



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL
MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

ANNE SALES BARROS

ANÁLISE ESPACIAL DOS FATORES DA VULNERABILIDADE À SECA EM
MUNICÍPIOS PARAIBANOS DE PEQUENO PORTE

CAMPINA GRANDE – PB

2025

ANNE SALES BARROS

**ANÁLISE ESPACIAL DOS FATORES DA VULNERABILIDADE À SECA EM
MUNICÍPIOS PARAIBANOS DE PEQUENO PORTE**

Dissertação apresentada à
Coordenação do Curso de Mestrado
Ciência e Tecnologia Ambiental da
Universidade Estadual da Paraíba,
como requisito parcial à obtenção do
título de Mestra em Ciência e
Tecnologia Ambiental

Linha de pesquisa: Qualidade de
Sistemas Ambientais

Orientador(a): Prof. Dr. Rui de Oliveira

Coorientador(a): Prof. Dr. Fernando Fernandes Vieira

CAMPINA GRANDE – PB

2025

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

B277a Barros, Anne Sales.

Análise espacial dos fatores da vulnerabilidade à seca em municípios paraibanos de pequeno porte [manuscrito] / Anne Sales Barros. - 2024.

86 f. : il. color.

Digitado.

Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024.

"Orientação : Prof. Dr. Fernando Fernandes Vieira, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT".

1. Indicadores de vulnerabilidade. 2. Sensibilidade à seca. 3. Efeitos da seca. 4. Impactos ambientais. I. Título

21. ed. CDD 363.349 29

ANNE SALES BARROS

ANÁLISE ESPACIAL DOS FATORES DA VULNERABILIDADE À SECA EM
MUNICÍPIOS PARAIBANOS DE PEQUENO PORTE

Dissertação apresentada à
Coordenação do Curso de Mestrado
Ciência e Tecnologia Ambiental da
Universidade Estadual da Paraíba,
como requisito parcial à obtenção do
título de Mestra em Ciência e
Tecnologia Ambiental

Linha de Pesquisa: Qualidade de
Sistemas Ambientais.

Aprovada em: 21/02/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado eletronicamente por:

- **Ruth Silveira do Nascimento** (***.217.384-**), em **26/04/2025 14:29:56** com chave **120b7da022c411f09fa41a7cc27eb1f9**.
- **Fernando Fernandes Vieira** (***.840.164-**), em **26/04/2025 11:50:31** com chave **ccec055c22ad11f0b9101a7cc27eb1f9**.
- **Lucia Maria de Araújo Lima Gaudencio** (***.956.303-**), em **26/04/2025 11:48:46** com chave **8eae9dfe22ad11f0be551a1c3150b54b**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Folha de Aprovação do Projeto Final

Data da Emissão: 26/04/2025

Código de Autenticação: e56d67



AGRADECIMENTOS

Senhor, a Ti, cuja ciência e sabedoria são infinitas, agradeço por me teres agraciado com as condições necessárias para completar esta etapa.

Minha gratidão eterna aos meus pais, Maria Ana e Fernando Sales, pilares de apoio, carinho e dedicação em minha vida. Ao meu esposo, Walber Lucas, meu companheiro de jornada, agradeço profundamente pela compreensão e parceria incondicional, por sempre estar ao meu lado. À minha irmã querida, Fernanda, e meu cunhado Adriano, por todo o apoio. E aos meus amados sobrinhos, Maria Alice e Arthur, que enchem minha vida de carinho e amor.

Gostaria de expressar meu sincero agradecimento, com especial apreço ao meu orientador, Prof. Dr. Rui de Oliveira. Presenciar seu amor, carinho e dedicação pela profissão foi uma inspiração constante e um verdadeiro farol em minha trajetória. Sua importância em minha vida transcende as palavras. Agradeço também aos valiosos membros da minha banca, Prof. Dr. Fernando Fernandes, Prof. Dra. Lucia Maria e Prof. Dra. Ruth Silveira, por seu acompanhamento desde os primeiros passos desta jornada.

Aos meus amigos e companheiros de pós-graduação, Crisóstomo, Gustavo, Matheus, Mayra, Marina, Pedro, Raniele e Thyago, meu muito obrigado. Dividir essa fase da minha vida com vocês tornou tudo mais significativo e essencial.

Finalmente, expresso minha profunda gratidão ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) e a Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ/PB), pela estrutura e suporte oferecidos. Reconheço que, o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O Nordeste brasileiro é historicamente marcado por secas periódicas. A maioria dos estudos sobre o tema, no entanto, concentra-se nos aspectos climáticos, negligenciando os impactos sociais e econômicos sobre a população, especialmente em municípios menores. Esta pesquisa analisou a vulnerabilidade à seca em municípios Paraibanos de pequeno porte situados no Polígono das Secas, utilizando indicadores que avaliam Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa. O objetivo foi comparar a vulnerabilidade entre os municípios de pequeno porte I e II e contribuir para o planejamento de ações de convivência com o semiárido. A metodologia de Bhattacharya e Dass (2007) foi adaptada para a realidade do semiárido, combinando os métodos AHP Simplificado e Entropia de Shannon. Essa abordagem permitiu uma análise mais precisa dos dados, a construção de cenários futuros e a análise de sensibilidade que permitiram uma compreensão mais profunda dos fatores que influenciam a vulnerabilidade dos municípios. No estudo o município que liderou o índice de vulnerabilidade foi Mulungu, localizado no Agreste Paraibano, enquanto o município de Malta, no Sertão Paraibano obteve o menor valor. O Índice de Vulnerabilidade torna-se um instrumento valioso para a tomada de decisões, pois permite avaliar de forma integrada os riscos socioambientais e subsidiar a formulação de políticas públicas e planos de ação para a prevenção e mitigação dos impactos da seca.

Palavras-chave: indicadores de vulnerabilidade; sensibilidade à seca; efeitos da seca; impactos ambientais.

ABSTRACT

The Brazilian Northeast is historically marked by periodic droughts. Most studies on the subject, however, focus on climatic aspects, neglecting the social and economic impacts on the population, especially in smaller municipalities. This research analyzed the vulnerability to drought in small Paraíba municipalities located in the Drought Polygon, using indicators that assess Exposure, Sensitivity, and Adaptive Capacity. The objective was to compare the vulnerability between small municipalities I and II and contribute to the planning of actions to coexist with the semi-arid region. The methodology of Bhattacharya and Dass (2007) was adapted to the reality of the semi-arid region, combining the Simplified AHP and Shannon Entropy methods. This approach allowed for a more accurate analysis of the data, the construction of future scenarios, and sensitivity analysis that allowed for a deeper understanding of the factors that influence the vulnerability of municipalities. In the study, the municipality of Mulungu, located in the Agreste Paraibano, led the vulnerability index, while the municipality of Malta, in the Sertão Paraibano, obtained the lowest value. The Vulnerability Index becomes a valuable tool for decision-making, as it allows for an integrated assessment of socio-environmental risks and supports the formulation of public policies and action plans for the prevention and mitigation of drought impacts.

Keywords: vulnerability indicators; drought sensitivity; drought effects; environmental impacts.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Municípios Paraibanos de Pequeno Porte I e II.....	34
Figura 2 - Municípios que foram atingidos pela seca nos últimos 4 anos.	36
Figura 3 - Municípios que foram atingidos por processo erosivo acelerado nos últimos 4 anos.	37
Figura 4 - Municípios com o Plano Municipal de Redução de Riscos.....	38
Figura 5 - Municípios com o Plano de Contingência.....	39
Figura 6 - Índice de Vulnerabilidade à Seca.	42
Figura 7 - Índice de Exposição.	54
Figura 8 - Índice de Sensibilidade.	57
Figura 9 - Índice de Capacidade Adaptativa.	60
Figura 10 - Índice de Vulnerabilidade.	64
Figura 11 - Índice de Vulnerabilidade com a Entropia de Shannon.	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pesos atribuídos pelos especialistas.....	52
Tabela 2 - AHP Simplificado.....	53
Tabela 3 - Valores municipais definido como alto no índice de exposição.	55
Tabela 4 - Principais municípios com o IS muito baixo.....	59
Tabela 5 - Números de municípios sem os subindicadores no OS.....	62
Tabela 6 - Municípios localizados no Sertão Paraibano.	64
Tabela 7 - Municípios localizados na Borborema.	67
Tabela 8 - Municípios localizados no Agreste Paraibano.	68
Tabela 9 - Município localizado na Mata Paraibana.	70
Tabela 10 - Cenários.....	74
Tabela 11 - Mudanças de classificações no ajuste dos critérios.	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

AHP Analytic Hierarchy Process

CPqRR Centro de Pesquisas René Rachou

CV Cobertura Vegetal

DAEH Doenças Associadas à Escassez Hídrica

DATASUS Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde

DNOCS Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ENSP Escola Nacional de Saúde Pública

ES Estrutura Socioeconômica

FIOCRUZ Fundação Oswaldo Cruz

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICA Índice de Capacidade Adaptativa

IE Índice de Exposição

INPE Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IOCS Inspetoria de Obras Contra as Secas

IOC Instituto Oswaldo Cruz

IPCC Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (Intergovernmental Panel on Climate Change)

IS Índice de Sensibilidade

IV Índice de Vulnerabilidade

MP Ministério do Planejamento

MUNIC Perfil dos Municípios Brasileiros

ODN Ocorrência de Desastres Naturais

OS Organização Sociopolítica

PAE-PB Programa Estadual de Combate à Desertificação da Paraíba

PNA Plano de Adaptação à Mudança do Clima

Re Renda

SB Saneamento Básico

SDN Suscetibilidade a Desastres Naturais

SH Segurança Hídrica

SNIS Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SSE Sistemas Socioecológicos

SUDENE Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

UNDRR United Nations Office for Disaster Risk Reduction (Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres)

WWF World Wildlife Fund (Fundo Mundial para a Natureza)

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Atividades desenvolvidas.	40
Quadro 2 - Variáveis selecionadas para cada índice.....	42
Quadro 3 - Classificação do Nível de Vulnerabilidade à Seca.....	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Objetivo Geral.....	15
2.2	Objetivos Específicos	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1	Semiárido	16
3.2	Definição de Municípios de Pequeno Porte	20
3.3	Conceito de Vulnerabilidade.....	21
3.4.1	<i>Índice de Exposição</i>	24
3.4.2	<i>Índice de Sensibilidade</i>	25
3.4.3	<i>Índice de Capacidade Adaptativa</i>	25
4	VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL.....	27
4.1	Indicadores como Ferramenta de Gestão	28
4.2	Método Saaty	30
4.3	AHP Simplificado	31
4.4	Entropia de Shannon	32
5	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	34
6	METODOLOGIA	40
6.1	Adaptação dos Indicadores à Seca.....	40
6.2	Variáveis Componentes dos Indicadores	42
6.3	Cálculos Aplicados: Construção dos Indicadores.....	44
6.4	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	51
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
7.1	Método da Média Geométrica	52
7.2	Índice de Exposição.....	53
7.3	Índice de Sensibilidade	57

7.4	Índice de Capacidade Adaptativa.....	60
7.5	Índice de Vulnerabilidade.....	63
7.6	Entropia de Shannon	72
7.7	Cenários	74
7.8	Análise de Sensibilidade	74
8	CONCLUSÃO.....	76
9	RECOMENDAÇÕES PARA AS INSTITUIÇÕES	79
	REFERÊNCIAS	80
	APÊNDICE A – FORMULÁRIO	84

1 INTRODUÇÃO

A região Nordeste brasileira possui uma área de 1,6 milhão km², correspondendo a 18,3 % do território brasileiro, e abriga uma população de 57,7 milhões de habitantes (IBGE, 2021). Do ponto de vista geográfico, a região apresenta-se bastante heterogênea, exibindo uma ampla gama de condições físicas e climáticas. O Nordeste é conhecido por suas estiagens prolongadas, escassez hídrica e, em sua maioria, é classificado como zona semiárida, enfrentando uma considerável fragilidade diante das alterações climáticas, especialmente no que diz respeito à escassez hídrica.

A seca, caracterizada por períodos prolongados de escassez de água, é consequência de uma série de estiagens e de um padrão irregular de precipitações. Esse fenômeno natural, agravado pelas mudanças climáticas, causa danos significativos à agricultura, à pecuária e à disponibilidade de água para consumo humano, afetando principalmente as populações mais vulneráveis, como as de baixa renda e com menor acesso à educação (IPCC, 2022).

É importante destacar que os riscos que a população tem sido submetida podem desencadear uma variedade de questões, tanto no âmbito social quanto no ambiental. A escassez de recursos, a carência de informações, a pobreza, o desmatamento, entre outros, são elementos que podem aumentar a vulnerabilidade das pessoas tanto ambientalmente quanto socialmente.

Assim, é crucial compreender a incidência do fenômeno de seca extrema, a condição de risco e vulnerabilidade na área, além dos perigos que podem afetar, de forma direta ou indireta, o estilo e a qualidade de vida das pessoas. (Freitas; Cunha, 2013)

As secas prolongadas, devido à carência de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável com o intuito de reduzir os riscos, impactaram significativamente vastas populações na região semiárida, contribuindo para o agravamento das vulnerabilidades sociais, econômicas e tecnológicas.

Ao longo dos anos, o governo tem atuado na implantação de estruturas para a disponibilização de água visando garantir o abastecimento humano e animal e viabilizar a irrigação. Contudo, os investimentos costumam ser feitos de forma abrupta, em resposta às crises de seca, resultando em uma abordagem assistencialista que frequentemente se mostra inadequada e ineficaz.

Baseando-se nessa premissa, os pequenos municípios são os mais suscetíveis e menos preparados para enfrentar os desafios ambientais, econômicos e sociais que estão se tornando cada vez mais importantes com as mudanças climáticas.

Portanto, partindo do pressuposto de que não é uma tarefa fácil prever períodos de secas prolongadas, considerando que a região semiárida brasileira é muito extensa e complexa, torna-se necessária uma preparação constante para esses eventos extremos aos municípios. Para tanto, é fundamental analisar a vulnerabilidade de cada área e suas especificidades, buscando construir uma convivência sustentável com o semiárido.

Dentro desse contexto, este estudo adota uma perspectiva baseada em indicadores socioambientais, visando destacar a possibilidade de conviver com o semiárido. Abordando os municípios de pequeno porte I e II situados no Polígono das Secas, conforme o IBGE (2017), os municípios com até 20.000 habitantes são designados como pequeno porte I; aqueles com 20.001 até 50.000 habitantes são classificados como pequeno porte II.

O trabalho propõe desenvolver um mapa de indicadores personalizados para a região, a fim de auxiliar na gestão de eventos de seca. Essa ferramenta permitirá identificar áreas mais vulneráveis, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população.

Como contribuição científica, este trabalho busca colaborar com o poder público na gestão de riscos relacionados à seca, através da elaboração de um índice de vulnerabilidade que permita identificar as áreas mais suscetíveis e orientar a tomada de decisões para a melhoria da resiliência dos municípios de pequeno porte localizados no Polígono das Secas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Aplicação de indicadores de vulnerabilidade à seca, com enfoque ambiental, social e econômico em municípios paraibanos de pequeno porte localizados no Polígono das Secas.

2.2 Objetivos Específicos

- Mapear o índice de vulnerabilidade à seca, no geral, e os indicadores de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa à seca para municípios paraibanos de pequeno porte;
- Fazer uma análise aprofundada da vulnerabilidade de municípios de pequeno porte (I e II) a eventos de seca, identificando os principais fatores que contribuem para essa condição nas diversas mesorregiões do estado da Paraíba;
- Discutir o papel dos indicadores como ferramentas estratégicas para auxiliar na tomada de decisões e no planejamento de ações por parte dos gestores públicos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Semiárido

Os relatórios do IPCC indicam que o Brasil é um dos países mais vulneráveis às mudanças climáticas atuais e mais ainda às que se projetam para o futuro, especialmente quanto aos extremos climáticos. As áreas mais vulneráveis compreendem a Amazônia e o Nordeste do Brasil. Segundo os relatórios do IPCC (2014) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Vieira, 2015), o semiárido tenderá a tornar-se mais árido.

