 0 – presença de pessoas analfabetas na população, mas com acesso a recursos ou programas de alfabetização -1 – número significativo de pessoas analfabetas na população
	População que não completou o ensino médio	O número alto de população sem conclusão do ensino médio que reflete na exclusão social e na limitação das oportunidades de emprego e renda pode impactar negativamente a capacidade adaptativa.	1 – inexistência de pessoas sem o ensino médio na região 0 – presença de pessoas que não completaram o ensino médio na população, mas com acesso a programas de educação continuada -1 – população total completou o ensino médio
Rede social	Famílias sem parentes nos outros bairros ou cidades	A falta de conexões familiares em outras regiões reduz as opções seguras de realocação no caso de um desastre na região onde residem. Isso pode resultar em dificuldades adicionais durante evacuações ou na busca por abrigos seguros durante eventos extremos, o que reduz a capacidade adaptativa.	1 – existência de parentes em outras regiões 0 – sem parentes em outras regiões, mas com acesso a recursos e serviços locais que podem compensar essa falta - 1 – sem parentes nos outros bairros ou cidades
	Famílias que não tem envolvimento com ONG	As famílias sem apoio de ONG podem ter limitação de acesso a recursos, informações e suporte durante crises. A falta de assistência, distribuição de suprimentos e acesso a redes de apoio e solidariedade pode diminuir a capacidade adaptativa destas famílias e das comunidades.	1 – famílias que recebem suporte de alguma ONG 0 – famílias sem envolvimento com ONG, mas com acesso a recursos e serviços locais que podem compensar essa falta de conexão institucional -1 – famílias sem nenhum envolvimento com ONG
Renda	Famílias que ganham menos de um salário-mínimo por mês	O número alto de famílias com renda inferior a um salário mínimo enfrentam dificuldades para atender às necessidades básicas, além de desafios ao investir em preparação e resiliência, o que compromete a capacidade adaptativa destas comunidades.	1 – famílias predominantes que ganham mais de um salário mínimo em renda conjunta 0 – famílias que ganham menos de um salário mínimo, mas tem fontes alternativas de renda - 1 – número alto de famílias que ganham menos de um salário-mínimo por mês
	Famílias dependentes apenas de um setor econômico ou de recursos	A dependência exclusiva de um setor econômico ou de recursos naturais limita a diversificação de renda e oportunidades de emprego,	1 – poucas famílias na região dependem de um setor econômico ou de recursos naturais 0 – famílias dependentes,

	naturais	diminuindo a capacidade adaptativa das comunidades.	mas com acesso a redes de apoio social, programas de assistência e oportunidades de emprego -1 – número elevado de famílias com recursos limitados de diversificação de renda
Governança e políticas públicas	Existência de um plano e cumprimento das regras do plano de gestão	A falta de um plano de gestão e o descumprimento de suas regras dificultam a resposta eficiente a desastres, prejudicando a resiliência e a recuperação após os eventos extremos, resultando na redução da capacidade adaptativa da comunidade.	1 – existe um plano de gestão bem estruturado e implementado 0 – existe um plano de gestão, mas o cumprimento das suas regras e diretrizes é inconsistente ou parcial -1 – não houver um plano de gestão estabelecido ou se as regras do plano não forem cumpridas de forma alguma
	Nível de conscientização e comunicação sobre a vulnerabilidade	Um nível baixo de conscientização e comunicação sobre a vulnerabilidade pode reduzir a capacidade adaptativa da população por não estar adequadamente informada sobre os riscos e desafios e uma falta de compreensão da gravidade do problema e da necessidade de ação.	1 – há um alto nível de conscientização e comunicação na população sobre os riscos e desafios associados à vulnerabilidade 0 – há um nível médio de conscientização e comunicação, mas ainda existem lacunas ou falta de engajamento significativo da população -1 – sem nenhuma conscientização e comunicação na população sobre a vulnerabilidade, com falta de compreensão dos riscos e desafios associados
	Nível de monitoramento, controle e vigilância na região	O grau insatisfatório de monitoramento, controle e vigilância na região não permite a detecção precoce de eventos climáticos, dificultando a antecipação de ações necessárias e implementação de medidas preventivas reduzindo a capacidade adaptativa dessa área.	1 – alto nível de monitoramento, controle e vigilância na região 0 – há um nível médio de monitoramento ou de controle ou de vigilância, quando existem sistemas em funcionamento, porém podem não ser tão abrangentes ou eficientes quanto o necessário -1 – sem monitoramento, controle ou vigilância na região
	Financiamento para o planejamento, execução e avaliação das medidas de adaptação	A falta de recursos financeiros impede a implementação e execução dos planos, dificulta a realização de pesquisas e avaliação das medidas já feitas, o que limita a capacidade adaptativa da região.	1 - há um financiamento adequado e contínuo para as medidas de adaptação 0 - financiamento para medidas de adaptação é parcial ou insuficiente -1 - falta total de financiamento para medidas de adaptação

A análise feita nas páginas anteriores demonstrou que 22 indicadores estão representando as variáveis de Sensibilidade e 15 indicadores caracterizam as variáveis de Capacidade adaptativa. Cada um desses indicadores pode receber uma nota de 1, 0 ou -1. O somatório das notas de Sensibilidade apresenta uma variação máxima que vai de 22 até -22, enquanto o de Capacidade adaptativa pode variar de 15 até -15. Essa amplitude é determinada pelas classificações individuais de cada indicador, onde cada nota reflete o grau de Sensibilidade ou de Capacidade adaptativa em relação à vulnerabilidade climática.

Para avaliar cada resultado possível, o resultado de somatório dessas notas foi categorizado em três grupos: categoria A, B, C. Essas categorias vão ter resultados diferentes para cada componente de vulnerabilidade.

Na Tabela 3 está apresentada a classificação de resultados de Sensibilidade em três categorias. Na Tabela 4 está apresentada a classificação de resultados de Capacidade adaptativa em três categorias.

Tabela 3. Faixas do somatório das notas de Sensibilidade classificadas em três categorias
Fonte: elaborada pela autora

A	22 e 8	nível baixo de Sensibilidade
B	8 e -8	nível médio de Sensibilidade
C	-8 e -22	nível alto de Sensibilidade

Tabela 4. Faixas do somatório das notas de Capacidade adaptativa classificadas em três categorias
Fonte: elaborada pela autora

A	15 e 5	nível alto de Capacidade adaptativa
B	5 e -5	nível médio de Capacidade adaptativa
C	-5 e -15	nível baixo de Capacidade adaptativa

A avaliação completa da vulnerabilidade climática requer a análise cuidadosa de dois componentes: Sensibilidade e Capacidade adaptativa. A sensibilidade refere-se à resposta de um sistema à mudança climática, sendo alta quando esse sistema é particularmente suscetível a tal mudança. Por outro lado, a capacidade adaptativa diz respeito à habilidade desse sistema em lidar com essas mudanças e se ajustar a elas de forma eficiente. Quando a Sensibilidade é baixa e a Capacidade adaptativa é alta, há uma redução significativa na vulnerabilidade do sistema às adversidades climáticas. Essa combinação de baixa Sensibilidade e alta Capacidade adaptativa resulta no controle da vulnerabilidade e na promoção da resiliência do sistema.

É importante destacar que, embora as tabelas de classificação possam apresentar as mesmas letras para categorias de Sensibilidade e Capacidade adaptativa, os significados associados a elas são distintos.

Na categoria A de Sensibilidade, a alta pontuação indica região com baixa suscetibilidade que são menos propensas a sofrer danos e perdas significativas em decorrência de eventos climáticos extremos, como secas, inundações, furacões e outros. Isso é um ponto positivo na redução da vulnerabilidade, pois indica que as características físicas e estruturais da região são menos suscetíveis aos impactos climáticos adversos.

Por outro lado, quando a Capacidade adaptativa é classificada como categoria A, percebe-se um cenário igualmente positivo, mas com a indicação alta de capacidade de respostas. Uma pontuação elevada nesta categoria aponta que a região possui uma capacidade alta de lidar com os desafios e mitigar os danos causados pelos eventos climáticos extremos. Essa característica, da mesma forma, contribui positivamente na avaliação de vulnerabilidade climática.

Quanto à categoria C, representando a Sensibilidade alta e a Capacidade adaptativa baixa, como uma condição negativa na diminuição de vulnerabilidade.

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados do cruzamento dos dados das análises anteriores dos dois componentes de vulnerabilidade. Essa análise conjunta é essencial para uma compreensão completa do perfil de vulnerabilidade de uma determinada região. Os números e categorias presentes na tabela refletem a interação complexa entre a suscetibilidade às condições climáticas adversas (Sensibilidade) e a capacidade de resposta e adaptação a essas condições (Capacidade adaptativa). A interpretação desses resultados permite identificar áreas de alto risco, onde a sensibilidade é elevada e a capacidade adaptativa é limitada, assim como áreas de menor vulnerabilidade, onde a Sensibilidade é baixa e a Capacidade adaptativa é forte.