A sucessão de secas que impactam severamente a população é documentada desde a chegada dos portugueses, no Século XVI. No sentido estrito da palavra, seca refere-se a um período de estiagem, caracterizado pela ausência de umidade. Trata-se da escassez ou da distribuição inadequada das chuvas.

Em relação a alguns conceitos de seca, pode-se mencionar Palmer (1965), que definiu o fenômeno como um período, geralmente de meses ou até anos, no qual a precipitação diminui consideravelmente em comparação com o padrão climatológico esperado ou apropriado. Quanto à sua previsibilidade, Filgueira (2004) afirma que, embora as secas sejam um fenômeno recorrente na região semiárida brasileira, prever uma seca não é uma tarefa tão simples como se pensava anteriormente.

De acordo com os dados do IBGE (2017), a região semiárida brasileira é a maior do mundo, abrange uma área de 982.563,3 km², que corresponde a 11,5% do território nacional e 56,5% da região nordeste.

Embora o termo semiárido esteja comumente associado a uma determinada região geográfica, é importante ressaltar que, primordialmente, semiárido refere-se a um tipo de clima. Existem diversas classificações utilizadas para descrever o clima, sendo uma das mais destacadas a de Köppen ou Köppen-Geiger. De acordo com Álvares *et al.* (2013):

A classificação climática de Köppen continua sendo o sistema mais amplamente usado pelas sociedades geográficas e climatológicas em todo o mundo, com regras simples e letras de símbolos climáticos bem reconhecidas. No Brasil, a climatologia é estudada há mais de 140

anos e, entre os diversos métodos propostos, o sistema de Köppen continua sendo o mais utilizado.

Nesta classificação o clima semiárido é classificado como clima semiárido quente (BS"h") que significa:

Clima semiárido quente (BS "h"): É caracterizado por escassez de chuvas e grande irregularidade em sua distribuição; baixa nebulosidade; forte insolação; índices elevados de evaporação, e temperaturas médias elevadas (por volta de 27°C). A umidade relativa do ar é normalmente baixa, e as poucas chuvas - de 250 mm a 750 mm por ano - concentram-se num espaço curto de tempo, provocando enchentes torrenciais. Mesmo durante a época das chuvas (novembro a abril), sua distribuição é irregular, deixando de ocorrer durante alguns anos e provocando secas. A vegetação característica desse tipo de clima é a xerófila (Caatinga). Esse tipo de clima predomina no interior da Região Nordeste, norte de Sergipe, oeste de Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, e centro, noroeste, norte e nordeste da Bahia (EMBRAPA, s.d.).

No que diz respeito aos solos, estes são predominantemente rasos, com exposição de rochas e presença de pedregulhos no chão. Aproximadamente metade das terras no semiárido é de origem cristalina, o que não propicia a retenção de água, enquanto a outra metade é composta por solos sedimentares, que possuem uma capacidade satisfatória de armazenar águas subterrâneas. (Brasil, 2011)

A caatinga, que abrange a maior parte do semiárido brasileiro, é o único bioma exclusivo do Brasil e exibe uma grande diversidade de paisagens, com uma rica biodiversidade e a presença de espécies endêmicas. No entanto, ao longo dos anos, tem enfrentado sérios problemas de degradação.

No semiárido, prevalece uma economia de subsistência, com plantações dispersas ou consorciadas. A agricultura é apenas um dos setores que compõem a economia da região. A pecuária extensiva é amplamente praticada, sendo considerada a principal fonte de subsistência pelos criadores durante os períodos de seca.

Para Melo (1999), dentre os riscos que a população tem sido submetida, aumentando sua vulnerabilidade, está a pecuária extensiva e a agricultura inadequada no semiárido, além de uma falta de desenvolvimento das forças produtivas na zona semiárida.

Conforme apontado por Feitosa (2010), a ausência de uma infraestrutura adequada para lidar com o clima seco tem sido a principal origem dos perigos no semiárido nordestino. Durante décadas, o Nordeste vem sendo considerado como uma 'região problema' devido às questões da seca, e a maioria dos danos ocasionados são decorrentes de políticas públicas inadequadas para enfrentar os problemas da região.

A história das políticas brasileiras no semiárido, teve por característica efetivar as estratégias para combater a seca, e as políticas atuavam com soluções tecnológicas descontextualizadas, sem preocupação com o desenvolvimento da economia local e desprovidas da atenção aos saberes e práticas locais.

Em 1909, houve a criação do Instituto de Obras Contra as Secas (IOCS), que, posteriormente, em 1945, viria a se denominar Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), sendo o primeiro órgão a estudar a problemática do semiárido. Construiu açudes, pontes, portos, hospitais, implantou redes de energia elétrica e telegráficas, usinas hidrelétricas, até a criação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). (Guerra, 2021)

O Polígono das Secas é uma região geográfica definida pela Lei nº 175/1936, revisada em 1951 pela Lei 1.348, a fim de intensificar o combate à seca nas áreas mais áridas do país. No seu Art. 1º, a Lei 1.348/1951 dispõe sobre a revisão dos limites da área do Polígono das Secas.

É estabelecida a seguinte revisão nos limites da área do polígono das secas, previstos na Lei número 175, de 7 de janeiro de 1936, e no Decreto-lei nº 9.857, de 13 de setembro de 1946; a poligonal que limita a área dos Estados sujeitos aos efeitos das secas, terá por vértices, na orla do Atlântico, as cidades de João Pessoa, Natal, Fortaleza e o ponto limite entre os Estados do Ceará e Piauí na foz do rio São João da Praia; a embocadura do Longá, no Parnaíba, e, seguindo pela margem direita deste, a afluição do Uruçuí Preto cujo curso acompanhará até as nascentes; a cidade de Gilbués, no Piauí; a cidade de Barras, no Estado da Bahia; e, pela linha atual, cidades de Pirapora, Bocaiuva, Salinas e Rio Pardo de Minas, no Estado de Minas Gerais; cidades de Vista Nova, Poções e Amargosa, no Estado da Bahia; cidades de Tobias Barreto e Canhoba, no Estado de Sergipe; cidade de Gravatá, no Estado de Pernambuco; e cidade de João Pessoa, no Estado da Paraíba. (Brasil, 1951)

Definido pela Resolução 11.135 da SUDENE, o Polígono das Secas abrange 1.108.434,82 km² e engloba 1.348 municípios em nove estados: Piauí

(214), Ceará (180), Rio Grande do Norte (161), Paraíba (223), Pernambuco (145), Alagoas (51), Sergipe (32), Bahia (256) e Minas Gerais (86).

É reconhecida pela legislação como a área do nordeste brasileiro composta de diferentes zonas geográficas com distintos índices de aridez e sujeita a repetidas crises de prolongamento das estiagens. (Brasil, 1951)

A área do semiárido nordestino e do polígono das secas foi delimitada com base em três critérios técnicos: a isoietas (linha curva que representa pontos de igual pluviosidade, utilizada em representações cartográficas meteorológicas) de 800 mm, no Índice de Aridez de Thorntwaite de 1941 (municípios com índice de até 0,50) e no Risco de Seca (superior a 60%). (IBGE, 2021)

Portanto, é fundamental ter conhecimento sobre o papel desempenhado pelo Polígono das Secas para reconhecer a sua relevância, uma vez que os municípios localizados nessa área apresentam necessidades prioritárias em relação ao apoio no enfrentamento dos desafios causados pela seca. São providências de auxílio: construções de açudes, poços artesianos, transposições de rios e utilização de caminhões-pipa em tempos de estiagem.

Em diversos cenários, as necessidades ligadas ao clima seco no território do Polígono das Secas são reconhecidas e abordadas, contudo, não são completamente implementadas, sendo adotadas apenas medidas temporárias e com resultados limitados na resolução da questão.

A mudança de paradigma em direção à convivência com o semiárido, que ganhou força a partir do final do século XX, tem impulsionado a realização de numerosos estudos. Esses estudos visam, por um lado, mitigar os efeitos das secas e, por outro, promover práticas de convivência com o meio ambiente, fortalecendo o protagonismo de comunidades e instituições locais na busca por soluções sustentáveis para a região. (Pontes; Campos, 2013)

Diante disso, por meio da Lei Nº 9950, de 7 de janeiro de 2013, o governo da Paraíba, instituiu a Política Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, criando o Programa Estadual de Combate à Desertificação (PAE-PB) visando garantir um desenvolvimento sustentável do semiárido paraibano. Essas ações pretendidas serão desenvolvidas juntamente com as políticas públicas já em vigor, sendo um instrumento de construção e referência para o uso produtivo e sustentável do espaço semiárido paraibano, com o

combate à desertificação e a mitigação dos efeitos da seca na Paraíba. (PAE-PB, 2023)

Todavia, as questões que envolvem a interação entre os governos estadual e federal, os programas de apoio da iniciativa privada e as políticas de desenvolvimento frequentemente priorizam as grandes metrópoles, deixando de lado as localidades menores.

Isso ocorre porque não têm sido consideradas as particularidades físicas, econômicas e culturais de cada localidade, falhando, portanto, em solucionar problemas estruturais de maneira apropriada. Além disso, os desafios enfrentados pelas grandes cidades recebem muita atenção e destaque, já os municípios de pequeno porte no Brasil parecem ser negligenciados.

3.2 Definição de Municípios de Pequeno Porte

A dimensão do tamanho populacional foi segmentada em quatro categorias: pequeno porte I, pequeno porte II, médio porte e grande porte. Conforme definido pelo IBGE, a classificação dos municípios é determinada pelo número de residentes em nível local.

Assim, os municípios com até 20.000 habitantes são designados como pequeno porte I; aqueles com 20.001 até 50.000 habitantes são classificados como pequeno porte II; os que possuem entre 50.001 e 100.000 habitantes são considerados de médio porte; e aqueles com uma população entre 100.001 e 900.000 habitantes são categorizados como de grande porte. (IBGE, 2017)

No ano de 2019, o Brasil apresentava um total de 5.570 municípios, dos quais apenas 5 foram criados desde 2010. As estatísticas revelam uma predominância de municípios de pequeno porte em todo o país: o menor município, em termos de população, tinha 781 habitantes, enquanto o maior, até o 90º percentil, possuía 59.730 habitantes. (IBGE, 2019)

Uma análise adicional em termos de quartis mostra que os 25% menores municípios brasileiros tinham até 5.446 habitantes (abrangendo 2,35% da população total do país); os 50% primeiros municípios tinham uma população de até 11.631 habitantes (abrangendo 7,78% da população total); e os 75%

primeiros municípios tinham no máximo 25.492 habitantes (abrangendo 19,30% da população total). Isso indica que o Brasil é formado por muitos municípios de pequeno porte, porém, eles englobam apenas uma pequena parte da população.

A população na Região Nordeste é distribuída por 1.794 municípios, de nove estados, sendo 65,6% deles classificados como de pequeno porte. No estado da Paraíba há 189 municípios de pequenos portes I e II.

O IBGE (s.d.) divulga periodicamente uma pesquisa sobre o Perfil dos Municípios Brasileiros (Munic) e sua capacidade institucional para enfrentar episódios de seca. De acordo com os resultados de 2020, as secas atingem principalmente municípios brasileiros de pequeno porte, pois 51% dos que registraram seca contavam com até 50 mil habitantes.

A maioria desses municípios enfrenta: condições restritas, tanto na oferta de serviços quanto na gestão, o que dificulta a implementação das políticas públicas decorrentes da descentralização; pouca autonomia na administração dos orçamentos municipais e uma capacidade reduzida de arrecadação fiscal, resultando em menor disponibilidade de recursos; além de um poder limitado de decisão dos gestores locais nas instâncias de governança.

Os municípios de pequeno porte enfrentam impactos de desastres em vários níveis, devido às suas diversas características econômicas e sociais. Para minimizar os danos materiais e humanos, é essencial adotar uma abordagem que leve em conta diferentes dimensões de resiliência e adaptação, considerando suas vulnerabilidades.

3.3 Conceito de Vulnerabilidade

Na literatura, é possível identificar diversos termos que descrevem o conceito de vulnerabilidade. Estes incluem grupos populacionais expostos ou propensos a sofrer lesões e danos, assim como uma interação de fatores que indicam o nível em que a segurança do indivíduo é comprometida por eventos extremos ou por uma sequência de acontecimentos imprevistos na sociedade e na natureza, os quais causam impacto em determinada área geográfica.

A vulnerabilidade é analisada considerando os prejuízos que podem afetar a capacidade de sustento a longo prazo, e não apenas os impactos diretos

durante a ocorrência de eventos de risco. Grupos vulneráveis são aqueles que têm dificuldades significativas para recuperar seus meios de subsistência logo após eventos extremos, o que os torna ainda mais propensos a sofrer com futuros riscos.

Em 1993, Wilches-Chaux definiu a vulnerabilidade como sendo a incapacidade que a comunidade tem para se adaptar a exposições dos efeitos de uma determinada mudança em seu ambiente.

Confalonieri (2001) define vulnerabilidade como sendo a exposição de indivíduos ou grupos aos estresses resultantes de mudanças sociais e ambientais. O IPCC (2001) alerta que as desigualdades sociais serão acentuadas pelas mudanças climáticas, com as populações mais vulneráveis, ou seja, aquelas com menos recursos, sofrendo os impactos mais severos.

Ainda, conforme Acsehrad (2006) a vulnerabilidade está associada à exposição a riscos e designa a maior ou menor susceptibilidade de pessoas, lugares, infraestruturas ou ecossistemas. A vulnerabilidade é uma característica ligada a uma condição humana e ao sistema em que o ser humano vive.

De acordo com a Lei nº12.187, Artigo 2º, inciso X, de 29/12/2009 da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), a vulnerabilidade é:

Grau de suscetibilidade e incapacidade de um sistema, em função de sua sensibilidade, capacidade de adaptação, e do caráter, magnitude e taxa de mudança e variação do clima a que está exposto, de lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, entre os quais a variabilidade climática e os eventos extremos. (Brasil, 2009)

Segundo Cutter (2011), a vulnerabilidade enfrentada por uma população específica está relacionada aos elementos que a colocam em perigo, juntamente com a região em que vive, o que pode aumentar significativamente o nível de risco enfrentado. A vulnerabilidade refere-se à possibilidade de sofrer prejuízos e inclui tanto os "fatores de exposição ao risco", quanto os "fatores de propensão", que estão relacionados às condições que a população possui para ampliar ou reduzir sua capacidade de lidar com os problemas enfrentados em sua região.

A vulnerabilidade é algo inerente a uma população determinada e varia de acordo com suas possibilidades culturais, sociais e econômicas (Sousa *et al.*,

2008). A ciência da vulnerabilidade busca examinar não apenas as causas que influenciam as capacidades locais, mas também os elementos que ajudam na preparação e na recuperação após a ocorrência de eventos extremos. Isso é feito considerando de forma comparativa os diversos padrões resultantes desses eventos. (Cutter, 2011)

De acordo com Adger (2006), a vulnerabilidade está atrelada com os seguintes fatores: susceptibilidade à exposição, sensibilidade e a capacidade adaptativa ou de resposta do sistema, o estudo desses fatores permite a avaliação da maior ou menor vulnerabilidade de um sistema a determinadas questões ambientais.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (Mccarthy *et al.*, 2001; Bhattacharya & Dass, 2007) define que a vulnerabilidade de uma entidade é caracterizada por uma função, sendo definida como:

$$\text{VULNERABILIDADE} = f \{ \text{EXPOSIÇÃO; SENSIBILIDADE; CAPACIDADE ADAPTATIVA} \}$$

Sendo:

- A Exposição representa a amplitude e o tempo de exposição evento experimentado pela entidade ou indivíduo;
- A Sensibilidade representa o impacto do evento que pode resultar na redução de bem-estar social, devido à incapacidade do local e dos indivíduos absorverem a energia emanada pelo evento;
- A Capacidade Adaptativa representa a extensão que a entidade ou indivíduo pode ter em modificar o impacto do evento com o intuito de reduzir a sua vulnerabilidade.

Neste contexto, um sistema será mais vulnerável quanto maior for sua exposição, maior for a sua sensibilidade e menor for sua capacidade adaptativa.

É certo que, alguns indivíduos enfrentam maior vulnerabilidade, face a elementos naturais, socioeconômicos ou físicos. A possibilidade de que uma determinada comunidade, área geográfica, estrutura ou serviço ser prejudicado ou interrompido deve ser levada em consideração, já que estão sujeitos a uma variedade de impactos, aumentando assim seu risco de vulnerabilidade. A

insegurança enfrentada por indivíduos, famílias e comunidades diante de um ambiente em constante mudança é uma preocupação contínua.

3.4.1 Índice de Exposição

O grau de exposição de uma população específica está associado à natureza e à intensidade do estresse ambiental, particularmente climático, sobre um território ou sistema humano. Essas características englobam a magnitude, a frequência, a duração e a extensão espacial do estresse. (Camarinha *et al.*, 2015)

A *Un International Strategy for Disaster Reduction - UNISDR (2009)* assume que o índice de exposição se dá a partir de propriedades, pessoas, sistemas ou outros elementos que estão presentes nas zonas de risco, assim sendo sujeitas a perdas potenciais. Já em relação à quantificação e qualificação da exposição, ela pode ser metrificada através do número de pessoas e/ou tipos de atividades dentro de uma área considerada de risco.

De acordo com o IPCC a exposição pode ser compreendida como a presença de pessoas, atividades trabalhistas, natureza, funções ambientais, recursos, infraestrutura ou até ativos econômicos, sociais e culturais em determinados locais que podem ser afetados e assim considerados de risco (IPCC, 2014b).

Em seu estudo sobre indicadores de vulnerabilidade à seca nos estados indianos, Bhattacharya e Dass (2007), no projeto BASIC, argumentam que a exposição à seca envolve uma série de fatores e fenômenos interconectados. Os autores ressaltam a importância de analisar indicadores que capturam tanto as características intrínsecas da seca, como sua intensidade e duração, quanto sua relação com as mudanças climáticas.

A exposição, como componente da vulnerabilidade, é capaz de tornar ambientes e populações mais propensas a sofrerem impactos climáticos. De maneira geral, a exposição é influenciada por múltiplos fatores e o risco apresentado pela mudança do clima poderá se concretizar em impactos mais ou menos severos a depender das características dos SSE (Sistemas Socioecológicos).

3.2.2 Índice de Sensibilidade

De acordo com Buckley (1982), a sensibilidade é entendida como a fragilidade de um ambiente diante de eventos extremos, bem como os efeitos e mudanças que esses eventos provocam, colocando a população em situação de ter que tomar decisões sobre os impactos sofridos.

Bhattacharya e Dass (2007) afirmam que, a sensibilidade pode refletir o efeito do evento, o qual pode levar à diminuição do bem-estar social caso a comunidade e seus moradores não consigam lidar com a energia gerada por essa ocorrência.

Também pode ser definida como o grau com que um determinado sistema tem possibilidade de ser afetado, de maneira adversa ou benéfica, pela variação do clima (IPCC, 2014). Esse componente diz respeito às susceptibilidades dos SSE (Sistemas Socioecológicos) no atual momento, como a exemplo de condições de moradia e de acesso a bens e serviços ou a intensidade de uma doença com incidência modulada pelo clima que recai sobre determinada população.

De acordo com Pavan (2012), a sensibilidade socioambiental se faz fundamental para a formação da base de prevenção relacionada a eventos naturais de qualquer magnitude. Desta forma, a implementação e efetividade da prevenção são influenciadas pela percepção individual, relacionada a características pessoais, sociais e culturais.

3.4.3 Índice de Capacidade Adaptativa

Este conceito pode ser compreendido, segundo Eird (2009), como uma combinação de todas as forças e recursos disponíveis dentro de uma comunidade, sociedade ou organização que pode reduzir o nível de risco ou os efeitos de um evento ou desastre.

A capacidade pode também ser descrita como uma aptidão. Esse mesmo significado traz a definição de “capacidade de enfrentar”, que é entendida como: meios pelos quais a população ou organizações utilizam habilidades e recursos

disponíveis para enfrentar consequências adversas que podem conduzir a um desastre. Em geral, isso implica na gestão de recursos tanto em períodos normais como durante tempos de crise ou condicionantes adversas. O fortalecimento das capacidades de enfrentar com frequência compreende uma melhor resiliência para lidar com os efeitos das ameaças naturais e antropogênicas.

A capacidade adaptativa está relacionada à habilidade dos sistemas, instituições, outros organismos e pessoas, de se ajustar ou se adaptar a um potencial dano, tirar proveito das oportunidades ou de reagir às consequências advindas da mudança do clima. (IPCC, 2014)

Esta capacidade representa uma característica externa ao ambiente ou organismo impactado, considerando aspectos como o papel das instituições, governo (governantes), gestão e capital social que permitem às populações alterar seu funcionamento em reação a um impacto, no caso, a mudança climática.

Conforme apontado por Carpenter *et al.* (2001), Peterson *et al.* (1998) e Bengtsson *et al.* (2003), a capacidade adaptativa de um sistema é crucial para lidar eficazmente com situações transformadoras, de modo a não comprometer as oportunidades futuras. Portanto, é essencial melhorar a capacidade de adaptação da sociedade a uma variedade de eventos.

Quanto maior a capacidade de adaptação de uma população às mudanças climáticas, menos vulnerável ela será aos seus impactos. Essa lógica é inversa aos parâmetros de sensibilidade e exposição, que, quanto maiores, maior a vulnerabilidade da população aos impactos das mudanças climáticas.

4 VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

A vulnerabilidade social e ambiental está conectada a uma variedade de fenômenos e situações que causam mudanças em várias esferas, incluindo aspectos ambientais, econômicos, políticos, sociais e biológicos. Esses distúrbios, manifestados em diferentes áreas, são percebidos e impactam a comunidade conforme discutido por Tominaga (2009).

A vulnerabilidade socioambiental de um município ou de uma comunidade diante de eventos extremos como secas, enchentes, terremotos e incêndios, os quais resultam em danos significativos na região afetada, afeta adversamente o equilíbrio tanto individual quanto coletivo das pessoas, acarretando uma série de desafios para as instituições encarregadas de lidar com aspectos sociais, culturais e econômicos da sociedade. (Freitas; Cunha, 2013)

Em muitos casos, a vulnerabilidade social e ambiental está diretamente ligada à situação socioeconômica dos indivíduos, influenciada por diversos fatores como idade, etnia, gênero, entre outros. É comum que as pessoas pertencentes a classes sociais menos favorecidas sejam mais afetadas pelos riscos ambientais do que aquelas de maior poder aquisitivo, embora haja uma correlação contínua entre ambos os grupos. (Vasta, 2004)

Em regiões áridas e semiáridas de países em desenvolvimento, é evidente uma significativa fragilidade social e ambiental. Nestas áreas, os assentamentos humanos proliferaram, resultando na redução da capacidade produtiva do solo. Essas alterações no uso da terra têm como consequência a diminuição da taxa de evapotranspiração durante os períodos de chuva, levando a uma redução das precipitações para níveis insuficientes para atender às necessidades, como discutido por Hudak (1999) e Niamir-Fuller (1999).

A exposição ao risco enfrentado por uma sociedade considera não apenas sua vulnerabilidade, mas também as estratégias disponíveis para lidar com os impactos. Essas estratégias são fortemente influenciadas pela Capacidade Adaptativa da comunidade. (Mcintire *et al.*, 2010)

A vulnerabilidade abrange dois aspectos distintos: um externo, relacionado aos riscos provenientes de choques e estresses aos quais

indivíduos ou sociedades estão expostos, e um interno, caracterizado pela falta de recursos para lidar com esses desafios sem sofrer perdas graves. A vulnerabilidade é vista como um fator que reflete a exposição física a eventos naturais, indicando o grau em que ameaças ambientais impactam uma população específica, conforme discutido por Vasta (2004).

As soluções para minimizar os impactos dos eventos extremos não se limitam apenas às dimensões físicas da vulnerabilidade social e ambiental. Reduzir a vulnerabilidade exige mudanças em áreas políticas, sociais e econômicas da sociedade, visando a diminuição dos impactos e das catástrofes que afetam muitas pessoas. Algumas pesquisas indicam que as populações podem desenvolver capacidade de proteção contra eventos extremos, como secas, quando incentivadas por políticas governamentais. (Dash *et al.* 2010)

4.1 Indicadores como Ferramenta de Gestão

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2008), os indicadores são ferramentas constituídas de variáveis que, associadas a partir de diferentes configurações, expressam significados mais amplos sobre os fenômenos a que se referem.

O indicador pode ser constituído de uma ou mais variáveis que uma vez associadas permitem: descrever, classificar, ordenar, medir e comparar. Tem o intuito de organizar e captar as informações relevantes dos elementos que compõem o objeto da observação possibilitando uma melhor tomada de decisão. (Brasil, 2012)

Indicadores simples são desenvolvidos com base em uma única dimensão selecionada e específica, enquanto indicadores compostos ou sintéticos são construídos a partir de um conjunto de informações ou indicadores simples que abrangem diversas dimensões. (Jannuzzi, 2001)

O índice composto ou indicador composto consiste em uma combinação de vários indicadores que têm como objetivo simplificar a complexidade, possibilitando comparações entre as unidades analisadas e facilitando a compreensão da realidade. Esses indicadores são construídos a partir de dados

fundamentais e coletados de forma sistemática. (Saisana; Tarantola, 2001; OCDE, 2008)

Um indicador deve fornecer uma resposta imediata às mudanças efetuadas ou ocorridas em um dado sistema. As relações entre os indicadores (conjunto de indicadores) e o padrão de respostas dos sistemas podem permitir a previsão de futuras condições. As medidas devem evidenciar modificações que ocorrem em uma dada realidade, principalmente as mudanças determinadas pela ação antrópica. (Marzall, 1999)

É importante compreender os indicadores como informações quantitativas que permitem que um componente ou ação de um sistema seja descrito nos limites do conhecimento atual (Junior, 2010). De acordo com Schuschny; Soto (2009), um indicador composto exige duas características básicas 1) a definição clara do atributo a ser medido e 2) a existência de informação confiável para construir a métrica desejada.

Os indicadores devem cumprir os seguintes critérios: eles precisam ser válidos, o que significa que devem medir de fato o que se pretende medir; devem ser objetivos, ou seja, produzir o mesmo resultado quando medidos por pessoas diferentes em circunstâncias semelhantes; devem ser sensíveis, ou seja, capazes de detectar mudanças na situação; e devem ser específicos, ou seja, refletir apenas as mudanças ocorridas na situação em questão. (Aisse *et al.*, 2003)

Bhattacharya e Dass (2007) apresentam um estudo sobre os indicadores de vulnerabilidade à seca nos estados da Índia, analisando as ações implementadas para reduzir as vulnerabilidades enfrentadas pela população. Esse estudo foi financiado pela União Europeia e intitulado de projeto BASIC.

O Projeto BASIC é um projeto de fortalecimento de capacidades – financiado pela Comissão Europeia – que apoia a capacidade institucional do Brasil, Índia, China e África do Sul para realizar trabalhos analíticos para determinar quais tipos de ações de mudança climática melhor se encaixam em suas circunstâncias, interesses e prioridades nacionais atuais e futuras. Financiamento adicional para o BASIC também foi gentilmente fornecido pelo Reino Unido, Departamento de Meio Ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais e pelo Escritório Australiano de Gases do Efeito Estufa. (Winrock International, 2007)

Outro exemplo a ser citado da utilização de indicadores de vulnerabilidade à seca é o trabalho realizado por Salvati *et al.* (2009). Esses autores buscaram desenvolver um índice sintético de vulnerabilidade à seca e à desertificação levando em conta informações como: mudanças climáticas, uso da terra, cobertura vegetal, características do solo e da população para parte da região da Itália.

A gestão pública utiliza indicadores como base para a organização de informações e para o planejamento estratégico, permitindo a inclusão de temas relevantes na agenda governamental. Estes indicadores fornecem subsídios para a elaboração de diagnósticos em diferentes escalas espaciais, desde o nível intramunicipal até o intermunicipal, estendendo-se às esferas estadual e nacional. (Colleta, 2007)

A aplicação de indicadores abrange diversas etapas da gestão pública, permitindo a identificação de demandas e problemas, a avaliação das ações implementadas e o monitoramento do desempenho de programas e serviços. (Ton, 2023)

Em última análise, os indicadores são um mecanismo fundamental para apoiar a tomada de decisões e garantir a efetividade das políticas públicas, possibilitando o monitoramento e a avaliação do desempenho de programas e serviços. Através da coleta e análise sistemática de dados, é possível identificar áreas prioritárias de intervenção e estabelecer metas realistas e mensuráveis para a melhoria da qualidade de vida da população. (Oliveira, 2023)

4.2 Método Saaty

O *Analytic Hierarchy Process* (AHP), desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 1970, é uma técnica de apoio à decisão que auxilia os tomadores de decisão a enfrentar problemas complexos, dividindo-os em componentes menores e organizando-os hierarquicamente com base na importância relativa de cada elemento. Esse método pode ser aplicado em diversas áreas da ciência e engenharia, permitindo a avaliação de critérios tanto quantitativos quanto qualitativos.

O método foi desenvolvido quando Saaty trabalhava para a Agência de Controle de Armas e Desarmamento do Departamento de Estado Americano (Forman; Selly, 2002). Segundo Saaty (1970), o método AHP utiliza uma estrutura hierárquica para representar o problema de decisão, onde os elementos são organizados em níveis de importância crescente. Os tomadores de decisão são então solicitados a comparar pares de elementos em cada nível hierárquico, atribuindo-lhes valores relativos de acordo com critérios predefinidos.

De acordo com Saaty (1994), a vantagem do método é que ele utiliza valores de julgamentos baseados em experiência, intuição e dados concretos. Assim, a aplicação do AHP inclui e mede todos os fatores importantes, qualitativa e quantitativamente mensuráveis, sejam eles tangíveis ou intangíveis, para aproximar-se de um modelo realista em um problema de decisão.

Uva e Fatiguso (2018) destacam que este método é bem estruturado, possibilitando a obtenção de soluções precisas e confiáveis. Além disso, a ferramenta oferece uma compreensão mais aprofundada das atividades e das potencialidades do sistema avaliado.

4.3 AHP Simplificado

No método simplificado de ponderação por AHP, introduzido por Dortaj *et al.* (2019), após a definição dos diversos critérios, 10 especialistas foram convidados a expressar sua opinião sobre a importância de cada critério, através de um questionário baseado na escala de Saaty (de 1 a 9). Nesse método, o valor 1 é atribuído ao critério menos importante, enquanto o valor 9 é dado ao critério mais importante, e os valores intermediários (de 2 a 8) representam avaliações proporcionais.

O método da média geométrica foi utilizado para calcular a média das opiniões dos especialistas dando pontuações de importância em cada linha, e fornecendo um peso único para cada critério.

A média geométrica é obtida ao calcular a raiz n -ésima do produto de todos os valores considerados, sendo utilizada quando os dados analisados têm uma distribuição exponencial. Dessa forma, neste trabalho, o método de aproximação com o uso da média geométrica foi desenvolvido para a

ponderação dos critérios, já que ele contribui para minimizar as distorções geradas por valores extremos.