Tabela 5. Possíveis resultados de cruzamento das classificações de Sensibilidade e da Capacidade Adaptativa

Fonte: elaborada pela autora

Sensibilidade	A	B	C
Capacidade adaptativa			
A	AA	BA	CA
B	AB	BB	CB
C	AC	BC	CC

A partida para etapa final na avaliação de vulnerabilidade visa detalhar os resultados da Tabela 5, de acordo com a classificação do nível de vulnerabilidade apresentado. Essa categorização vai servir como suporte na identificação das áreas que requerem intervenções imediatas e a implementação de medidas de adaptação diante da mudança climática.

Na Tabela 6 foram exibidos e interpretados os resultados do cruzamento das classificações de Sensibilidade e da Capacidade Adaptativa.

Tabela 6. Classificação de resultados apresentados na tabela 5 dividido nas faixas de acordo com nível de vulnerabilidade representada.

Fonte: elaborada pela autora

AA	muito baixa	nível baixo de Sensibilidade / nível alto de Capacidade adaptativa
AB	baixa	nível baixo de Sensibilidade / nível médio de Capacidade adaptativa
BA		nível médio de Sensibilidade / nível alto de Capacidade adaptativa
BB	mediana	nível médio de Sensibilidade / nível médio de Capacidade adaptativa
AC		nível baixo de Sensibilidade / nível baixo de Capacidade adaptativa
CA		nível alto de Sensibilidade / nível alto de Capacidade adaptativa
BC	alta	nível médio de Sensibilidade / nível baixo de Capacidade adaptativa
CB		nível alto de Sensibilidade / nível médio de Capacidade adaptativa
CC	muito alta	nível alto de Sensibilidade / nível baixo de Capacidade adaptativa

Ao detalhar os resultados conforme essa classificação é possível compreender melhor a extensão de vulnerabilidade enfrentada em diferentes localidades. Cada combinação de níveis de Sensibilidade e Capacidade adaptativa representa um cenário específico que pode aumentar ou diminuir a vulnerabilidade de uma determinada região ou comunidade.

A categoria AA, representando um nível baixo de Sensibilidade e alto de Capacidade Adaptativa, delineia um cenário onde a vulnerabilidade diante de eventos climáticos extremos é muito baixa. Isso aponta para a região que possui uma menor probabilidade de ser impactada negativamente por tais eventos, ao mesmo tempo em que possui recursos e capacidades fortes para se adaptar e reagir de maneira eficaz a essas situações desafiadoras. Dessa forma, a categoria AA não apenas sugere uma menor exposição a riscos climáticos, mas também reflete um cenário onde a região está bem equipada para enfrentar desafios, minimizar danos e recuperar-se de forma rápida e eficiente.

Categorias AB e BA caracterizam a vulnerabilidade baixa. O que significa que ela apresenta um baixo nível de Sensibilidade aos eventos climáticos e uma Capacidade adaptativa média ou alta. Esse cenário sugere que a região tem uma menor probabilidade de ser impactada negativamente por eventos extremos. Além

disso, a região possui recursos e capacidades razoáveis para se adaptar e responder de forma efetiva a esses acontecimentos, o que é importante para mitigar os danos e proteger a população, a infraestrutura e os ecossistemas locais. Essa classificação indica que a região está em uma posição relativamente favorável em termos de sua capacidade de lidar com os desafios climáticos, mas ainda pode se beneficiar de medidas contínuas de adaptação e resiliência para garantir sua sustentabilidade a longo prazo.

Categorias BB, AC e CA sinalizam quando tanto o grau de Sensibilidade quanto o de Capacidade adaptativa são classificados como médios, altos ou baixos, o que representa a vulnerabilidade mediana. Nesse cenário, um aspecto é equilibrado pelo outro, resultando em um ponto intermediário em termos de exposição aos riscos climáticos e capacidade de resposta. Quando ambos os níveis são médios, isso indica que a região tem uma sensibilidade moderada aos eventos climáticos, ao mesmo tempo em que possui uma capacidade adaptativa adequada para lidar com esses eventos. Da mesma forma, se tanto a Sensibilidade quanto a Capacidade adaptativa são consideradas altas, isso também resulta em uma vulnerabilidade mediana. Isso porque a alta sensibilidade é compensada pela forte capacidade de adaptação da região, permitindo uma resposta eficaz aos desafios climáticos. Por outro lado, quando tanto a Sensibilidade quanto a Capacidade adaptativa são baixas, isso, da mesma forma, representa a vulnerabilidade mediana. Apesar da baixa sensibilidade, a capacidade limitada de adaptação equilibra a situação, impedindo que a região se torne excessivamente vulnerável.

Quando a vulnerabilidade é alta, ela é representada pelas categorias BC e CB tem a combinação de Sensibilidade moderada ou alta e Capacidade adaptativa baixa ou média. No caso de um nível médio de Sensibilidade e baixa Capacidade adaptativa, a região enfrenta desafios significativos, pois é moderadamente sensível a eventos climáticos, mas não possui os recursos necessários para lidar eficientemente com esses eventos. Essas condições aumentam os riscos e impactos adversos para a população, infraestrutura e ecossistemas locais, tornando-a mais vulnerável a danos e interrupções. Quando um nível alto de Sensibilidade e Capacidade adaptativa média também resulta em um cenário de vulnerabilidade alta. Apesar de possuir uma capacidade razoável de se adaptar, a alta sensibilidade da região a eventos climáticos a coloca em risco devido à probabilidade elevada de impactos negativos. A Capacidade adaptativa média

pode não ser suficiente para lidar com a magnitude desses impactos, resultando em desafios significativos para a região. Em ambos os casos, um nível de vulnerabilidade ruim indica a necessidade urgente de medidas adaptativas e de mitigação para fortalecer a resiliência da região e reduzir os riscos associados aos eventos climáticos.

Categoria CC, caracterizada por um elevado nível de Sensibilidade e uma Capacidade adaptativa reduzida, especifica um cenário que aumenta drasticamente a vulnerabilidade climática, levando ela para nível muito alto. Nessa situação, a região é altamente suscetível a sofrer impactos negativos decorrentes de eventos climáticos, e sua capacidade de se adaptar e responder de maneira eficaz a esses eventos é limitada. O alto nível de Sensibilidade indica que a região possui uma série de fatores que a tornam mais propensa a ser afetada de maneira negativa por eventos climáticos extremos, como elevação do nível do mar, aumento da frequência e intensidade de tempestades, entre outros. A baixa Capacidade Adaptativa indica que a região não possui os recursos, infraestrutura ou planos de contingência adequados para lidar de forma rápida e eficaz com esses desafios.

Com base nessas classificações, as ações necessárias para reduzir a vulnerabilidade podem variar.

Para cenários de vulnerabilidade muito baixa, as ações necessárias podem incluir o fortalecimento de infraestruturas resilientes, o desenvolvimento de planos de contingência e a promoção de práticas sustentáveis para manter esse status positivo.

Regiões com vulnerabilidade baixa precisam focar em aprimorar sua capacidade adaptativa, educando e conscientizando a população sobre os riscos climáticos. Além disso, oferecer treinamento em resposta a emergências, planejar de forma sustentável o desenvolvimento urbano para minimizar danos e continuar protegendo a população.

Nas categorias de vulnerabilidade mediana, é essencial equilibrar a sensibilidade e a capacidade adaptativa. Isso pode ser feito investindo em tecnologias, diversificando a economia para reduzir dependências vulneráveis e desenvolver planos de adaptação climática eficientes e orientadas para lugares certos.

Regiões com nível de vulnerabilidade alta precisam de ações urgentes para fortalecer sua capacidade adaptativa e reduzir a sensibilidade. Isso pode incluir

investimentos em infraestrutura resiliente, capacitação da comunidade e capacidade técnica, políticas de redução de riscos e promoção de práticas sustentáveis para minimizar danos e proteger a população e os ecossistemas locais.

No cenário crítico, onde o nível de vulnerabilidade é classificado como muito alto, as ações podem ser mais intensivas com medidas de adaptação e mitigação em larga escala. Isso pode envolver os investimentos em infraestrutura adaptativa, desenvolvimento de sistemas de alerta precoce eficientes, capacitação da comunidade para lidar com emergências e políticas de gestão de riscos climáticos adequadas.

Em resumo, as ações para reduzir a vulnerabilidade devem ser adaptadas às condições específicas de cada região, considerando suas características, necessidades e desafios climáticos. O envolvimento de múltiplos setores da sociedade é fundamental para implementar medidas eficazes e promover a resiliência diante da mudança climática.

4.2.4

Discussão dos resultados

Ao longo do tempo, várias metodologias foram desenvolvidas para a avaliação de vulnerabilidade. No entanto, é um processo que não permite a aplicação de uma regra única, pois cada caso é distinto e depende de uma série de fatores específicos. Esses fatores incluem a disponibilidade de informações, características ambientais locais, contextos sociais e econômicos, e aspectos críticos particulares da área em questão. Além disso, as diferentes abordagens adotadas por pesquisadores e especialistas contribuem para a complexidade desse processo de avaliação. A minha dissertação visa adicionar à experiência nessa área ao introduzir mais uma metodologia possível, especificamente refletida para áreas costeiras.