De acordo com Freitas (1998), a análise, a tomada de decisão e a seleção são elementos rotineiros do comportamento humano, destacando-se ainda mais em contextos científicos. Ele argumenta que cientistas, empresas privadas e entidades públicas empregam avaliações como ferramentas essenciais para impulsionar o progresso e aprimorar suas operações e negócios.

4.4 Entropia de Shannon

Em 1824, o físico francês Carnot postulou a Segunda Lei da Termodinâmica em seus estudos sobre energia. A partir desses estudos, associados a uma máquina térmica ideal, que seguiria um ciclo termodinâmico específico (Ciclo de Carnot), surgiu o conceito de entropia (Gyftopoulos, 1997). Segundo Cápek e Sheehan (2005), a entropia é definida como "uma medida quantitativa macroscópica da desordem microscópica".

Em 1877, o austríaco Ludwig Boltzmann desenvolveu uma interpretação estatística da entropia, estabelecendo uma ligação direta entre a entropia e a desordem molecular em processos térmicos aleatórios. (Nikulov; Sheehan, 2004)

Em 1948, Claude Shannon introduziu os fundamentos da Teoria Matemática da Comunicação, mais conhecida como Teoria da Informação, em seu artigo intitulado "A Mathematical Theory of Communication". A partir da adaptação da noção de entropia, originalmente empregada em estudos de energia, a análise matemática desenvolveu uma nova abordagem para quantificar a incerteza presente em dados.

A entropia de Shannon, derivada dessa teoria, é um método matemático para quantificar a incerteza em dados numéricos, considerando todos os tipos de informações disponíveis, o que permite medir o conteúdo informativo em fluxos de dados. (Shannon, 1951)

Segundo Lotfi e Fallahnejad (2010), o procedimento original da Entropia de Shannon pode ser expresso em uma série de etapas, e ainda, conforme

Araújo e Oliveira (2021), onde supor que alternativas m (A_1, A_2, \dots, A_m) e n critérios (C_1, C_2, \dots, C_m) para um problema de decisão, então a matriz de decisão inicial é apresentada a seguir:

$$\begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \cdots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \cdots & \alpha_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{m1} & \alpha_{m2} & \cdots & \alpha_{mn} \end{bmatrix} = [\alpha_{ij}]_{m \times n}$$

Etapa 1: Normalizar a matriz de decisão.

$$r_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{\sum_{i=1}^m \alpha_{ij}}, i = 1, 2, \dots, m.$$

Etapa 2: Calcular a entropia.

$$e_j = -K \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij}, j = 1, 2, \dots, n.$$

Sendo $K = \frac{1}{\ln M}$

Etapa 3: Determinar os pesos de cada critério.

$$W_{ij} = \frac{1 - e_j}{\sum_{i=1}^n (1 - e_j)}, j = 1, 2, \dots, n.$$

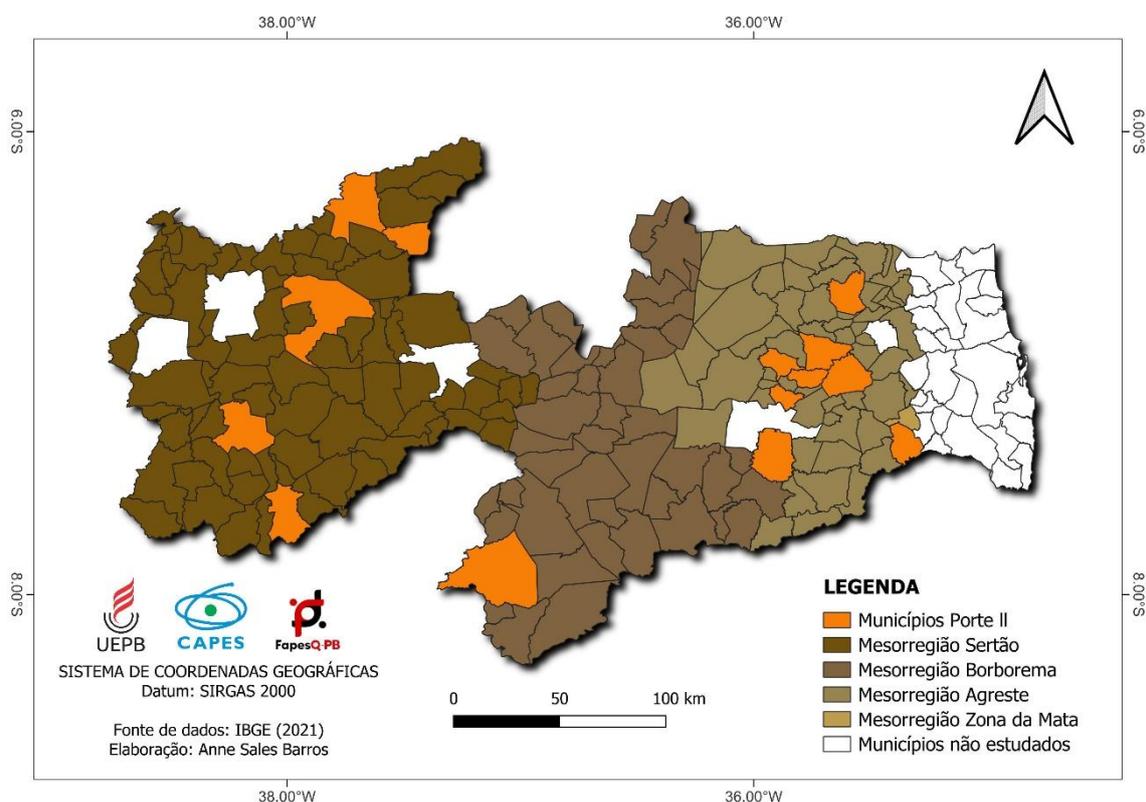
O conceito de entropia da informação está relacionado à ideia de que quanto maior a incerteza sobre o resultado de um experimento aleatório, maior será a quantidade de informação obtida ao observar o resultado. A entropia mede essa incerteza ou a quantidade de informação associada a um conjunto de dados. Assim, quanto maior a entropia, maior é a incerteza ou imprevisibilidade dos dados. (Lin, 1991)

5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Polígono das Secas é uma área de 1.108.434,82 km², correspondente a 1.348 municípios, que está inserida nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2021, foram contabilizados 193 municípios paraibanos localizados no polígono.

Para o estudo, foram contabilizados 189 municípios paraibanos localizados no Polígono das Secas (Figura 1), sendo esses caracterizados como de pequeno porte, conforme definição do IBGE (2017).

Figura 1 - Municípios Paraibanos de Pequeno Porte I e II.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2023.

Os municípios que serão a base para o estudo, estão divididos nas quatro mesorregiões paraibanas: Zona da Mata, Agreste Paraibano, Borborema e o Sertão Paraibano, contabilizando cerca de 1.173.618 habitantes em 2021, conforme os dados do IBGE.

A mesorregião da Zona da Mata conta com apenas 1 município que atende aos critérios para o estudo, sendo de pequeno porte I, a mesorregião do

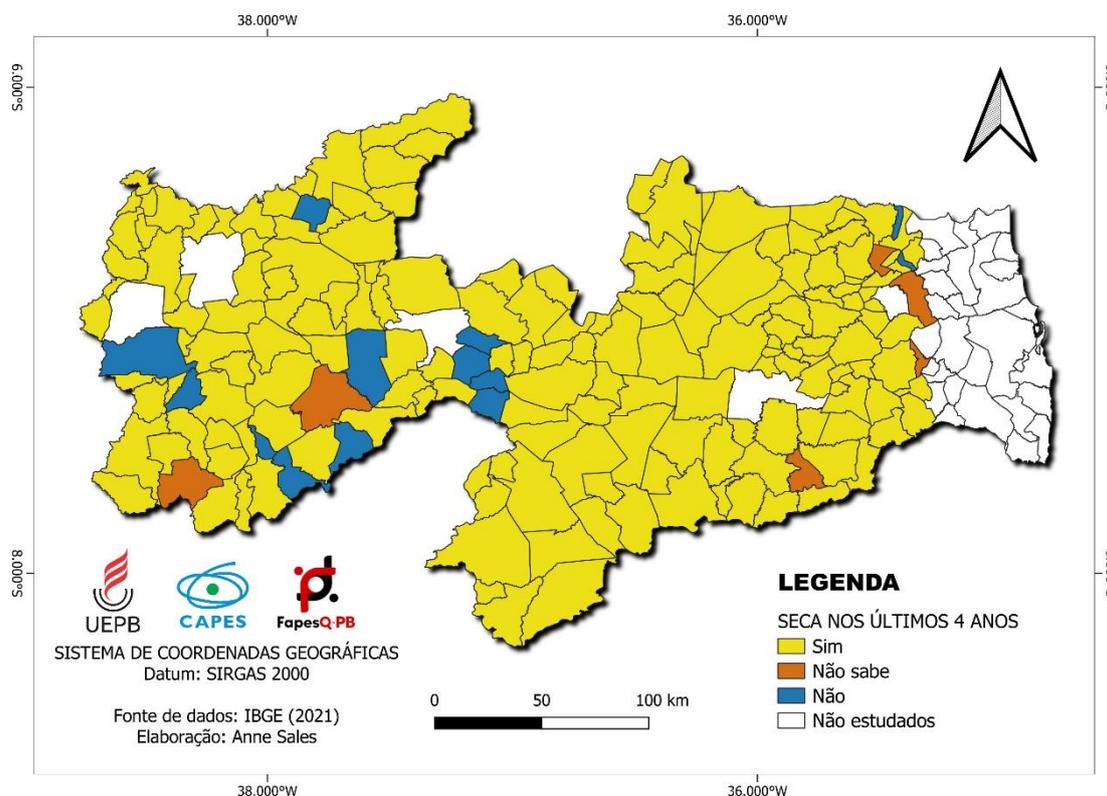
Agreste Paraibano tem 64 municípios que se enquadram nos critérios para o estudo, dos quais 56 são de pequeno porte I e 8 são de pequeno porte II, a mesorregião da Borborema, todos os municípios cumprem os critérios para o estudo, com 43 classificados como de pequeno porte I e 1 como de pequeno porte II, e a mesorregião do Sertão Paraibano inclui 80 municípios que satisfazem os critérios para o estudo, com 75 sendo de pequeno porte I e 5 de pequeno porte II.

Cada município possui características físicas, culturais e econômicas distintas. De acordo o IBGE (2019), as principais atividades econômicas desenvolvidas na Paraíba se relacionam com a agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura; atividades administrativas e serviços complementares; construção; informação e comunicação; educação; transporte, armazenagem e correios.

Os municípios escolhidos para o estudo, passaram por uma análise dos dados estatísticos disponibilizados na Pesquisa de Informações Básicas Municipais (Munic), que faz uma análise detalhada dos registros administrativos relacionados à estrutura e ao funcionamento das instituições públicas municipais (IBGE, 2021).

Os dados que detalham a realidade de cada município no Polígono das Secas constituem a base para a investigação deste trabalho, permitindo uma análise aprofundada da situação da região. Na Figura 2, são observados os municípios que foram atingidos por seca nos últimos 4 anos.

Figura 2 - Municípios que foram atingidos por seca nos últimos 4 anos.



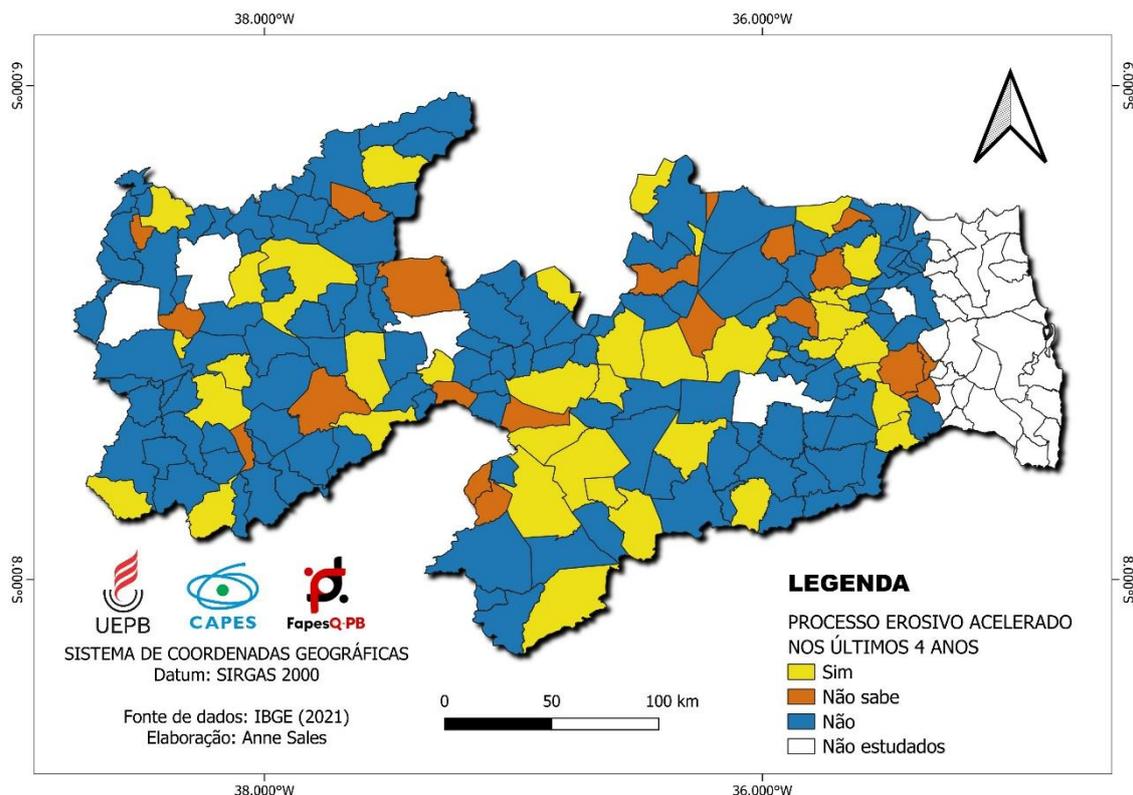
Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Com relação a esse aspecto, quase 90% dos municípios sofreram efeitos da seca entre os anos de 2018-2021, elevando dados dos incêndios florestais, migrações populacionais, o aumento de casos das doenças associadas à seca, e perdas consideráveis na produção agrícola.

Ainda relacionado a esse tema, outro fator relevante é o processo erosivo, que consiste no desgaste natural do solo, muitas vezes intensificado pela ação humana, pelas variações climáticas, pela declividade da área e pela ausência da cobertura vegetal, resultando na degradação do solo, como mostrado na Figura 3, onde 20,63% os municípios alegam que sofreram com a erosão.

É de grande importância verificar que, 10% dos municípios em estudo afirmaram não ter conhecimento sobre a ocorrência ou não de erosão acelerada, evidenciando a falta de um monitoramento contínuo por parte da gestão pública ao longo dos anos.

Figura 3 - Municípios que foram atingidos por processo erosivo acelerado nos últimos 4 anos.



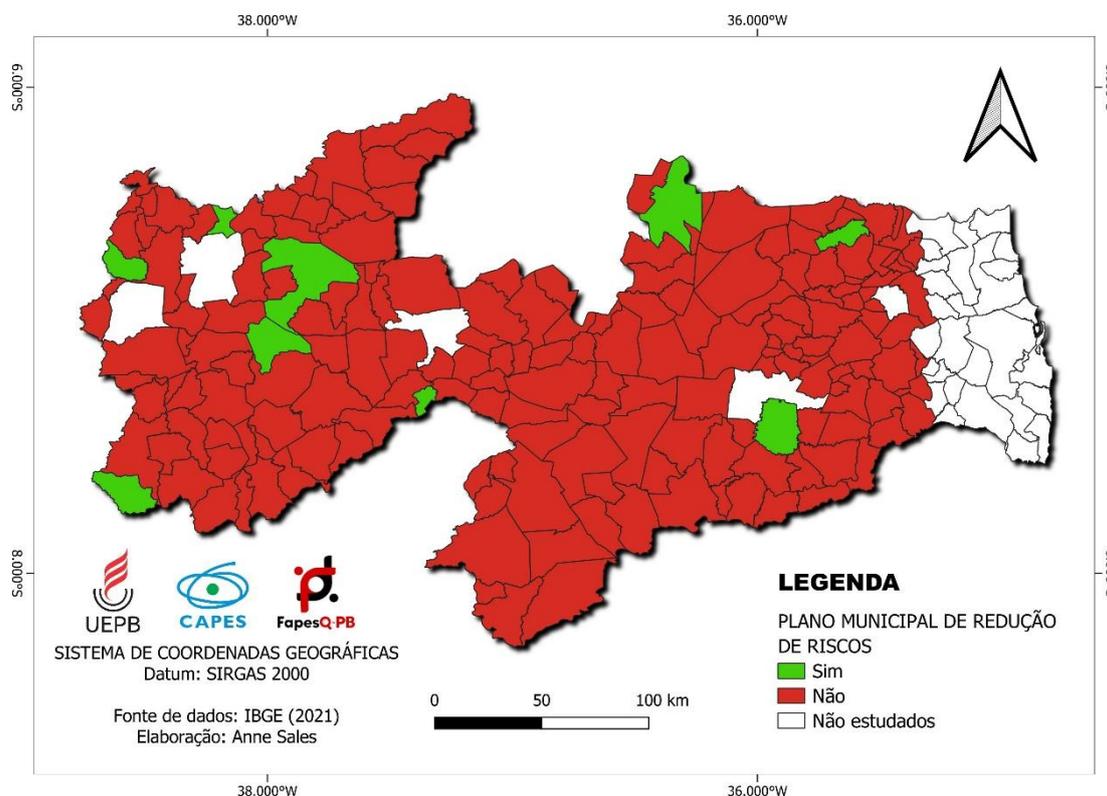
Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Com base nessas informações, é crucial analisar as ações que estão sendo tomadas pelos municípios para monitorar essas questões. E com o objetivo de regulamentar e orientar a formulação e implementação de políticas públicas no âmbito municipal, o Governo Federal Brasileiro promove a criação do Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR).

Elaborado com base na Lei Federal 12.608/2012, o Plano Municipal de Redução de Riscos atribui aos municípios a responsabilidade no estudo de áreas de risco, de forma a mapear os pontos mais críticos e apontar quais problemas podem ocorrer em cada local.

O processo de elaboração do PMRR costuma ser dividido em duas etapas: Mapeamento e setorização das áreas de risco; Sistematização das informações e proposição de ações. Na Figura 4, pode ser observado que, 95,23% dos municípios não têm o PMRR, o que significa que não há métricas ou diretrizes estabelecidas para implementar medidas que possam eliminar ou mitigar os riscos em áreas de ocupação ou uma dificuldade na sua elaboração.

Figura 4 - Plano Municipal de Redução de Riscos no estado da Paraíba.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

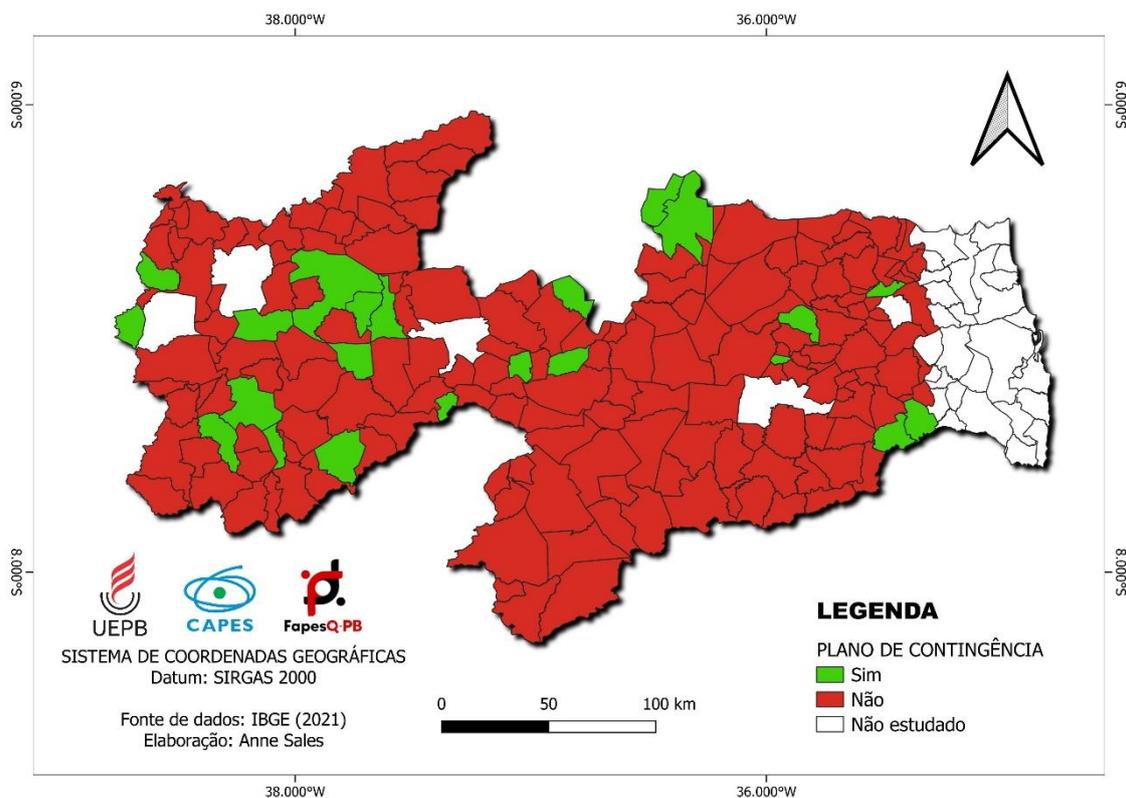
Assim, avançando para outro plano essencial aos municípios, o Plano de Contingência é um documento abrangente que antecipa diversas situações de emergência. Ele funciona como uma estrutura para a elaboração de planos mais específicos, como o Plano de Ação de Evento (PAE), que detalha as ações a serem tomadas em um evento particular.

Com o objetivo de lidar com situações inesperadas, o Plano de Contingência de um órgão público tem como objetivo lidar com situações imprevistas por meio de um planejamento preventivo e alternativo. Ele visa atender a eventos inesperados, como, por exemplo, um estado de calamidade pública, identificando as ações necessárias para minimizar o impacto na oferta de serviços à população.

O Plano de Contingência deve indicar de forma clara e objetiva as ações a serem tomadas e as responsabilidades atribuídas para enfrentar o evento. Esse documento tem o propósito de orientar, organizar e fornecer as respostas necessárias para intervir, controlar e mitigar as consequências e os impactos do

evento ocorrido. A Figura 5 evidencia os municípios paraibanos que possuem Planos de Contingência específicos para lidar com a seca.

Figura 5 - Municípios com o Plano de Contingência.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Apenas 11,64% dos municípios analisados possuem o Plano de Contingência, evidenciando a realidade que destaca a necessidade e a motivação para a estruturação de um índice de vulnerabilidade nessas localidades.

6 METODOLOGIA

A pesquisa, em seu desenvolvimento, compreendeu as seguintes atividades, desde a revisão bibliográfica até a realização de recomendações aos estudos futuros relacionados à vulnerabilidade à extrema seca. No Quadro 1, estão descritas as atividades desenvolvidas.

Quadro 1 - Atividades desenvolvidas.

FASES	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS
1ª Coleta de informações e dados	Revisão da Literatura
	Definição das variáveis a serem utilizadas, adaptadas e acrescentadas
	Levantamento da disponibilidade de dados entre os anos de 2021 - 2024 em sites oficiais governamentais e não governamentais
2ª Aplicação dos indicadores	Tabulação dos dados de cada variável
	Atribuição de pesos indicados pelo painel de especialistas
	Cálculo dos indicadores de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa
	Cálculo do índice de vulnerabilidade
3ª Análise dos Resultados	Mapeamento da distribuição espacial dos indicadores
	Análise comparativa entre os municípios de pequeno porte I e pequeno porte II
	Construção de possíveis cenários e a análise de sensibilidade
	Discussão dos resultados
4ª Epílogo	Conclusão
	Considerações e recomendações

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

6.1 Adaptação dos Indicadores à Seca

O presente trabalho procurou adaptar a duas metodologias aplicadas, primeiramente por Rosendo (2014), que foi por sua vez adaptada da metodologia original (Projeto BASIC de Bhattacharya e Dass, 2007), utilizada originalmente em 16 estados da Índia em um estudo comparativo entre os biênios 1990-1991 e 1999-2000.

Em Rosendo (2014), a metodologia foi adaptada devido às diferenças no recorte geográfico, na etnografia e na cultura entre os países Índia e Brasil. Essa adaptação foi necessária, especialmente porque Rosendo focou em aspectos sociais, econômicos, culturais e produtivos da região de três municípios da Paraíba, que são afetados por desastres relacionados à seca, motivando o uso da sua metodologia.

Concorrentemente, a segunda adaptação de Confalonieri *et al.* (2016) em que, a metodologia da matriz de indicadores é apresentada pelo Índice Municipal de Vulnerabilidade Humana à Mudança do Clima, que foi proposto no âmbito do

projeto “Modelo Conceitual para avaliação municipal da vulnerabilidade humana à mudança do clima no Brasil: contribuição da FIOCRUZ ao Plano Nacional de Adaptação”.

Esse projeto teve por objetivo subsidiar o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA) na identificação de populações e territórios vulneráveis à mudança do clima no Brasil, através do desenvolvimento de um modelo conceitual e de uma ferramenta de avaliação da vulnerabilidade, pela equipe composta por pesquisadores da FIOCRUZ do Rio de Janeiro (Instituto Oswaldo Cruz, IOC e Escola Nacional de Saúde Pública, ENSP) e de Minas Gerais (Centro de Pesquisas René Rachou, CPqRR), com colaboração de pesquisadores externos na execução do projeto em parceria com o Ministério do Meio Ambiente (MMA).

O motivo por trás dessas adaptações no presente estudo foi a integração dos temas "seca/semiárido" e "mudanças climáticas". A primeira adaptação ocorreu em função da seca, com o uso de estratégias voltadas para o semiárido, enquanto a segunda adaptação se deu pela necessidade de lidar com as questões relacionadas às mudanças climáticas.

Torna-se importante ressaltar que o presente trabalho buscou adaptar e aplicar um sistema de indicadores que possa identificar mais objetivamente quais áreas temáticas dos municípios estudados encontram-se mais vulneráveis à seca, através da compartimentação dos componentes da vulnerabilidade (indicador de exposição, indicador de sensibilidade e indicador de capacidade adaptativa).

Na Figura 6, podem ser observados os índices da vulnerabilidade à seca, com as variáveis adequadamente analisadas para os municípios em estudo.

Figura 6 - Índice de Vulnerabilidade à Seca.



Fonte: Adaptado de Rosendo (2014); Confalonieri *et al.* (2016)

6.2 Variáveis Componentes dos Indicadores

O levantamento foi realizado com base na disponibilidade de dados em órgãos governamentais e não governamentais e em visita aos sítios na internet, para a formulação da adaptação dos indicadores de vulnerabilidade, tais quais, IBGE, DATASUS, MAPBIOMAS, SNIS, dentre outros.

Os aspectos dos índices são explicados de forma mais detalhada no Quadro 2, permitindo que sejam classificados em cada subíndice de acordo com a quantificação ou qualificação das variáveis.

Quadro 2 - Variáveis selecionadas para cada índice.

Índices	Indicadores/ Descrição	Relação com a vulnerabilidade	Fonte
Exposição (IE)	Cobertura Vegetal: Reconhecimento da importância da biota, e seu estado de conservação para a manutenção dos serviços ambientais.	Quanto maior a uso/exploração cobertura, maior a exposição/ vulnerabilidade.	Ministério do Meio Ambiente (MMA)
	Suscetibilidade a desastres naturais: Previsão de riscos ambientais, eventos e áreas de risco.	Quanto maior a proporção de suscetibilidade a eventos do município em relação aos demais	MapBiomass (Instituto Arapyaú)

		estudados mais exposto/vulnerável.	
	Ocorrência de desastres naturais: Episódios já ocorridos de eventos hidrológicos (dias consecutivos de estiagem, erosão, incêndios florestais e movimentação de massa).	Quanto maior a proporção de eventos do município em relação ao estado, mais exposto/vulnerável.	Atlas Digital de Desastres no Brasil (Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia - IPAM))
Sensibilidade (IS)	Saneamento Básico: A cobertura da população servida por rede geral de abastecimento, solução alternativa coletiva ou individual, e a adequação do esgotamento sanitário, através de rede coletora ou fossa séptica.	Quanto menor a proporção de população servida, mais sensível/vulnerável.	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS - Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR)
	Doenças Associadas à Escassez Hídrica: O número de casos de doenças relacionadas com a falta de água e a adequação do esgotamento sanitário.	Quanto maior a proporção de casos, mais sensível/vulnerável.	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS – Ministério da Saúde - MS)
	Segurança Hídrica: Proposta por órgãos federais e estaduais, isto é, um plano de bacia que garanta o acesso em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às necessidades humanas, ou seja, determinar se a população tem o mínimo de segurança da água.	Quanto menor a proporção, mais sensível/vulnerável.	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)
Capacidade Adaptativa (ICA)	Estrutura Socioeconômica: Os empregos predominantes nos municípios, isto é, agricultura, pecuária e/ou mineração, ou seja, determinar se a população tem condições socioeconômicas do ponto de vista do emprego/rendimento, tornando-a capaz de conviver com os eventos da seca.	Quanto maior o número de empregos, menos vulnerável.	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
	Renda: Desemprego e/ou renda menor que 1/2 salário-mínimo, mulheres como chefes de família, ou seja, determinar a % de famílias economicamente	Quanto menor o número de famílias dentro dessa faixa econômica, menos vulnerável.	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

	vulneráveis em cada município que tem grandes dificuldades em lidar com os impactos dos eventos de seca.		
	Organização Sociopolítica: Consórcios e conselhos municipais nas áreas de saúde, educação, assistência social e meio ambiente.	Quanto maior o número de instrumentos de gestão, menos vulnerável.	Confederação Nacional de Municípios (CNM)

Fonte: Barros (2024)

6.3 Cálculos Aplicados: Construção dos Indicadores

Seguindo a base de Mulliner *et al.* (2016), Yang *et al.* (2019) e Leal (2020), e com a metodologia de Araújo e Oliveira (2021), para desenvolvimento do estudo foram avaliadas duas técnicas de ponderação, de forma subjetiva: o método AHP Simplificado e, de forma objetiva: a Entropia de Shannon.

Com o intuito de atribuir pesos para cada indicador foi utilizado o método AHP simplificado proposto por Dortaj *et al.* (2020), no qual (10) especialistas foram consultados através de um questionário que empregava a escala de Saaty (1 a 9) para determinar o peso de cada critério. Nesse processo, o valor 1 foi associado ao critério de menor importância, enquanto o valor 9 foi atribuído ao critério mais significativo e entre os valores de 2 a 8 representando a importância intermediária.

Os especialistas selecionados para o questionário foram profissionais de diferentes áreas, com o objetivo de obter uma visão abrangente dos conceitos de diversas disciplinas. Assim, participaram profissionais que atuam em secretarias municipais, como defesa civil, meio ambiente e saúde, além de engenheiros ambientais e civis, profissionais da área da saúde e serviço social. Mestres e doutores da área acadêmica também contribuíram, aplicando seus conhecimentos e atribuindo notas aos indicadores.