A ferramenta metodológica de avaliação de vulnerabilidade desenvolvida neste trabalho se revelou uma contribuição significativa para a área de planejamento de políticas públicas de adaptação e resiliência. Sua versatilidade permite que seja aplicada tanto como uma avaliação de vulnerabilidade geral de um determinado lugar, quanto para uma avaliação específica, utilizando as

categorias selecionadas para orientar ações de adaptação e mitigação de forma mais precisa.

Por outro lado, para muitos indicadores estão disponíveis apenas os dados passados do último censo, que podem ter até 10 ou 20 anos. A falta de dados atualizados representa um desafio significativo na avaliação da vulnerabilidade atual devido à natureza dinâmica das condições socioeconômicas, ambientais e climáticas. Os dados desatualizados não refletem com precisão as mudanças e evoluções que ocorreram ao longo do tempo, tornando difícil avaliar com precisão os riscos e as necessidades atuais das comunidades. Além disso, a falta de dados recentes pode resultar em uma subestimação ou superestimação dos impactos reais da vulnerabilidade, prejudicando assim a formulação de estratégias eficazes de adaptação e resiliência.

Uma das vantagens fundamentais dessa estratégia é a facilidade de acesso aos dados necessários para a avaliação. Muitas vezes, esses dados estão disponíveis e são de acesso livre, permitindo que qualquer instituição governamental ou privada possa utilizá-los para aprimorar suas estratégias de enfrentamento dos desafios climáticos. Isso promove a transparência, a colaboração e a eficácia das medidas implementadas, já que os dados são baseados em informações confiáveis e atualizadas. Essa estratégia de avaliação de vulnerabilidade pode ser aplicada em uma variedade de casos e contextos relacionados aos desafios climáticos e ambientais.

A ferramenta pode ser utilizada para avaliar a vulnerabilidade de áreas urbanas e regionais a eventos climáticos extremos, como inundações, tempestades e secas. Isso ajuda na identificação de áreas mais suscetíveis e na definição de estratégias de adaptação e mitigação. Além disso, a ferramenta pode ser utilizada para avaliar a vulnerabilidade de comunidades locais, especialmente aquelas em áreas de risco, como nas zonas costeiras. Isso permite o desenvolvimento de planos de ação voltados para a proteção dessas comunidades e a melhoria de sua capacidade de resposta a eventos climáticos adversos. Da mesma forma, essa estratégia metodológica de avaliação de vulnerabilidade pode ser útil para embasar a formulação de políticas públicas relacionadas à adaptação e resiliência climática nas áreas costeiras, fornecendo dados e análises que subsidiem decisões estratégicas para reduzir a vulnerabilidade e promover o desenvolvimento sustentável.

A importância de entender que a avaliação de vulnerabilidade sempre vai depender de caso a caso reside na complexidade das variáveis humanas, que não podem ser universalizadas. Cada comunidade possui características únicas, como estruturas sociais, econômicas e culturais, que influenciam sua capacidade de enfrentar e se adaptar às adversidades. Além disso, existem conflitos específicos no território que podem impactar significativamente a vulnerabilidade de uma região. Esses conflitos podem variar desde disputas por recursos naturais até questões políticas e sociais, exigindo uma análise contextualizada e específica para cada situação. Portanto, a avaliação de vulnerabilidade deve ser feita de maneira individualizada, levando em consideração as particularidades de cada localidade, para que as estratégias de mitigação e adaptação sejam realmente eficazes e atendam às necessidades específicas de cada comunidade. Isso destaca a impossibilidade de uma medição universal de vulnerabilidade, reforçando a necessidade de abordagens customizadas que respeitem as diversidades e dinâmicas locais.

Autoridades governamentais em níveis municipal, estadual e nacional podem empregar a ferramenta para orientar políticas públicas relacionadas à adaptação e resiliência climática. Assim como as ONGs envolvidas em questões ambientais e de desenvolvimento podem utilizar a ferramenta para apoiar iniciativas de conscientização, capacitação comunitária e advocacia em prol de medidas de adaptação e mitigação. Além disso, as próprias comunidades locais, lideranças comunitárias, organizações de base e moradores podem aproveitar a ferramenta para entender os riscos climáticos enfrentados por suas comunidades e colaborar no desenvolvimento de planos de ação e estratégias de adaptação.

É fundamental que os tomadores de decisão utilizem as informações e estratégias desta ferramenta para definir as prioridades e direcionar recursos e implementar políticas eficazes de adaptação e mitigação para os lugares de maior urgência.

5.

Conclusão

A humanidade está enfrentando um cenário em que o aquecimento global atingiu níveis preocupantes e muitos dos limites planetários essenciais já foram ultrapassados. Esse contexto de mudança climática representa uma série de desafios e incertezas para a sociedade, com impactos significativos nas comunidades costeiras. O aumento das temperaturas, a elevação do nível do mar e a intensificação de eventos climáticos extremos são apenas algumas das consequências que ampliam a vulnerabilidade dessas comunidades nas zonas litorais.

A presente dissertação pontuou a importância de reconhecer os impactos e os riscos associados à mudança climática. Especialmente para as populações costeiras, que representam sérias ameaças à segurança e ao bem-estar das pessoas que habitam nessas áreas. Diante desse cenário, é fundamental adotar ações efetivas de adaptação e mitigação para proteger vidas e propriedades, promover a sustentabilidade ambiental e fortalecer a resiliência dessas pessoas. Para obter os resultados positivos e eficazes nas ações, primeiramente precisa identificar as áreas e as comunidades mais vulneráveis. Isso permite direcionar as intervenções para os locais onde são mais necessárias.

Com a análise baseada na revisão de literatura, este trabalho visou auxiliar no desenvolvimento de uma ferramenta metodológica de avaliação de vulnerabilidade climática. A estratégia foi elaborada com foco nas áreas urbanas costeiras, a fim de investigar e entender os padrões de vulnerabilidade nessas áreas.

O conceito de vulnerabilidade abrange diversos aspectos multidimensionais, como socioeconômicos, ambientais e biofísicos. A análise das abordagens existentes apontou que a avaliação deveria incluir as variáveis correlacionadas com os dois componentes da vulnerabilidade, ou seja, sensibilidade e capacidade de adaptação das comunidades que representam. Além disso, os estudos demonstraram a importância da abordagem de vulnerabilidade baseada em indicadores socioeconômicos reconhecendo a interdependência entre aspectos climáticos, sociais, econômicos e culturais na determinação da vulnerabilidade.

A ferramenta apresentada neste trabalho foi baseada nos dois componentes da vulnerabilidade representados pelas variáveis e indicadores. Utilizando a opinião de especialistas foram selecionadas 7 (sete) variáveis e 22 (vinte e dois) indicadores de Sensibilidade. São aqueles que evidenciam as fragilidades do ambiente construído, infraestruturas básicas e estabelecimentos essenciais. Bem como a falta de acesso aos serviços médicos e à tecnologia, que contribuem para aumentar a probabilidade de danos à população em frente de eventos extremos. Por outro lado, as variáveis e indicadores de Capacidade adaptativa englobam os recursos, tais como a renda, educação, rede social e políticas públicas. Assim como os ativos sociais disponíveis para superar, adaptar, lidar e fortalecer a resposta diante de danos relacionados à mudança climática. No total foram identificadas 6 (seis) variáveis e 15 (quinze) indicadores de Capacidade adaptativa.

Os indicadores foram cuidadosamente avaliados e classificados com notas variando de 1, 0 a -1, com base em sua relevância para a redução da vulnerabilidade e o fortalecimento da resiliência. Em seguida, foram realizadas simulações para calcular os possíveis resultados, somando as notas individuais de cada indicador. Esses resultados foram divididos em três categorias representando os diferentes aspectos de cada componente de vulnerabilidade. Posteriormente, os resultados dessas categorias foram cruzados entre si e divididos em cinco categorias finais, revelando o nível de vulnerabilidade do local avaliado.

Os resultados obtidos nessa pesquisa ressaltam a necessidade de adotar uma abordagem integrada que leve em conta tanto a Sensibilidade quanto a Capacidade adaptativa ao elaborar estratégias eficazes de adaptação e resiliência. Essa abordagem metodológica é fundamental para garantir a qualidade das medidas implementadas, permitindo uma resposta mais eficiente e sustentável à mudança climática e aos desafios ambientais enfrentados pelas comunidades costeiras.

Apesar dos desafios enfrentados durante a pesquisa, o presente trabalho teve como objetivo contribuir para o desenvolvimento de uma ferramenta metodológica capaz de avaliar a vulnerabilidade de zonas costeiras. Com base nessas informações, é possível elaborar planos e medidas de adaptação e resiliência específicos para cada comunidade litorânea, levando em consideração suas características únicas e necessidades urgentes. Essa abordagem visa orientar

ações efetivas e direcionadas para proteger as populações e promover a sustentabilidade nessas regiões vulneráveis, sendo um passo fundamental na avaliação da vulnerabilidade climática nas áreas costeiras urbanas.