Neste estudo, conforme Araújo e Oliveira (2021), será adotada somente a escala de Saaty, e não a comparação dos pares conforme o AHP convencional. Nessa abordagem, optou-se pelo método de aproximação que utiliza a média geométrica para calcular a pontuação de diferentes opiniões dos especialistas, pois isso auxilia na minimização da influência desproporcional de valores

extremo. A partir da avaliação dos especialistas, podemos quantificar a importância de cada indicador presente nos índices de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa.

Para a avaliação, utilizou-se a ferramenta Google Forms, para a qual foi criado um formulário (Apêndice A) com a estrutura da escala de Saaty. Os indicadores foram pontuados e descritos, visando uma melhor compreensão dos especialistas, citando os desafios enfrentados pelos municípios paraibanos de pequeno porte em relação aos eventos de seca, com base na importância atribuída a cada um deles.

Na atribuição de notas, o primeiro passo foi diferenciar cada indicador. O formulário inicialmente apresentava o índice de exposição com seus respectivos indicadores explícitos, após a avaliação de todos os indicadores de exposição, o especialista prosseguia para avaliar os indicadores do índice de sensibilidade e, por último, os indicadores do índice de capacidade adaptativa.

Atribuídas as notas, em seguida foi realizado o cálculo dos índices, utilizando a média aritmética das notas atribuídas aos indicadores que compunham cada índice.

Com base no conhecimento dos especialistas, os dados foram ajustados e os índices calculados. Os dados foram apresentados em termos relativos, resultantes da comparação entre valores absolutos. Para uma análise mais refinada, os municípios foram agrupados por porte populacional (I e II). Essa categorização, orientada pela análise qualitativa dos especialistas, permite uma comparação mais precisa entre municípios com realidades semelhantes.

Os índices foram obtidos a partir do cálculo da média de todas as variáveis selecionadas. Como exemplo, na Equação 2, é demonstrado o cálculo do Índice de Exposição (IE).

$$IE = \frac{X_1 CV + X_2 SDN + X_3 ODN}{3} \quad (\text{Eq. 2})$$

Fonte: Adaptado de Confalonieri *et al.* (2016).

Onde:

X_1, X_2, X_3 – Pesos atribuídos pelos especialistas

CV - Cobertura Vegetal

SDN – Suscetibilidade a Desastres Naturais

ODN - Ocorrências de Desastres Naturais

Para este índice, foram utilizados os indicadores de cobertura vegetal nativa, suscetibilidade e ocorrência de desastres naturais para os municípios localizados no polígono das secas.

O pressuposto para o uso dos dados sobre cobertura vegetal é que ecossistemas mais conservados têm a capacidade de minimizar os impactos das mudanças climáticas sobre os territórios e populações, reduzindo a exposição a esses impactos. Os dados foram obtidos do Mapbiomas (2023) e a informação foi empregada da seguinte forma: a porcentagem da área municipal sem cobertura vegetal foi considerada como um fator de maior vulnerabilidade. Dessa forma, quanto menor a cobertura vegetal preservada, maior a exposição e vulnerabilidade do município aos impactos das mudanças climáticas.

Os dados de suscetibilidade e ocorrência de desastres naturais mensuraram a previsão e frequência sobre os territórios estudados. Para isso, eventos extremos por município: informações quanto a estiagem/seca, movimentos de massa, incêndios florestais e erosão, foram obtidos no Atlas Digital de Desastres no Brasil (2021-2024).

O Índice de Sensibilidade refere-se às vulnerabilidades intrínsecas da população no presente, como as condições de moradia, acesso aos serviços de saneamento, a garantia da segurança hídrica, ou a carga de doenças cuja incidência é modulada pelo clima e afeta uma determinada população. Diante disso, este estudo considerou as doenças associadas à escassez hídrica, o abastecimento de água para consumo humano, o esgotamento sanitário e a cobertura básica de serviços essenciais como componentes que influenciam a sensibilidade da população à seca no momento. A seguir, na Equação 3 é demonstrado o cálculo do Índice de Sensibilidade (IS).

$$IS = \frac{Y_1 SH + Y_2 SB + Y_3 DAEH}{3} \quad (\text{Eq. 3})$$

Fonte: Adaptado de Confalonieri *et al.* (2016).

Onde:

Y_1, Y_2, Y_3 – Pesos atribuídos pelos especialistas

SH – Segurança Hídrica

SB – Saneamento Básico

DAEH – Doenças Associadas à Escassez Hídrica

As doenças esquistossomose; diarreia; gastroenterite/cólera; febre tifoide e paratifoide; amebíase e hepatite infecciosa são doenças caracterizadas pela veiculação hídrica, podem ser transmitidas a partir do consumo de água não tratada ou contaminada, exposição a esgoto a céu aberto e água parada, além da falta de higiene pessoal.

O Ministério da Saúde - Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS) (2023) disponibiliza o número de casos anuais na população por município, além de contabilizar os municípios que têm a cobertura de atenção básica, indicando a quantidade de equipes de saúde da família.

O IBGE (2022) disponibiliza os dados de abastecimento humano e esgotamento sanitário, por residência, observando que quanto maiores esses dados, há benefícios para a população, como: Prevenção de doenças, Redução da mortalidade infantil e Melhorias nos índices de educação e empregabilidade.

A Capacidade Adaptativa representa uma característica externa à população afetada, englobando fatores como o papel das instituições, a governança, a gestão e o capital social. Esses aspectos permitem que as populações ajustem seu funcionamento e implementem medidas para responder a futuros impactos, como aqueles decorrentes das mudanças climáticas.

Neste trabalho, os componentes utilizados para construir o Índice de Capacidade Adaptativa (ICA) foram: a estrutura socioeconômica; a renda; as instituições, serviços e infraestrutura voltados para a adaptação; e a participação/organização sociopolítica da população de cada município.

É importante ressaltar que, a Capacidade Adaptativa atua como um modulador dos demais componentes da vulnerabilidade. Embora níveis elevados de exposição e sensibilidade possam representar impactos negativos em um cenário de mudanças climáticas, a capacidade adaptativa tem o potencial

de reduzir a vulnerabilidade das populações. Assim, a interpretação dos índices associados a essa característica costuma ser inversa: quanto maior a capacidade adaptativa, menor será a vulnerabilidade. A seguir, na Equação 4 é demonstrado o cálculo do Índice de Capacidade Adaptativa (ICA).

$$ICA = \frac{W_1 ES + W_2 Re + W_3 OS}{3} \quad (\text{Eq. 4})$$

Fonte: Adaptado de Confalonieri *et al.* (2016).

Onde:

W_1, W_2, W_3 – Pesos atribuídos pelos especialistas

ES – Estrutura Socioeconômica

Re – Renda

OS – Organização Sociopolítica

Os dados coletados no IBGE (2021/2022) forneceram a média salarial da população por município. Já os dados do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) descreveram os empregos nos setores de mineração, agropecuária e agricultura. Para as organizações sociopolíticas, a Pesquisa de Informações Básicas Municipais (2022) confirmou quais municípios possuíam Coordenação Municipal de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC) ou órgão similar, Núcleos de Defesa Civil (NUDECs) e Guarda Municipal.

O Índice de Vulnerabilidade (IV) representou a síntese de todas as informações descritas anteriormente, consolidando-as em um único índice. Agregando os dados sobre o contexto atual, abrangendo aspectos como conservação ambiental, suscetibilidade e ocorrência de eventos extremos à seca, doenças relacionadas ao clima, pobreza, condições sociodemográficas, características socioeconômicas, infraestrutura e fatores sociopolíticos.

Essas informações foram organizadas ao longo do estudo em três principais índices: Índice de Exposição (IE), Índice de Sensibilidade (IS) e Índice de Capacidade Adaptativa (ICA). Posteriormente, foi realizada uma padronização para que o valor obtido variasse em uma escala de 0 a 1, utilizando a seguinte Equação 5:

$$\text{índice}_p = \frac{(\text{índice obs.} - \text{Menor índice})}{(\text{Maior índice} - \text{Menor índice})} \quad (\text{Eq.5})$$

Fonte: Adaptado de Confalonieri *et al.* (2016).

Onde:

Índice p – índice padronizado

Índice obs – índice calculado do município

Menor índice – valor mínimo do índice observado entre todos os municípios

Maior índice – valor máximo do índice observado entre todos os municípios

O mesmo procedimento de média aritmética e padronização foi utilizado para calcular e agregar todos os índices do esquema metodológico. Ao final, o índice desenvolvido – IV – resultou em uma medida relativa de vulnerabilidade municipal variando entre 0 e 1.

Os indicadores foram incorporados aos modelos de vulnerabilidade de acordo com seu efeito sobre o fenômeno em estudo. Indicadores que apresentavam correlação positiva com a vulnerabilidade foram incluídos diretamente, enquanto aqueles com correlação negativa foram invertidos antes de serem somados ao índice final. Como mostrado na Equação 6:

$$\text{Indicador que não favorece a vulnerabilidade} = (1 - \text{indicador}) \quad (\text{Eq. 6})$$

Fonte: Rosendo (2014).

Com base no cálculo apresentado, é possível entender que o indicador de capacidade adaptativa é inversamente proporcional aos indicadores de exposição e sensibilidade. Assim, quando a capacidade adaptativa de um município é elevada, presume-se que ele esteja menos vulnerável à exposição e sensibilidade. Sendo assim, o Índice de Vulnerabilidade foi construído conforme descrito a seguir:

$$\text{Índice de vulnerabilidade} = \frac{IE + IS + (1 - ICA)}{3} \quad (\text{Eq. 7})$$

Fonte: Adaptado de Rosendo (2014); Confalonieri *et al.* (2016).

A classificação proposta por Coelho *et al.* (2011) e Pires (2015) foi fundamental para a construção da representação gráfica. A atribuição de cores

a cada classe permitiu visualizar de forma clara as diferenças e similaridades entre os dados, facilitando a interpretação dos resultados.

O mesmo processo de cálculo da média aritmética e padronização foi aplicado para todos os índices do método. Ao final, o índice criado gerou uma medida relativa da vulnerabilidade, variando de 0 a 1. Essa medida teve como principal função possibilitar a comparação entre os municípios, permitindo classificá-los de acordo com o nível de vulnerabilidade identificado. Para todos os índices, os intervalos de 0 a 1 foram categorizados da seguinte forma: 0,00 a 0,20 (muito baixa); 0,21 a 0,40 (baixa); 0,41 a 0,60 (média); 0,61 a 0,80 (alta) e 0,81 a 1,00 (muito alta).

No Quadro 3 é detalhada a representação para os Indicadores de Exposição, Sensibilidade, Capacidade Adaptativa e dos índices de vulnerabilidade socioambiental à seca associados com a coloração para representação gráfica.

Quadro 3 - Classificação do Nível de Vulnerabilidade à Seca.

Classificação		
Valor do Índice	Nível de Vulnerabilidade à Seca	Coloração
0,00 – 0,20	Muito Baixa	
0,21 – 0,40	Baixa	
0,41 – 0,60	Média	
0,61 – 0,80	Alta	
0,81 – 1,00	Muito Alta	

Fonte: Adaptado de Coelho *et al* (2017); Pires (2015).

A fim de atribuir pesos adequados aos diferentes critérios utilizados na análise de desempenho, optamos por aplicar a entropia de Shannon. Essa medida, amplamente utilizada em diversas áreas, permite avaliar a incerteza associada a cada critério e, conseqüentemente, determinar sua relevância na classificação dos elementos analisados. A expectativa ao aplicar a entropia de Shannon, foi de obter uma nova perspectiva sobre o índice de vulnerabilidade, permitindo identificar os fatores que mais contribuem para a variabilidade dos resultados.

Ainda, com o objetivo de mostrar a importância da variação, foi realizada a construção de possíveis cenários para avaliar a sensibilidade do índice e o impacto de suas variações na população, assim foram construídos cenários com diferentes ponderações, simulando possíveis mudanças nos municípios. Essa análise permitiu identificar os efeitos positivos e negativos dessas alterações.

6.4 Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade é um método que evidencia como os indicadores se alteram diante de mudanças em estimativas. Este procedimento permite identificar quais estimativas impactam mais significativamente, direcionando maior atenção para a precisão dessas estimativas.

Em consonância com as metodologias adotadas por Lee e Chang (2018) e Araújo e Oliveira (2021), a presente análise de sensibilidade empregou a variação sistemática dos pesos atribuídos aos indicadores (critérios) nos modelos avaliados. O objetivo central foi quantificar a sensibilidade da classificação dos resultados às alterações nos pesos dos critérios. Especificamente, buscou-se examinar a robustez da classificação final frente a variações graduais nos pesos, identificando os critérios que exercem maior influência sobre a ordenação dos resultados.

Tal abordagem permite avaliar a estabilidade dos modelos e a confiabilidade das conclusões obtidas, fornecendo uma base sólida para a interpretação dos resultados em face da incerteza inerente à atribuição de pesos aos critérios.

O coeficiente de sensibilidade é uma medida que indica em que medida a classificação se altera ao ajustar o indicador para aumentar ou diminuir em 5% ou 50%. Cada critério é analisado isoladamente, de forma que se o peso de um critério aumenta ou diminui, os pesos dos outros critérios são ajustados de acordo, mantendo a proporção entre eles.

Os resultados são comparados através da análise de sensibilidade para avaliar o impacto da incerteza relacionada com os critérios, demonstrando como a alteração do peso do critério afeta a classificação de vulnerabilidade.

n°11	7	8	9	8	9	5	8	8	9
n°12	8	7	3	3	8	6	9	9	5
n°13	8	8	8	8	9	8	8	7	6
n°14	5	6	7	8	8	7	7	7	7
n°15	8	8	8	6	8	9	7	8	8
n°16	9	8	8	9	9	9	7	7	8
n°17	7	9	8	9	9	7	8	9	9
n°18	8	7	8	9	9	9	8	8	8
n°19	9	9	8	8	7	8	9	6	6
n°20	7	8	5	5	6	9	5	9	7
Média Geométrica	7,50	7,64	6,96	7,57	8,35	7,46	6,98	7,28	7,46

*CV: Cobertura Vegetal; SDN: Suscetibilidade à Desastres Naturais; ODN: Ocorrência de Desastres Naturais; SH: Segurança Hídrica; SB: Saneamento Básico; DAEH: Doenças Associadas à Escassez Hídrica; ES: Estrutura Socioeconômica; Re: Renda; OS: Organização Sociopolítica.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Os resultados do método AHP Simplificado (Tabela 2) mostraram que os indicadores mais importantes para o painel dos especialistas são: Saneamento Básico, seguido da Suscetibilidade a desastres naturais e, por último, a Segurança Hídrica.

Tabela 2 - AHP Simplificado.

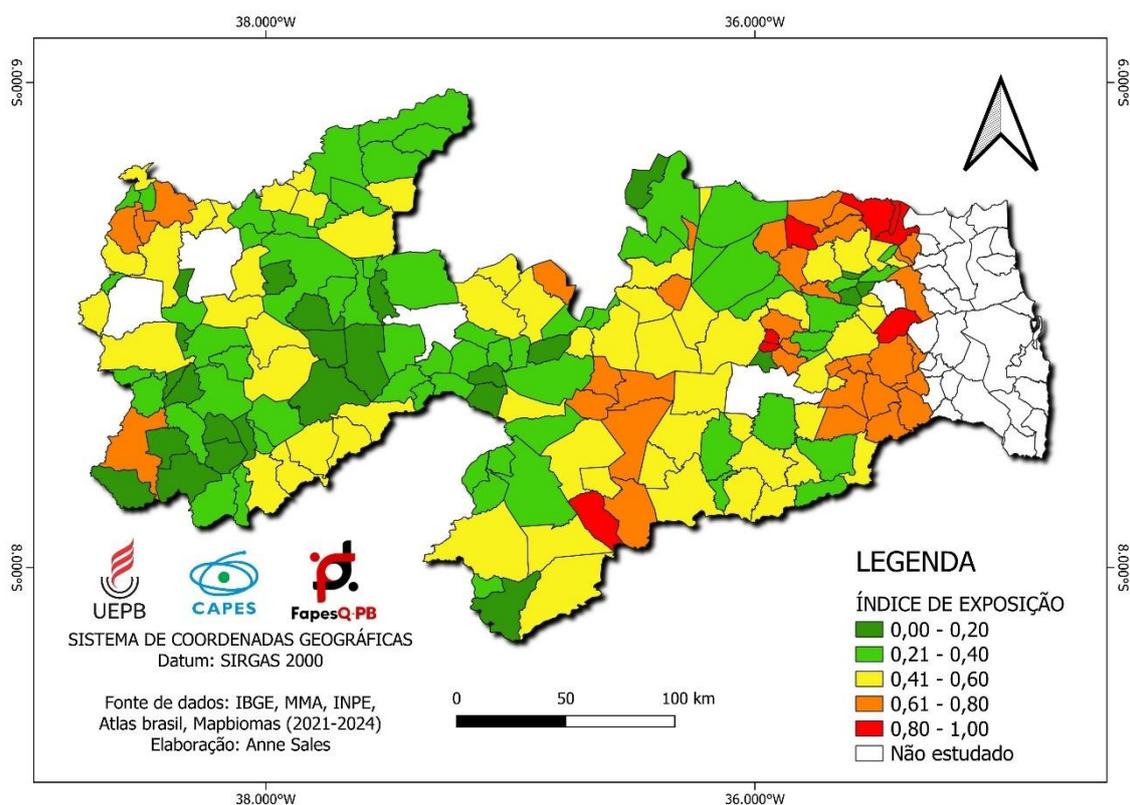
AHP	CV	SDN	ODN	SH	SB	DAEH	ES	Re	OS
Simplificado	0,1116	0,1136	0,1035	0,1127	0,1242	0,1111	0,1039	0,1083	0,1111

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

7.2 Índice de Exposição

Como resultado, o índice de exposição revelou que oito municípios apresentaram vulnerabilidade muito alta, mostrado na Figura 7. Entre eles, o município de Montadas (1,00) destacou-se com o maior valor possível a ser registrado, em sequência os municípios de Areal (0,975); Logradouro (0,959); Tacima (0,933); Mulungu (0,924); Caiçara (0,841); Cacimba de Dentro (0,839); e Congo (0,830).

Figura 7 - Índice de Exposição.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

De acordo com os dados do Mapbiomas sobre a porcentagem de solo sem cobertura vegetal, o município de Montadas continuou a se destacar com o maior índice, apresentando impressionantes 96,2% de solo descoberto. Os municípios de Areial e Mulungu, também registraram valores superiores a 90%. Além disso, 24 dos municípios analisados possuem mais de 70% de suas áreas sem cobertura vegetal. Nesse contexto, observa-se que as áreas desprovidas de vegetação são majoritariamente ocupadas por atividades como agropecuária, mineração e urbanização.

Além disso, outros dois indicadores foram determinantes para que o índice final desses municípios alcançasse um valor muito alto: suscetibilidade e ocorrência de desastres naturais. Os dados do INPE e do Atlas Brasil confirmam que os oito municípios com o mais alto índice de exposição são áreas com histórico de desastres e alta suscetibilidade a novos eventos.

Embora os municípios estejam relativamente próximos, dentre os oito com os maiores índices de exposição, apenas um está localizado na mesorregião da

Borborema, os demais pertencem à mesorregião do Agreste Paraibano, caracterizada pelo clima irregular, semiárido, temperaturas elevadas e pouca chuva. Outro aspecto relevante é de que todos os municípios são classificados como de pequeno porte I, ou seja, com até 20 mil habitantes, o que os torna semelhantes em relação às possibilidades de desenvolvimento disponíveis.

Ainda, outros 34 municípios destacam-se com os valores do índice de exposição alta (0,61 – 0,80), como mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores municipais definidos como alto no índice de exposição.

Município	Porte	CV	SDN	ODN	IE
Araçagi	I	0,741	0,018	1,00	0,746
Arara	I	0,621	0,000	1,00	0,611
Araruna	I	0,732	0,000	1,00	0,724
Baraúna	I	0,802	0,00	1,00	0,797
Caldas Brandão	I	0,759	0,00	1,00	0,752
Caraúbas	I	0,774	0,00	1,00	0,768
Casserengue	I	0,675	0,00	1,00	0,666
Conceição	I	0,120	1,00	1,00	0,746
Cubati	I	0,660	0,00	1,00	0,650
Damião	I	0,624	0,00	1,00	0,614
Dona Inês	I	0,665	0,0181	1,00	0,668
Duas Estradas	I	0,673	0,00	0,5	0,653
Esperança	II	0,758	0,00	1,00	0,752
Gurinhém	I	0,734	0,0545	1,00	0,762
Gurjão	I	0,759	0,00	1,00	0,752
Ingá	I	0,653	0,0545	0,5	0,668
Itabaiana	II	0,772	0,0181	1,00	0,778
Itatuba	I	0,629	0,0727	0,00	0,644
Juarez Távora	I	0,726	0,00	0,5	0,708
Lagoa de Dentro	I	0,653	0,0181	0,5	0,645
Lagoa Seca	II	0,723	0,00	1,00	0,715
Mogeiro	I	0,668	0,0181	1,00	0,671
Parari	I	0,734	0,00	1,00	0,726
Poço de José de Moura	I	0,644	0,0181	1,00	0,646
Riachão	I	0,759	0,00	1,00	0,752
Salgado de São Félix	I	0,636	0,0363	1,00	0,649
Santo André	I	0,756	0,00	1,00	0,749
São João do Cariri	I	0,613	0,0363	1,00	0,626
São José do Sabugi	I	0,674	0,0181	1,00	0,677
São José dos Ramos	I	0,790	0,00	1,00	0,784
São Sebastião de Lagoa de Roça	I	0,726	0,00	1,00	0,719
Serra Redonda	I	0,638	0,00	0,500	0,617
Triunfo	I	0,613	0,127	1,00	0,685
Uiraúna	I	0,429	0,581	1,00	0,792

*CV: Cobertura Vegetal; SDN: Suscetibilidade à desastres naturais; ODN: Ocorrência de Desastres Naturais; IE: Índice de Exposição.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Conforme mostrado na Tabela 3, a maioria dos municípios com alto índice de exposição foi influenciada principalmente pelo elevado percentual de áreas sem cobertura de solo e pela frequência de desastres naturais, conforme os dados do Atlas Brasil. No entanto, a maioria desses municípios não apresentou valores altos no indicador de suscetibilidade a desastres, a discrepância entre a alta exposição e a baixa suscetibilidade encontrada nesses municípios evidencia que a vulnerabilidade a desastres é um fenômeno multifacetado. Outros elementos, além das características físicas do local, como a gestão de riscos e as condições socioeconômicas, desempenham um papel crucial na ocorrência de eventos adversos.

No indicador de suscetibilidade a desastres naturais, com base em dados fornecidos pelo INPE e pelo Atlas Brasil, os municípios de Conceição, São José de Lagoa Tapada, Princesa Isabel, Uiraúna, Diamante e Coremas apresentaram os maiores valores. Esses resultados destacam a relevância dos riscos ambientais nessas localidades em comparação às demais analisadas no estudo.

Por outro lado, o município de Salgadinho (0,000) registrou o menor índice de exposição. Esse resultado foi atribuído aos valores extremamente baixos dos indicadores analisados: CV (0,015), SDN (0,018) e ODN (0,000). Além disso, outros 24 municípios também apresentaram índices de exposição muito baixos, como, Pedra Branca (0,204); Pilõeszinhos (0,020); São Domingos (0,193); Marizópolis (0,189); Frei Martinho (0,188); São Sebastião do Umbuzeiro (0,188); Desterro (0,171); Santana de Mangueira (0,164); Cacimbas (0,163); Pilões (0,162); Olho d'Água (0,132); Boa Ventura (0,127); Emas (0,124); Borborema (0,123); Ibiara (0,120); Serra Grande (0,120); Cajazeirinhas (0,119); Puxinanã (0,088); São José de Caiana (0,084); Carrapateira (0,081); Malta (0,081); Santa Inês (0,065); Curral Velho (0,032); e Catingueira (0,022).

De modo geral, observa-se que os municípios apresentam um grau de alto a muito alto de vulnerabilidade no quesito exposição, o que resultou em uma distribuição espacial do IE de forma heterogênea entre eles. Contudo, é perceptível que as maiores exposições estão concentradas nas mesorregiões da

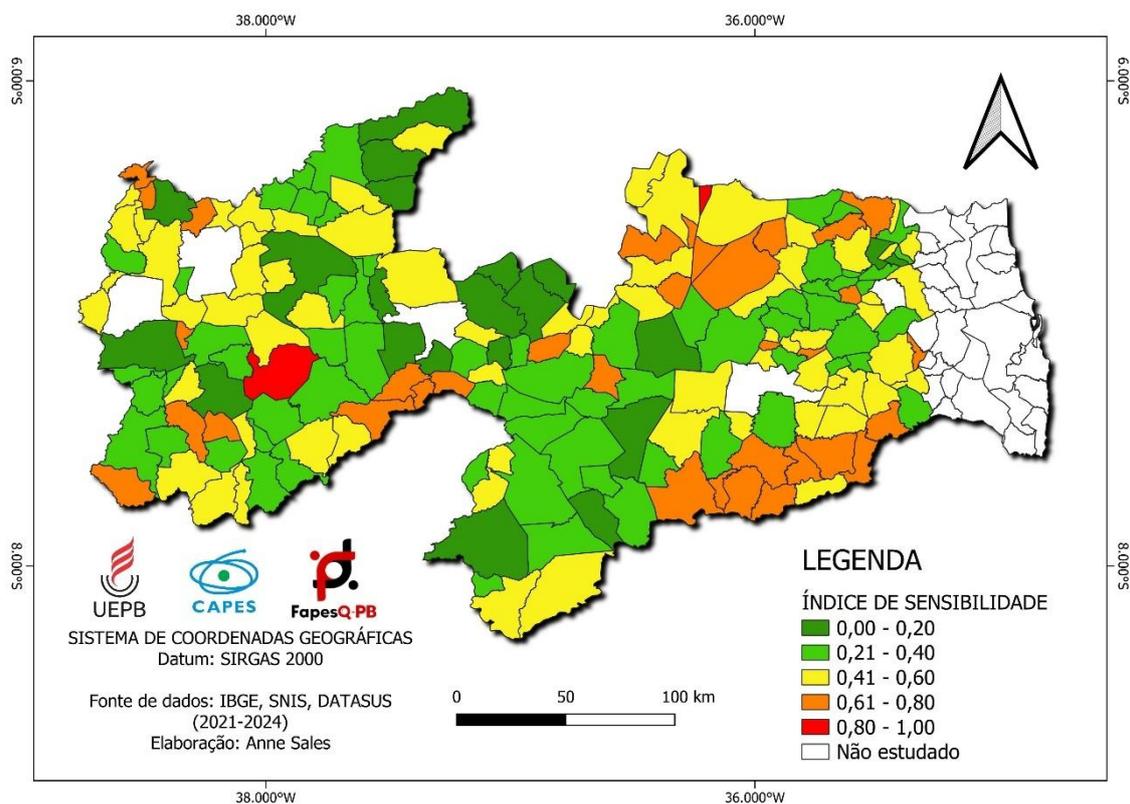
Borborema e do Agreste Paraibano, esse resultado se deve ao elevado número de dados relacionados ao indicador de percentual sem cobertura vegetal, sugerindo que os municípios dessas mesorregiões fazem uso mais intensivo do solo.

Conseqüentemente, os municípios com menor índice de exposição apresentaram, em geral, menor vulnerabilidade do solo e menor risco natural, como evidenciado pela menor frequência de desastres. Esses fatores contribuíram para a redução do valor geral do Índice de Exposição (IE).

7.3 Índice de Sensibilidade

Outro componente composto para o índice da vulnerabilidade é a sensibilidade, definida como a propensão intrínseca de populações ou sistemas a serem impactados por eventos adversos, como, neste caso, as mudanças climáticas. Essa propensão foi abordada através do Índice de Sensibilidade (Figura 8), cujos indicadores básicos foram: Doenças Associadas à Escassez Hídrica (DAEH), Saneamento Básico (SB) e a Segurança Hídrica (SH).

Figura 8 - Índice de Sensibilidade.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

O município de Piancó localizado no Sertão Paraibano, destacou-se ao alcançar o valor máximo no IS, obtendo a classificação de 1,00 (muito alta), e o município de Nova Floresta (0,883). Esse resultado reflete o elevado número de registros de doenças em ambos os municípios relacionadas à escassez hídrica, como esquistossomose, diarreia, gastroenterite, cólera, febre tifoide, paratifoide, amebíase e hepatite infecciosa.

Além disso, outros 34 municípios também apresentaram valores elevados no IS (entre 0,61 e 0,80), uma classificação atribuída aos níveis muito baixos no indicador de segurança hídrica. Essa situação impacta diretamente os demais indicadores, podendo levar a crises de abastecimento de água, agravamento de problemas de saúde pública devido à disseminação de doenças de veiculação hídrica, além de gerar desafios econômicos e sociais significativos.

Ainda, 67 municípios apresentaram valores elevados no IS (entre 0,41 e 0,60), também influenciados pelo indicador de saneamento básico que desempenhou um papel crucial na classificação desses municípios como mais vulneráveis, devido aos baixos índices de cobertura de serviços de saneamento e, conseqüentemente, à limitada segurança hídrica.

Os dados fornecidos pelo SNIS/IBGE revelaram que cerca de 68 municípios estudados não possuem nem 50% de cobertura de saneamento básico. Essa situação é preocupante, pois o abastecimento de água, esgotamento sanitário, o manuseio de resíduos sólidos e de águas pluviais urbanas são fundamentais para garantir a qualidade de vida. A ausência de saneamento básico expõe a população a diversos problemas de saúde, afetando diretamente não apenas a saúde pública, mas também o desenvolvimento social, a educação e outros aspectos do dia a dia.

Durante a pesquisa, constatou-se que 34 municípios estudados não apresentavam valores atribuídos ao subíndice de abastecimento humano de água. Isso impactou nos resultados do indicador de saneamento básico (SB). A ausência de dados nesse subíndice indica possíveis lacunas no levantamento

de informações essenciais para análise de vulnerabilidade e planejamento de políticas públicas.

Esses municípios foram: Alcantil; Algodão de Jandaíra; Areial; Aroeiras; Assunção; Baraúna; Barra de Santa Rosa; Barra de São Miguel; Boa Ventura; Carrapateira; Coremas; Cubati; Damião; Dona Inês; Frei Martinho; Gado Bravo; Imaculada; Junco do Seridó; Mãe d'Água; Matinhas; Maturéia; Montadas; Nova Floresta; Nova Palmeira; Pedra Branca; Picuí; Pilões; Puxinanã; Riacho de Santo Antônio; Santa Cecília; Santa Inês; Santo André; e Sossego.

Entre os municípios com os menores valores no Índice de Sensibilidade (IS), destaca-se Santa Luzia, localizado na mesorregião do Sertão Paraibano, que apresentou o menor valor no índice, 0,00 (muito baixo), em relação aos indicadores avaliados. O município não registrou casos de doenças relacionadas à escassez hídrica, evidenciando uma elevada segurança hídrica (100%), conforme dados do Ministério da Saúde.