Referência bibliográfica

- ABDUL-RAZAK, M., KRUSE, S. The adaptive capacity of smallholder farmers to climate change in the Northern Region of Ghana. **Climate Risk Management**, v.17, p.104-122, 2017, <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.06.001>
- ABUODHA, P., WOODROFFE, C. Assessing vulnerability to sea-level rise using a coastal sensitivity index: A case study from southeast Australia. **Journal of Coastal Conservation**, v. 14. p. 189-205, 2010, <https://doi.org/10.1007/s11852-010-0097-0>
- ADIGUZEL, F., BOZDOGAN SERT, E., DINC, Y., GUNGOR, S., YUKA, P. Determining the relationships between climatic elements and thermal comfort and tourism activities using the tourism climate index for urban planning: a case study of Izmir Province. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 147, p. 1105–1120, 2022, <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03874-9>
- ADGER, N.W. Social vulnerability to climate change and extremes in coastal Vietnam. **World Development**, v. 27, p. 249-269, 1999
- _____. Social Capital, Collective Action, and Adaptation to Climate Change. **Economic Geography**, v. 79, p. 387 – 404, 2003
- ADGER, N.W., BROOKS, N., BENTHAM, G., AGNEW, M., ERIKSEN, S. New Indicators of Vulnerability and Adaptive Capacity. **Tyndall Centre for Climate Change Research, Technical Paper 7**, Norwich, UK, 2004
- ADGER, N.W., VINCENT, K. Uncertainty in adaptive capacity. **Comptes Rendus Geoscience**, v. 337, p. 399-410, 2005
- ADGER, N.W. Vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 268-281, 2006, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- ADGER, N.W., BROWN, K., NELSON, D.R., BERKES, F., EAKIN, H., FOLKE, C., GALVIN, K., GUNDERSON, L., GOULDEN, M., O'BRIEN, K., RUITENBEEK, J., TOMPKINS, E. L. Resilience implications of policy responses to climate change. **Wiley Interdisciplinary Reviews Climate Change**, v. 2, n. 5, p. 757-766, 2011.
- AHSAN, M. N.; WARNER, J. The socioeconomic vulnerability index: a pragmatic approach for assessing climate change led risks—a case study in the south-western coastal Bangladesh. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 8. p. 32–49, 2014
- AKSHA, S.K., JURAN, L., RESLER, L.M., ZHANG, Y. An Analysis of Social Vulnerability to Natural Hazards in Nepal Using a Modified Social Vulnerability Index. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 10, p. 103–116, 2019, <https://doi.org/10.1007/s13753-018-0192-7>
- ALLISON, E.H., BASSETT, H.R. Climate change in the oceans: human impacts and responses. **Science**, v. 350, n. 6262, p. 778–782, 2015, <https://doi.org/10.1126/science.aac8721>.
- ANDERSON, J.R., HARDY, E.E., ROACH, J.T., WITMER, R.E. **A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data**. Us Geological Survey Professional Paper 964, A Revision of the Land Use Classification System as Presented in U.S. Geological Survey Circular 671, United States Government Printing Office, Washington DC, 1976

- ANEAS DE CASTRO, S.D. Riesgos y Peligros: una visión desde la geografía. **Scripta Nova: Revista Eletrônica de Geografia y Ciencias Sociales**, Barcelona. n.60, 2000
- ANIRATO, S. H. Desafios para a conservação do patrimônio da humanidade diante das mudanças climáticas. Diez años de cambios en el Mundo, **Geografía y en las Ciencias Sociales**, 1999-2008
- ARAYA-MUÑOZ, D., METZGER, M.J., STUART, N., WILSON, A., ALVAREZ, L. Assessing urban adaptive capacity to climate change. **Journal of environmental management**, v. 183, 2016, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.08.060>.
- ARAOS, M., BERRANG-FORD, L., FORD, J., AUSTIN, S., BIESBROEK, R., LESNIKOWSKI, A. Climate change adaptation planning in large cities: A systematic global assessment. **Environmental Science & Policy**, v. 66, 2016 <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.06.009>
- ASHIKIN, N. A., NOR, D.M.I., SIWAR, C.; ALAM, M.M.; YASAR, M. Community Preparation and Vulnerability Indices for Floods in Pahang State of Malaysia. **Land**, vol.10, n.2, p, 1-23, 2021, <https://doi.org/10.3390/land10020198>
- AUERBACH, L., GOODBRED JR, S., MONDAL, D. Flood risk of natural and embanked landscapes on the Ganges–Brahmaputra tidal delta plain. **Nature Climate Change**, v. 5, p. 153–157, 2015, <https://doi.org/10.1038/nclimate2472>
- BABANAWO, D., MATTAH, P.A.D., AGBLORTI, S.K.M., BREMPONG, E.K., MATTAH, M.M., AHETO, D.W. Local Indicator-Based Flood Vulnerability Indices and Predictors of Relocation in the Ketu South Municipal Area of Ghana. **Sustainability**, v. 14, n. 9, p. 56-98, 2022. <https://doi.org/10.3390/su14095698>
- BALICA, S., WRIGHT, N.G. A network of knowledge on applying an indicatorbased methodology for minimizing flood vulnerability. **Hydrological Processes**, v. 23, p. 2983-2986, 2009
- BANKOFF, G. Time Is of the Essence Disasters, Vulnerability and History. **International Journal of Mass Emergencies and Disasters**, v. 22, 2004, <https://doi.org/10.1177/028072700402200303>
- BARALDI, C. B. F., PERUZZO, P. P. Democracia e direitos humanos: a participação social das minorias. **Revista Eletrônica Do Curso De Direito Da UFSM**, v. 10, n. 1, p. 347–370, 2015, <https://doi.org/10.5902/1981369419769>
- BARNETT, J. The dilemmas of normalising losses from climate change: towards hope for Pacific atoll countries. **Asia Pacific Viewpoint**, v. 5, n. 8, p. 3–13, 2017, <https://doi.org/doi:10.1111/apv.12153>
- BARNETT, J., O'NEILL, S. Maladaptation. **Global Environmental Change**, v. 20, p. 211-213, 2010, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.11.004>
- BAUER, A., STEURER, R. National Adaptation Strategies, what else? Comparing adaptation mainstreaming in German and Dutch water management. **Regional Environmental Change**, v. 15, p. 341–352, 2015, <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0655-3>
- BERKES, F., COLDING, J., FOLKE, C. Navigating social-ecological systems: Building resilience for complexity and change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. January 2004. **Ecology and Society**, v. 9, n. 1, 2003, <https://doi.org/10.5751/ES-00601-090101>
- BIGANO, A., BOSELLO, F., ROSON, R., RICHARD S. J. Economy-Wide Impacts of Climate Change: A Joint Analysis for Sea Level Rise and Tourism.

Global Reach of Department of Economics, Ca' Foscari University of Venice Research Paper Series, n. 06, 2008, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1105271>

BINDOFF, N.L., WILLEBRAND, J., ARTALE, V., CAZENAVE, A., GREGORY, J., GULEV, S., HANAWA, K., QUÉRÉ, C., LEVITUS, S., NOJIRI, Y., SHUM, C.K., TALLEY L.D., UNNIKRISHNAN, A. Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level. In: **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007

BINDOFF, N. L., CHEUNG, W. W. L., KAIRO, J. G., ARÍSTEGUI, J., GUINDER, V. A., HALLBERG, R. Changing Ocean, Marine Ecosystems and Dependent Communities. In: **The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, p. 447-588, 2019, <https://doi.org/10.1017/9781009157964.007>

BIRKMANN, J. Monitoring und Controlling einer nachhaltigen Raumentwicklung [Monitoring and controlling of sustainable spatial development]. **Dortmund, Germany: Dortmunder Sales for Construction and Planning Literature**, 2004

BIRKMANN, J., FERNANDO, N. Measuring revealed and emergent vulnerabilities of coastal communities to tsunami in Sri Lanka. **Disasters**, v. 32, n. 82, 2008

BIRKMANN, J. Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies and to enhance adaptation: conceptual frameworks, definitions. IN: **Measuring vulnerability to natural hazards. Towards disaster resilient societies**. Second edition, 2013

BORUFF, B., EMRICH, C., CUTTER, S. Erosion Hazard Vulnerability of US Coastal Counties. **Journal of Coastal Research**, v. 21, p. 932 - 942, 2005, <https://doi.org/10.2112/04-0172.1>.

BROOKS, N., ADGER, W.N., KELLY, P.M. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. **Global Environmental Change**, v. 15, p. 151 – 163, 2005

BRUGERE, C., YOUNG, C. Assessing climate change vulnerability in fisheries and aquaculture: Available methodologies and their relevance for the sector. **FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper**, n. 597, 2015, <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1710.9360>.

BURTON, I. The Growth of Adaptation Capacity: Practice and Policy. In: Smith, J.B., et al. **Adapting to Climate Change**. Springer, New York, NY, 1996, https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8471-7_6

CABRAL, L. N., CÂNDIDO, G. A. Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, 2019, <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.002.AO0>

CASTRO, C. M., PEIXOTO, M. N. O., RIO, G. A. P. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. In: **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. Rio de Janeiro: UFRJ**, v. 28, n. 2, p. 11-30, 2005

CAZCARRO, I., ARTO, I., HAZRA, S., BHATTACHARYA, R.N., OSEI-WUSU ADJEI, P., OFORI-DANSON, P.K., ASENSO, J.K., AMPONSAH, S.K., KHONDKER, B., RAIHAN, S. Biophysical and socioeconomic state and links of

- deltaic areas vulnerable to climate change: Volta (Ghana), Mahanadi (India) and Ganges-Brahmaputra-Meghna (India and Bangladesh). **Sustainability**, 2018
- CFF - Conselho Federal de Farmácia, 2022. <https://site.cff.org.br/noticia/noticias-do-cff/12/12/2022/-farmaceuticos-nao-podem-pagar-a-conta-da-sustentabilidade-do-varejo-#top>. Acesso em: mar. 2024.
- CHAN, F. K. S., ADEKOLA, O. A., NG, C. N., MITCHELL, G., MCDONALD, A. Coastal flood-risk management practice in Tai O, a town in Hong Kong. **Environmental Practice**, v. 15, n. 3, p. 201-219, 2014
- CHELLERI, L., WATER, J. J., OLAZABAL, M., MINUCCI, G. Resilience trade-offs: Addressing multiple scales and temporal aspects of urban resilience. **Environment & Urbanization**, v. 27, n. 1, p. 181–198, 2015, <https://doi.org/10.1177/0956247814550780>
- CHINH, D., GAIN, A., DUNG, N., HAASE, D., KREIBICH, H. Multi-Variate Analyses of Flood Loss in Can Tho City, Mekong Delta. **Water**, v. 8, n. 6, 2015
- CHU, E., BROWN, A., MICHAEL, K., DU, J., LWASA, S., MAHENDRA, A. **Unlocking the Potential for Transformative Climate Adaptation in Cities**. Background Paper prepared for the Global Commission on Adaptation, Washington, DC and Rotterdam, 2019
- CLARK, G., MOSER, S., RATICK, S., DOW, K., MEYER, W., EMANI, S., JIN, W., KASPERSON, J., KASPERSON, R., SCHWARZ, H. E. Assessing the vulnerability of coastal communities to extreme storms: The case of Revere, MA., USA. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 3, p. 59–82, 1998
- COELHO, C. M. T. Mudanças climáticas e patrimônio cultural: elementos para a construção de cenários para a cidade do Rio de Janeiro. **Cadernos do PROARQ (UFRJ)**, v.1, n.22, p. 73-90, 2015
- CONFALONIERI, U.E.C., MARINHO, D.P., RODRIGUEZ, R.E. Public health vulnerability to climate change in Brazil. **Climate Research**, v. 40, p.175-186, 2009, <https://doi.org/10.3354/cr00808>
- CONNOR, R.F., HIROKI, K. Development of a method for assessing flood vulnerability. **Water Science and Technology**, v. 51, p. 61-67, 2005
- COOPER, J.A.G., MCLAUGHLIN, S. Contemporary multidisciplinary approaches to coastal classification and environmental risk analysis. **Journal of Coastal Research**, v. 14, n. 2, p. 512-524, 1998
- CORTEZ, 2023. <https://www.ecodebate.com.br/2023/09/14/terra-esta-se-tornando-inabitavel-6-limites-planetarios-ultrapassados>. Acesso em: mar. 2024.
- COSTA, F., FLAUZINO, R., NAVARRO, M., CARDOSO, T. Abrigos temporários em desastres: a experiência de São José do Rio Preto, Brasil. **Saúde em Debate**, v. 41, p. 327-337, 2017, <https://doi.org/10.1590/0103-11042017s227>
- CROSSLAND, C., The Coastal Zone—a Domain of Global Interactions. In: CROSSLAND, C.; KREMER, H.; LINDEBOOM, H.; MARSHALL CROSSLAND, J.; TISSIER, M.A., (Eds.). *Coastal Fluxes in the Anthropocene*. Berlin, Heidelberg: **Springer**, p. 1–37, 2005
- CUMBERBATCH, J., DRAKES, C., Mackey, T., NAGDEE, M., WOOD, J., DEGIA A.K., HINDS, C. Social Vulnerability Index: Barbados – A Case Study, **Coastal Management**, v. 48, n. 5, p. 505-526, 2020, <https://doi.org/10.1080/08920753.2020.1796193>
- CUTTER, S., MITCHELL, J., MICHAEL, S. Revealing the Vulnerability of People and Places: A Case Study of Georgetown County, South Carolina. **Annals**

- of **The Association of American Geographers**, v. 90, p. 713-737, 2000, <https://doi.org/10.1111/0004-5608.00219>
- CUTTER, S. L.; BORUFF, B. J.; SHIRLEY, W. L. Indicators of social vulnerability to environmental hazards. **Social Science Quarterly**, v. 84, n. 1, p. 242-261, 2003
- CUTTER, S. L. The vulnerability of science and the science of vulnerability. **Annals of the Association of American Geographers**, v.93, n.1, p.1-12, 2003
- DE ABREU, C., TETT, S., SCHURER, A., ROCHA, H.R. Attribution of detected temperature trends in Southeast Brazil. **Geophysical Research Letters**. 2019, <https://doi.org/10.1029/2019GL083003>
- DE ABREU, S., HUGO, V., MONTEIRO, T., RIBEIRO, F., SANTOS, A. Identificação de Ameaças e Impactos da Mudança Climática na Infraestrutura de Transporte Rodoviário. **Mix Sustentável**, v. 8, n. 3, p. 142-156, 2022, <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2022.v8.n3.142-156>
- DHAR, T., KHIRFAN, L.A. Multi-scale and multi-dimensional framework for enhancing the resilience of urban form to climate change. **Urban Climate**, v. 19, p. 72-91, 2007, <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.12.004>
- DOLAN, A.H., WALKER, I.J. Understanding vulnerability of coastal communities to climate change related risks. **The Journal of Coastal Research**, v. 39, p. 1316-1323, 2006
- DRUZHININ, F. N., DVORNIKOV, M. G., PILIPKO, E. N., KHOROSHUN, N. A., BERSENEVA, L. V. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 839, 2021
- EHSAN, S., BEGUM, R.A., MAULUD, K. N. A. Household external vulnerability due to climate change in Selangor coast of Malaysia. **Climate Risk Management**, v. 35, p. 100 - 408, 2022 <https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100408>
- FEKETE, A. Validation of a social vulnerability index in context to river-floods in Germany. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 9, p. 393-403, 2009
- FERREIRA, E. N., AGUILAR, V. Z., ALVES DA SILVA LIMA, A.P., MARQUES DE ABRE, S. M. B., REZENDE, E.J.C. Abrigos para situação de emergência. **Estudos em Design. Rio de Janeiro**, v. 26, n. 2, p. 166, 2018
- FLANAGAN, B. E., HALLISEY, E. J., ADAMS, E., Lavery, A. Measuring Community Vulnerability to Natural and Anthropogenic Hazards: The Centres for Disease Control and Prevention's Social Vulnerability Index. **Journal of Environmental Health**, v. 80, n. 10, 2018
- FOLKE, C., CARPENTER, S.R., WALKER, B., SCHEFFER, M., CHAPIN, T., ROCKSTRÖM, J. Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. **Ecology and Society**, v. 15, n. 4, 2010, <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art20>
- FREIRE, N.C.F., BONFIM, C.V., NATENZON, C.E. Vulnerabilidade socioambiental, inundações e repercussões na saúde em regiões periféricas: O caso de Alagoas, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 9, 2014
- FREITAS, C. M., LOPES DE CARVALHO, M., XIMENES, E.F., ARRAES, E.F., GOMES, J.O. Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência: lições do terremoto no Haiti e das chuvas fortes na Região Serrana, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1577-1586, 2012
- FRENCH, J., BURNINGHAM, H., THORNHILL, G., WHITEHOUSE, R., NICHOLLS, R.J. Conceptualising and mapping coupled estuary, coast and inner

- shelf sediment systems. **Geomorphology**, v. 256, p. 17-35, 2016
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.10.006>
- FÜSSEL, H.M. How inequitable is the global distribution of responsibility, capability, and vulnerability to climate change: a comprehensive indicatorbased assessment. **Global Environmental Change**, v. 20, p. 597-611, 2010
- GAIN, A.K., MOJTAHED, V., BISCARO, C., BALBI, S., GIUPPONI, C. An integrated approach of flood risk assessment in the eastern part of Dhaka City. **Natural Hazards**, v. 79, n. 3, p.1499–1530, 2015
- GLAVOVIC, B.C., et al. Cross-Chapter Paper 2: Cities and Settlements by the Sea. In: PÖRTNER, H.O., et al. (Eds.). **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2022, p. 2163–2194. <https://doi.org/doi:10.1017/9781009325844.019>
- GORNITZ, V., KANCIRUK, P. **Assessment of Global Coastal Hazards from Sea Level Rise**. Oak Ridge National Laboratory: Oak Ridge, TN, USA, 1989
- HAASNOOT, M., BROWN, S., SCUSSOLINI, P., JIMENEZ, J.A., VAFEIDIS, A.T., NICHOLLS, R.J. Generic adaptation pathways for coastal archetypes under uncertain sea-level rise. **Environmental Research Communications**, 2019, <https://doi.org/doi:10.1088/2515-7620/ab1871>.
- GRINOVER, A. P., ASSAGRA DE ALMEIDA, G., GUSTIN, M., CESAR, P., LIMA, V., IENNACO, R. **Direitos Fundamentais das Pessoas em Situação de Rua**. Belo Horizonte: D'Plácido Editora, 2014
- HAASNOOT, M., WINTER, G., BROWN, S., DAWSON, R.J., WARD, P.J., EILANDER, D. Long-term sea-level rise necessitates a commitment to adaptation: a first order assessment. **Climate Risk Management**, v. 34, 2021. <https://doi.org/doi:10.1016/j.crm.2021.100355>
- HAHN, M.B., RIEDERER, A.M., FOSTER, S.O. The Livelihood Vulnerability Index: a pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change—a case study in Mozambique. **Global Environ Change**, v. 19, n. 1, p. 74–88, 2009
- HANSON, S.E., NICHOLLS, R.J. Demand for Ports to 2050: Climate Policy, Growing Trade and the Impacts of Sea-Level Rise. **Earth's Future**, v. 8, 2020
- HANSON, S., NICHOLLS, R., RANGER, N., HALLEGATTE, S., CORFEE-MORLOT, J., HERWEIJER, C. A global ranking of port cities with high, exposure to climate extremes. **Climatic Change**, v. 104, p. 89–111, 2011. <https://doi.org/doi:10.1007/s10584-010-9977-4>
- HARVEY, A., HINKEL, J., KLEIN, R.J.T., LASAGE, R., HORROCKS, L. Preliminary Assessment and Roadmap for the Elaboration of Climate Change Vulnerability Indicators at Regional Level, London, 2009
- HE, Q., SILLIMAN, B. Climate Change, Human Impacts, and Coastal Ecosystems in the Anthropocene. **Current Biology**, v. 29, 2019, <https://doi.org/doi:10.1016/j.cub.2019.08.042>
- HOLLING, C.S. Resilience and Stability of Ecological Systems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 4, p. 1-23, 1973, <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- HOLLING, C.S. **Engineering Resilience versus Ecological Resilience**. In: Schulze, P.E., Ed., **Engineering within Ecological Constraints**, National Academy Press, Washington DC, p. 31-43, 1996

- HUNT, A., WATKISS, P. Climate change impacts and adaptation in cities: a review of the literature. **Climatic Change**, v. 104, n. 1, p. 13-49, 2011, <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9975-6>
- IGNATOWSKI J.A., ROSALES J. Identifying the exposure of two subsistence villages in Alaska to climate change using traditional ecological knowledge. **Climatic Change**, v. 121, p. 285–299, 2013
- IPCC, 1992. **Climate Change 1992: The Supplementary Report to IPCC Scientific Assessment**. Cambridge University Press, Cambridge
- IPCC, 2019: Annex I: Glossary [van Diemen, R. (ed.)]. In: **Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems** [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. In press.
- IPCC, 2022: **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- IPCC, 2022: Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khouradajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1017/9781009157926.001>
- IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>
- JAMSHED, A., RANA, I.A., MIRZA, U.M., BIRKMANN, J. Assessing relationship between vulnerability and capacity: an empirical study on rural flooding in Pakistan. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 36, 2019
- JONGMAN, B., WINSEMIUS, H.C., AERTS, J.C.J.H., COUGHLAN DE PEREZ, E., VAN AALST, M.K., KRON, W., WARD, P.J. Declining vulnerability to river floods and the global benefits of adaptation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 2015
- KATES, R. W. Population and consumption: what we know, what we need to know. **Environment**, Washington, 2000
- KELLY, P.M., ADGER, W.N. Social Vulnerability to Climate Change and the Architecture of Entitlements. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 4, p. 253–266, 1999, <https://doi.org/10.1023/A:1009601904210>

- KIENBERGER, S., LANG, S., ZEIL, P. Spatial vulnerability units e expert-based spatial modelling of socioeconomic vulnerability in the Salzach catchment, Austria. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 9, p. 767-778, 2009
- KISSI, A., ABBEY, G., AGBOKA, K., EGBENDEWE, A. Quantitative Assessment of Vulnerability to Flood Hazards in Downstream Area of Mono Basin, South-Eastern Togo: Yoto District. **Journal of Geographic Information System**, v. 7, p. 607-619, 2015, <https://doi.org/10.4236/jgis.2015.76049>
- KLEIN, R. J. T. Resilience to natural hazards: how useful is this concept? **Environmental hazards**, v. 5, p. 35-45, 2004
- KLEINOSKY, L.R., YARNAL, B., FISHER, A. Vulnerability of Hampton roads, Virginia to storm-surge flooding and sea-level rise. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 40, p. 43-70, 2007
- KOVARIC, L. **Viver em risco: sobre a vulnerabilidade socioeconômica e civil**. São Paulo: Editora 34, 2009
- KRISHNAN, P., ANANTHAN, P. S., PURVAJA, R., JEEVAMANI, J. J. J., INFANTINA, J. A., RAO, C. S., ANAND, A., MAHENDRA, R. S., SEKAR, I., KAREEMULLA, K., BISWAS, A., SASTRY, R. K., RAMESH, R. Framework for mapping the drivers of coastal vulnerability and spatial decision making for climate-change adaptation: A case study from Maharashtra, India. **Ambio**, v. 48, p. 192-212, 2019
- KRON, W. Coasts: the high-risk areas of the world. **Natural Hazards**, n. 66, p. 1363-1382, 2013, <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0215-4>
- LEAL FILHO, W., Fostering coastal resilience to climate change vulnerability in Bangladesh, Brazil, Cameroon and Uruguay: a cross-country comparison. Mitigation and Adaptation Strategies for **Global Change**, v. 23, n. 4, p. 579-602, 2018, <https://doi.org/10.1007/s11027-017-9750-3>
- LEMONS, M. F. R. C. **Adaptação de Cidades para Mudança Climática: uma metodologia de análise para os planos diretores municipais**. Tese (Doutorado em Urbanismo), Programa de Pós-Graduação em Urbanismo (PROURB), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2010.
- LEWSEY, C., CID, G., KRUSE, E. Assessing climate change impacts on coastal infrastructure in the Eastern Caribbean. **Marine Policy**, v. 28, p. 393-409, 2004, <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2003.10.016>
- LIU, T.M. Analysis of the economic impact of meteorological disasters on tourism: the case of typhoon Morakot's impact on the Maolin National Scenic Area in Taiwan. **Tourism economics**, v. 20, p. 143-156, 2014
- LOCATELLI, B. **Synergies between adaptation and mitigation in a nutshell**. CIFOR, 2011
- MAFI-GHOLAMI, D., ZENNER, E.K., JAAFARI, A., RIYAH BAKHTYARI, H.R., TIEN BUI, D. Multi-hazards vulnerability assessment of southern coasts of Iran. **Journal of Environmental Management**, v. 252, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109628>
- MAHENDRA, R.S., MOHANTY, P. C., FRANCIS, P. A., SUDHEER, J., BALAKRISHNAN, T. M., SRINIVASA KUMAR, T. Socioeconomic vulnerability assessment of coastal villages and buildings along Andhra Pradesh East Coast of India. **Environment, Development and Sustainability**, 2023, <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03955-x>

- MAPLECROFT, N. Big Economies of the Future e Bangladesh, India, Philippines, Vietnam and Pakistan e Most at Risk from Climate Change. **Climate Change Vulnerability Maps** (United Kingdom, St Stephen's), 2010
- MARANDOLA JR. E., HOGAN, D. J. Vulnerabilidade do lugar vs. Vulnerabilidade sociodemográfica: implicações metodológicas de uma velha questão. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 26, n. 2, p. 161-181, 2009
- MARENGO, J.A., et.al. The METROPOLE Project—An Integrated Framework to Analyse Local Decision Making and Adaptive Capacity to Large-Scale Environmental Change: Decision Making and Adaptation to Sea Level Rise in Santos, Brazil. In: **Climate Change in Santos Brazil: Projections, Impacts and Adaptation Options** [Hidalgo Nunes, L., R. Greco and J.A. Marengo (eds.)]. Springer, pp. 3–15, ISBN: 978-3-319-96534-5, 2019
- MAZUMDAR, J.; PAUL. S.K. Socioeconomic and infrastructural vulnerability indices for cyclones in the eastern coastal states of India. **Natural Hazards**, v. 82, n. 3, p. 1621–1643, 2016
- MDHC - Ministério dos Direitos Humanos e da Cidadania. **População em situação de rua: diagnóstico com base nos dados e informações disponíveis em registro administrativo e sistemas do Governo Federal**, 2023
- MEEROW, S., NEWELL, J., STULTS, M. Defining urban resilience: A review. **Landscape and Urban Planning**, v. 147, p. 38-49, 2016, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>
- MEHROTRA, S., NATENZON, C.E., OMOJOLA, A., FOLORUNSHO, R., GILBRIDE, J., ROSENZWEIG, C. Framework for City Climate Risk Assessment: Buenos Aires, Delhi, Lagos, and New York World Bank, Commissioned Research, Fifth Urban Research Symposium, **Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda. Marseille**, p. 84, 2009
- MEYER, A. Good Urban Governance and city resilience: an afrocentric approach to sustainable development. **Sustainability**, v. 11, p. 5514, 2019, <https://doi.org/10.3390/su11195514>
- MCLAUGHLIN, S., MCKENNA, J., COOPER, J.A.G. Socio-economic data in coastal vulnerability indices: constraints and opportunities. **Journal of Coastal Research**, v. 36, n. 1, p. 487-497, 2002, <https://doi.org/10.2112/1551-5036-36.sp1.487>
- MCLAUGHLIN, S., COOPER, J.A.G. A Multi-Scale Coastal Vulnerability Index: A Tool for Coastal Managers? **Environmental Hazards**, v. 9, p. 233–248, 2010
- MCMICHAEL, C. S., et al. A review of estimating population exposure to sea-level rise and the relevance for migration. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 12, 2020. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb398>
- MEES, H., DRIESSEN, P.P.J. A framework for assessing the accountability of local governance arrangements for adaptation to climate change. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 62, p. 1-21, 2018, <https://doi.org/10.1080/09640568.2018.1428184>
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima. **Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) frente à mudança climática** (Apostila do curso). Brasília, p. 103. 2018
- MORAES, A. C. R. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro**. 2.ed. ampliada. São Paulo: Annablume, 2007

- MULER, M., BONETTI, J. An integrated approach to assess wave exposure in coastal areas for vulnerability analysis. **Marine Geodesy**, v. 37, n. 2, p. 220-237, 2014
- NASSARY, E.K., MSOMBA, B.H. MASELE, W.E., NDAKI, P.M., KAHANGWA, C.A. Exploring urban green packages as part of Nature-based Solutions for climate change adaptation measures in rapidly growing cities of the Global South. **Journal of Environmental Management**, v. 310, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114786>.
- NATENZON, C.E., RÍOS, D. **Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades. Aportes desde la geografía y otras ciencias sociales para casos argentinos**. 1a ed. Buenos Aires: Colección Bitácora Argentina, 228, 2015
- NGUYEN, T. T. X., BONETTI, J., ROGERS, K., WOODROFFE, C. D. Indicator-based assessment of climate-change impacts on coasts: a review of concepts, methodological approaches and vulnerability indices. **Ocean and Coastal Management**, v. 123, p. 18-43, 2016
- NIGHTINGALE, A. J. Power and politics in climate change adaptation efforts: struggles over authority and recognition in the context of political instability. **Geoforum**, v. 84, p. 11–20, 2017, <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.05.011>
- NOY, I.; YONSON, R. Economic vulnerability and resilience to natural hazards: A survey of concepts and measurements. **Sustainability**, v. 10, 2018
- OBINWANNE, C.O., OKPOKO, P.U. Comparative assessment of coastal tourism potentials of selected areas in Rivers State, Nigeria. **International Journal of Scientific & Technology**, v. 4, p. 262–269, 2015
- O'BRIEN, K.; LEICHENKO, R. The dynamics of vulnerability to global change. **IHDP Update**, v. 4, 2001
- O'BRIEN, K., LEICHENKO, R., KELKAR, U., VENEMA, H., AANDAHL, G., TOMPKINS, H., AKRAM, J., SURUCHI. B., STEPHAN. B., LYNN, N., WEST, J. Mapping Vulnerability to Multiple Stressors: Climate Change and Globalization in India. **Global Environmental Change**, p. 303-313, 2004, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.01.001>
- OLOYEDE, M. O., WILLIAMS, A.B., ODE, G.O., BENSON, N.U. Coastal Vulnerability Assessment: A Case Study of the Nigerian Coastline. **Sustainability**, v. 14, n. 4, p. 2097, 2022, <https://doi.org/10.3390/su14042097>
- OPPENHEIMER, M., et al. Chapter 4: Sea Level Rise and Implications for Low Lying Islands, Coasts and Communities. In: PÖRTNER, H.O., et al. (Eds.). **IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate**. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, p. 321–445, 2019, <https://doi.org/10.1017/9781009157964.006>
- PANDEY, R., BARDSLEY, D. K. Social-ecological vulnerability to climate change in the Nepali Himalaya. *Applied Geography*, v. 64, p. 74-86, 2015, <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.09.008>
- PANDEY, R., JHA, S.K., ALATALO, J.M., ARCHIE, K.M., GUPTA, A.K. Sustainable livelihood framework-based indicators for assessing climate change vulnerability and adaptation for Himalayan communities. **Ecological Indicators**, v. 79, p. 338–346, 2017
- PANTHI, J., ARYAL, S., DAHAL, P., BHANDARI, P., KRAKAUER. N.Y., PANDEY, V.P. Livelihood vulnerability approach to assessing climate change

- impacts on mixed agro-livestock smallholders around the Gandaki River Basin in Nepal. **Regional Environmental Change**, v. 16, n. 4, p.1121–1132, 2016
- PARRY, M.L., et al. **Impacts, adaptation and vulnerability**. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 2007
- PATT, A.G., et. al. Vulnerability research and assessment to support adaptation and mitigation: common themes from the diversity of approaches. In: **Vulnerability to global environmental change: making research useful for adaptation decision making and policy**. [Patt AG, Schröter D, de la Vega-Leinert AC, Klein RJT (Eds.)]. Assessing Earthscan, London, 2009
- PATTERSON, M.; HARDY, D. Economic Drivers of Change and their Oceanic-Coastal Ecological Impacts. In: PATTERSON, M.; GLAVOVIC, B.C., (Eds.). **Ecological economics of the oceans and coasts**. Edward Elgar Publishing, p. 187–209, 2008
- PBMC: **Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas** [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 2016
- PELLING, M. **Adaptation to Climate Change: From Resilience to Transformation**. Routledge, Oxon, 2011, <https://doi.org/10.4324/9780203889046>
- PENDLETON, E.A., THIELER, E.R., WILLIAMS, S.J. Importance of Coastal Change Variables in Determining Vulnerability to Sea- and Lake-Level Change. **Journal of Coastal Research**, v. 26, n. 1, p. 176–83, 2010
- PENNA, N. A., BARBOSA FERREIRA, I.C. DESIGUALDADES SOCIOESPACIAIS E ÁREAS DE VULNERABILIDADES NAS CIDADES. **Mercator**, v. 13, p. 25-36, 2014
- PEREIRA, N. B., PASINI, P., BITTENCOURT, E. Impacto das mudanças climáticas no contexto do patrimônio cultural de cidades europeias e brasileiras: breve panorama de estudos sobre o tema entre 2000 e 2020. **PerCursos, Florianópolis**, v. 22, n.49, p.46 -72, 2021
- PHUNG, D., RUTHERFORD, S., DWIRAHMADI, F., CHU, C., DO, C.M., NGUYEN, T., DUONG, N.C. The spatial distribution of vulnerability to the health impacts of flooding in the Mekong Delta, Vietnam. **International Journal of Biometeorology**, v. 60, n. 6, p. 857–865, 2016
- PIELKE, R.A. Rethinking the role of adaptation in climate policy. **Global environmental change**, v. 8, n. 2, p. 159-170, 1998
- PRESTON, B.L., SMITH, T.F., BROOKE, C., Mapping Climate Change Vulnerability in the Sydney Coastal Councils Group. **Report prepared for the Sydney Coastal Councils Group**, 2008
- RAMM, T.D., WATSON, C. S., WHITE, C. J. Strategic adaptation pathway planning to manage sea-level rise and changing coastal flood risk. **Environmental Science & Policy**, v. 87, p. 92–101, 2018
- RAMOS, M. A. B., VIANA, S., SANTO, E. B. E. Mudanças climáticas. In: SILVA, C. R. 2008. **Geodiversidade do Brasil: Conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro**, p. 163-175, 2008
- RANA, I.A., ROUTRAY, J.K. Multidimensional model for vulnerability assessment of urban flooding: an empirical study in Pakistan. **International Journal of Disaster Risk Science**, v. 9, n. 3, p. 359–375, 2018
- REID, C.E., O'NEILL, M.S., GRONLUND, C.J., BRINES, S.J., BROWN, D.G., DIEZ-ROUX, A.V., SCHWARTZ, J. Mapping community determinants of heat vulnerability. **Environmental Health Perspectives**, v. 117, p. 1730-1736, 2009

- REGAN, P., KIM, H., MAIDEN, E. Climate change, adaptation, and agricultural output. **Regional Environmental Change**, v. 19, p. 1-11, 2019, <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1364-0>
- RICHARDSON, K. et al. Earth beyond six of nine planetary boundaries. **Science Advances**, v. 9, 2023 <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>
- ROCKSTRÖM, J., STEFFEN, W., NOONE, K., PERSSON, Å. Planetary boundaries. **New Perspectives Quarterly**, v. 27, n. 1, p. 72-74, 2010
- ROCLE, N., REY-VALETTE, H., BERTRAND, F., BECU, N., LONG, N., BAZART, C., VYE, D., MEUR-FEREC, C., BECK, E., AMALRIC, M., LAUTRÉDOU-AUDOUY, N. Paving the way to coastal adaptation pathways: An interdisciplinary approach based on territorial archetypes. **Environmental Science & Policy**, v. 110, p. 34-45, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.05.003>
- SAGARA, J., SAITO, K. Risk Assessment and Hazard Mapping. © World Bank, Washington, DC, 2013, <http://hdl.handle.net/10986/16146>
- SANTOS, A.S., RIBEIRO, S.K., DE ABREU, V. H.S. Addressing Climate Change in Brazil: Is Rio de Janeiro City acting on adaptation strategies? In: 2020 International Conference and Utility Exhibition on Energy. **Environment and Climate Change**, p. 1-11, 2020
- SCOTT, D., LEMIEUX, C. Weather and climate information for tourism. *Proced. Environmental Science*, v. 1, p. 146–183, 2010, 2014, <https://doi.org/doi:10.1007/s11069-013-0888-3>
- SCHEUER, S., HAASE, D., MEYER, V. Exploring multicriteria flood vulnerability by integrating economic, social and ecological dimensions of flood risk and coping capacity: from a starting point view towards an end point view of vulnerability. **Natural Hazards**, v. 58, n. 2, p. 731–751, 2011
- SCHIPPER, E. L. F. Maladaptation: When adaptation to climate change goes very wrong. **One Earth**, v. 3, n. 4, p. 409–414, 2020
- SCHWEIKERT, A., CHINOWSKY, P., KWIATKOWSKI, K., ESPINET, X. The infrastructure planning support system: Analyzing the impact of climate change on road infrastructure and development. **Transport Policy**, v. 35, p. 146–153, 2014, <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.05.019>
- SHERLY, M. A., KARMAKAR, S., PARTHASARATHY, D., CHAN, T., RAU, C. Disaster Vulnerability Mapping for a Densely Populated Coastal Urban Area: An Application to Mumbai, India. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 105, n. 6, p. 1198–1220, 2015, <https://doi.org/10.1080/00045608.2015.1072792>
- SHILIANG, S., PI, J., WAN, C., LI, H., XIAO, R., LI, B. Categorizing social vulnerability patterns in Chinese coastal cities. **Ocean & Coastal Management**, v. 116, p. 1-8, 2015, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.06.026>
- SILVEIRA, F. Enxergando o invisível: desafios metodológicos de uma (re) construção do olhar. In: CUNHA, Júnia Valéria Quiroga da; RODRIGUES, Monica (Orgs.). **Rua: aprendendo a contar. Pesquisa Nacional sobre a População em Situação de Rua**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, 2009
- SILVA, M. L. L. **Trabalho e população em situação de rua no Brasil**. São Paulo: Cortez, 2009
- SIMPSON, N.P., KATHARINE, J., CONSTABLE, A., HESS, J., HOGARTH, J., HOWDEN, M., LAWRENCE, J., LEMPERT, R.J., MUCCIONE, V., MACKEY, B., NEW, M.G., O'NEILL, B., OTTO, F., REISINGER, A., ROBERTS, D.,

- SCHMIDT, D.N., SENEVIRATNE, S., STRONGIN, S., TRISOS, C.H. A framework for complex climate change risk assessment. **One Earth**, v. 4, n. 4, p. 489–501, 2021, <https://doi.org/doi:10.1016/j.oneear.2021.03.005>
- SMITH K. We are seven billion. **Nature Climate Change**, v. 1, p. 331–335, 2011
- SMITH, R.A. Beach resorts: A model of development evolution. *Landscape and Urban Planning*. **Elsevier Science Publishers, Amsterdam**, v. 21, p. 189-210, 1991
- SMIT, B., WANDEL, J. Adaptation, Adaptive Capacity and Vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, p. 282-292, 2006, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>
- SOUZA, G. D.C., SOUZA, K. G. A. **Cidades patrimônio da humanidade e alterações climáticas: reflexões sobre os efeitos e conservação como medida de mitigação**. Revista CPC, São Paulo, n.15, p. 085-109, 2013
- STERZEL, T., LUDEKE, M.K.B., WALTHER, C., KOK, M.T., SIETZ, D., LUCAS, P.L. Typology of coastal urban vulnerability under rapid urbanization. **PLoS ONE**, v. 15, n. 1, 2020, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220936>
- STERN, N. The Economics of Climate Change. **American Economic Review**, v. 98, n. 2, p. 1-37, 2008, <https://doi.org/10.1257/aer.98.2.1>
- STIVE, M.J.F., DE SCHIPPER, M.A., LUIJENDIJK, A.P., AARNINKHOF, S.G.J., VAN GELDER-MAAS, C., VAN THIEL DE VRIES, J.S.M., DE VRIES, S., HENRIQUEZ, M., MARX, S., RANASINGHE, R. A new alternative to saving our beaches from sea-level rise: the sand engine J. **Coastal Research**, v. 29, p. 1001–1008, 2013
- STORBJÖRK, S., HJERPE, M. Climate-proofing coastal cities: What is needed to go from envisioning to enacting multifunctional solutions for waterfront climate adaptation? **Ocean & Coastal Management**, v. 210, 2021
- SULLIVAN, C.A., MEIGH, J.R., GIACOMELLO, A.M. The water poverty index: development and application at the community scale. **Natural Resources Forum**, v. 27, p. 189-199, 2003
- TAPSELL, S.M., PENNING-ROWSELL, E.C., TUNSTALL, S.M., WILSON, T.L. Vulnerability to flooding: health and social dimensions. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 360, p. 1511-525, 2002
- TASNUVA, A., BARI, Q.H., ISLAM, A. R. Md. T., ALAM, G. M. M. Livelihood and climate vulnerability of coastal communities to natural disaster in south-western Bangladesh. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 30, n. 3, p. 295-318, 2023, <https://doi.org/doi:10.1080/13504509.2022.2142691>
- TEMMERMAN, S., MEIRE, P., BOUMA, T. J., HERMAN, P. M. J., YSEBAERT, T., DE VRIEND, H. J. Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. **Nature**, v. 504, p. 79-83, 2013, <https://doi.org/10.1038/nature12859>
- TORRESAN, S., CRITTO, A., DALLA VALLE, M., HARVEY, N., MARCOMINI, A. Assessing coastal vulnerability to climate change: comparing segmentation at global and regional scales. **Sustainability Science**, v. 3, p. 45-65, 2008
- TRENBERTH, K. E. Framing the way to relate climate extremes to climate change. **Climatic Change**, n. 115, p. 283–290, 2012 <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0441-5>

- TSAI, H.T., TSENG, C.J., TZENG, S.Y., WU, T.J., DAY, J. The impacts of natural hazards on Taiwan's tourism industry. **Natural Hazards**, v. 62, p. 83–91, 2011
- TURNER, B.L., KASPERSON, R. E., MATSON, P. A., MCCARTHY, J.J., CORELL, R.W., CHRISTENSEN, L., ECKLEY, N., PULSIPHER, A., SCHILLER, A. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. **PNAS USA**, v. 100, n. 14, p. 8074-8079, 2003, doi:10.1073/pnas.1231335100.
- UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME (UN-HABITAT). **Cities and Climate Change: global report on human settlements 2011**. Washington: Earthscan, 2011
- UNISDR: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas. **Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres**. ONU, 2009.
- VAJJARAPU, H., VERMA, A., GULZAR, S. Adaptation Policy Framework for Climate Change Impacts on Transportation Sector in Developing Countries. **Transportation in Developing Economies**, v. 5, p. 1-16, 2019
- VEYRET, Y. **Os Riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto; 2ª edição, 2007
- VINCENT, K. Uncertainty in adaptive capacity and the importance of scale. **Global Environmental Change Human and Policy Dimensions**, v. 17, p. 12–24, 2007
- VOUSDOUKAS, M.I., CLARKE, J., RANASINGHE, R. African heritage sites threatened as sea-level rise accelerates. **Nature Climate Change**, v. 12, p. 256–262, 2022, <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01280-1>
- WALKER, B., HOLLING, C. S., CARPENTER, S. R., KINZIG, A. Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. **Ecology and Society**, v. 9, n. 2, 2004
- WANG, G., MANG, S.L., RIEHL, B, HUANG, J., WANG, G., XU, L., HUANG, K., INNES, I. Climate change impacts and forest adaptation in the Asia–Pacific region: from regional experts perspectives. **Journal of Forestry Research**, v. 30, n. 1, p. 277-293, 2019
- WANG-ERLANDSSON, L., TOBIAN, A., VAN DER ENT, R.J. Uma fronteira planetária para a água verde. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 3, p. 380–392, 2022, <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00287-8>
- WOOD, N.J., BURTON, C.G., CUTTER, S.L. Community variations in social vulnerability to Cascadia-related tsunamis in the U.S. Pacific Northwest. **Natural Hazards**, v. 52, p. 369–389, 2010
- WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). The Global Risks Report 2020. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risk_Report_2020.pdf. Acesso em: mar. 2024.
- YOHE, G., MALONE, E., BRENKERT, A., SCHLESINGER, M., MEIJ, H., XING, X., Global distributions of vulnerability to climate change. **Integrative Environmental Sciences**, v. 6, p. 35-44, 2006
- YOO, G., HWANG, J.H., CHOI, C. Development and application of a methodology for vulnerability assessment of climate change in coastal cities. **Ocean & Coastal Management**, v. 54, p. 524-534, 2011
- YUSUF, A.A., FRANCISCO, H.A., **Climate Change Vulnerability Mapping for Southeast Asia**. Economy and Environment Program for Southeast Asia (EEPSEA). Swedish international development cooperation Agency and Canadian International development Agency, 2009