Além disso, Santa Luzia se destaca por seus altos índices de saneamento básico, com 92,5% da população tendo acesso à água potável, o que reflete positivamente nas condições de saúde pública e na qualidade de vida da população, contribuindo para um ambiente mais saudável e seguro.

Outros 20 municípios apresentaram valores muito baixos de sensibilidade (entre 0,00 e 0,20), enquanto outros 65 municípios registraram valores baixos (entre 0,21 e 0,40). Esses dados refletem a ausência ou a presença insignificante de casos de doenças associadas à escassez hídrica (DAEH). Esses fatores refletem um cenário positivo em termos de infraestrutura e saúde pública, indicando uma baixa sensibilidade a problemas associados à falta de acesso à água potável e esgotamento sanitário adequado.

Como mostrado na Tabela 4, essa condição está relacionada à ampla garantia de saneamento básico para a população residente e à quase completa segurança hídrica assegurada pelos governos locais, demonstrando esforços eficientes em infraestrutura e gestão hídrica para minimizar vulnerabilidades.

Tabela 4 - Principais municípios com o IS muito baixo.

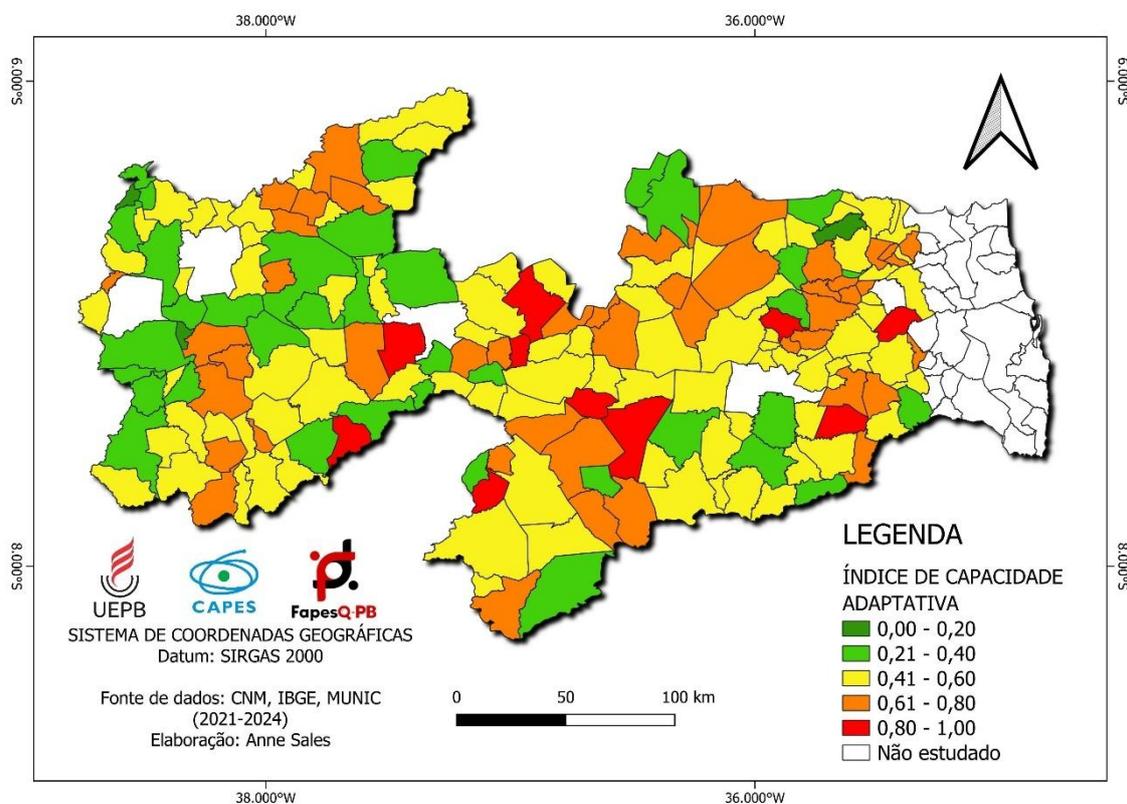
Município	Porte	DAEH(casos)	SB (%)	SH (%)	IS
Santa Luzia	I	3	92,5%	100%	0,000
Malta	I	0	87%	100%	0,042
São Mamede	I	3	86%	100%	0,054
Belém	I	6	85%	100%	0,059
Pombal	II	6	82%	100%	0,098
Várzea	I	0	80,5%	80%	0,107
Santa Terezinha	I	0	79,5%	80%	0,108
São José do Sabugi	I	0	79,5%	79%	0,109
São João do Cariri	I	0	74,5%	75%	0,150
São Bento	II	30	74%	74%	0,156

Fonte: DATASUS, IBGE, Ministério da Saúde (2021-2023)

7.4 Índice de Capacidade Adaptativa

O Índice de Capacidade Adaptativa (ICA), assim como os outros dois índices, é composto por três indicadores principais: Estrutura Socioeconômica, Renda e Organização Sociopolítica. Conforme mencionado, o ICA representa um fator positivo dentro do cálculo do índice de Vulnerabilidade. O mapa apresentado na Figura 9 já reflete a inclusão correta desse valor.

Figura 9 - Índice de Capacidade Adaptativa.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Entre os municípios que alcançaram maior Capacidade Adaptativa, três se destacam como menos vulneráveis: Carrapateira (0,000), Bernardino Batista (0,058) e Dona Inês (0,173). Esses municípios apresentam valores elevados nos indicadores de Renda e Organização Sociopolítica.

Carrapateira e Dona Inês se sobressaíram como os municípios com maior média de renda, medida em salários-mínimos. Já Bernardino Batista destacou-se no indicador de Organização Sociopolítica, sendo um dos poucos municípios com maior concentração de organizações, como legislação ambiental, estabelecimentos de saúde, núcleos de defesa civil, corpo de bombeiros, guarda municipal e coordenação de proteção.

Ainda, 37 municípios também apresentaram baixa vulnerabilidade. Esses municípios, além de exibirem valores elevados nos indicadores de Renda e Organização Sociopolítica, destacaram-se no indicador de Estrutura Socioeconômica, especialmente no subindicador de emprego.

Essas localidades, que outrora tinham na agricultura, pecuária e mineração suas principais bases econômicas, estão passando por um processo de transição, com a emergência de novos setores e atividades geradoras de renda. Segundo dados da Secretaria de Comunicação Social do Brasil (2023), a estrutura econômica da Paraíba apresenta a indústria como principal setor de atividade, seguido pela agropecuária e pelos serviços.

Outro subindicador relevante foi o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), que considera tanto aspectos econômicos quanto sociais dos municípios analisados. Nesse subindicador, observou-se que a maioria dos municípios está classificada com IDH médio ($0,550 \leq \text{IDH} < 0,699$), conforme a classificação estabelecida pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

Entre os municípios com maior dificuldade de adaptação, destacam-se oito com índices de vulnerabilidade muito altos (0,81 a 1,00). São João do Cariri lidera o *ranking* com o pior índice (1,00), seguido por Itatuba (0,926), Mulungu (0,870), Esperança (0,857), Prata (0,825), Areia de Baraúnas (0,824), Parari (0,817) e Santa Teresinha (0,815).

Nesses municípios, consideraram-se os elevados números de empregos nos setores de agricultura, pecuária e mineração, visto que a população

dependente dessas atividades tende a ser mais vulnerável, sobretudo devido a fatores econômicos, ambientais e sociais.

Essas atividades estão diretamente expostas a riscos específicos, como a dependência de fatores naturais e condições climáticas, como secas, que podem reduzir a produtividade e causar prejuízos. Além disso, são vulneráveis a desastres naturais, como a infiltração excessiva de água, e à limitação dos recursos, que podem se esgotar.

Outros, 50 municípios foram classificados como de alto índice (0,61 – 0,80) e 91 como de médio índice (0,41 – 0,60). Esses valores estão associados, principalmente, ao indicador de Organização Sociopolítica, que, na maioria dos casos, apresentou níveis baixos dentro dessas classificações (Tabela 5).

Tabela 5 - Números de municípios sem os subindicadores no OS.

Organização Sociopolítica	Municípios
LA	108
NUDECs	182
COMPDEC	70
UCB	183
ESaúde	0

Fonte: IBGE, MUNIC (2021).

Para melhorar a compreensão das informações apresentadas na tabela, consideram-se os seguintes dados: **LA** (Municípios com legislação ou instrumento de gestão ambiental, incluindo aqueles previstos na Lei Orgânica, Plano Diretor, Código Ambiental, entre outros); **NUDECs** (Núcleos de Defesa Civil); **COMPDEC** (Coordenação Municipal de Proteção e Defesa Civil ou órgão equivalente); **UCB** (Unidade do Corpo de Bombeiros); e **ESaúde** (Estabelecimentos de Saúde).

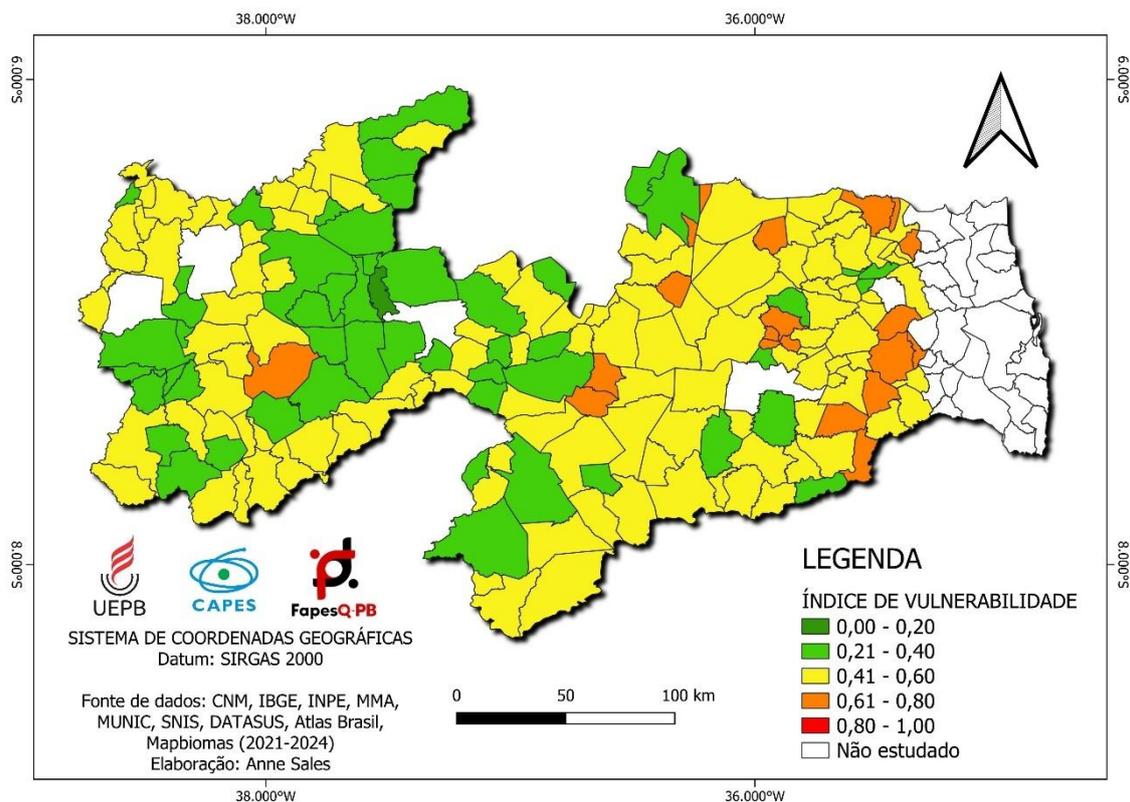
Uma organização sociopolítica eficiente permite a criação de políticas públicas mais inclusivas e adaptadas às necessidades locais, promovendo maior transparência e participação democrática. Com estruturas bem-organizadas, é possível garantir maior equidade no acesso a serviços básicos, como educação, saúde e saneamento.

Portanto, municípios com organização fraca enfrentam maiores dificuldades para acessar recursos estaduais e federais ou firmar parcerias, o que resulta na perda de oportunidades de desenvolvimento. Além disso, a ausência de estruturas organizadas, como Núcleos de Defesa Civil (NUDECs) ou Coordenações Municipais de Proteção e Defesa Civil (COMPDEC), reduz sua capacidade de prevenir e responder a desastres naturais, em especial as secas, agravando os danos e o sofrimento da população.

7.5 Índice de Vulnerabilidade

Os resultados do Índice de Vulnerabilidade à Seca foram obtidos por meio de uma média aritmética simples dos índices de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa de cada município analisado no estudo (Figura 10).

É importante destacar que, quanto maiores os índices de Exposição e Sensibilidade, os municípios indicam maior exposição e/ou sensibilidade ao evento da seca, configurando um fator negativo. Por outro lado, o Índice de Capacidade Adaptativa apresenta uma relação inversa: quanto maior seu valor, menor será a probabilidade de o município sofrer danos significativos com a seca. Mesmo que ocorra algum impacto, ele tende a ser menos severo em comparação com municípios que possuem um índice de capacidade adaptativa mais baixo.

Figura 10 - Índice de Vulnerabilidade.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

No estudo, foram analisados 189 municípios, e, para facilitar a compreensão do estudo, a análise será conduzida por mesorregião, seguida de uma comparação entre os municípios de pequeno porte I e pequeno porte II.

A mesorregião do Sertão Paraibano abrange 80 municípios analisados (Tabela 6). Entre eles, apenas 1 município apresentou índice de vulnerabilidade muito baixo (0,00 – 0,20); 33 municípios registraram índice de vulnerabilidade baixo (0,21 – 0,40); 45 municípios tiveram índice de vulnerabilidade médio (0,41 – 0,60); e 1 município apresentou índice de vulnerabilidade alto (0,61 – 0,80). Não foi identificado nenhum município com índice de vulnerabilidade muito alto.

Tabela 6 - Municípios localizados no Sertão Paraibano.

Município	Porte	IE	IS	ICA	IV
Água Branca	I	0,438	0,495	0,809	0,580
Aguiar	I	0,234	0,376	0,672	0,427
Aparecida	I	0,412	0,511	0,457	0,460
Areia de Baraúnas	I	0,213	0,393	0,825	0,477
Belém do Brejo do Cruz	I	0,327	0,188	0,502	0,339
Bernardino Batista	I	0,347	0,419	0,059	0,275

Boa Ventura	I	0,128	0,759	0,571	0,486
Bom Jesus	I	0,405	0,438	0,690	0,511
Bom Sucesso	I	0,545	0,346	0,709	0,533
Bonito de Santa Fé	I	0,265	0,312	0,350	0,309
Brejo do Cruz	I	0,373	0,160	0,284	0,272
Brejo dos Santos	I	0,449	0,352	0,541	0,447
Cachoeira dos Índios	I	0,417	0,496	0,446	0,453
Cacimba de Areia	I	0,379	0,344	0,742	0,489
Cacimbas	I	0,163	0,546	0,239	0,316
Cajazeirinhas	I	0,119	0,413	0,300	0,277
Carrapateira	I	0,081	0,754	0,000	0,278
Catingueira	I	0,022	0,401	0,679	0,367
Catolé do Rocha	II	0,404	0,280	0,641	0,442
Conceição	I	0,746	0,361	0,357	0,488
Condado	I	0,215	0,277	0,295	0,262
Coremas	I	0,830	0,175	0,777	0,594
Curral Velho	I	0,032	0,387	0,658	0,359
Desterro	I	0,172	0,352	0,594	0,372
Diamante	I	0,339	0,656	0,469	0,488
Emas	I	0,125	0,289	0,428	0,281
Ibiara	I	0,121	0,364	0,605	0,363
Igaracy	I	0,405	0,279	0,639	0,441
Imaculada	I	0,454	0,762	0,320	0,512
Itaporanga	II	0,352	0,173	0,744	0,423
Jericó	I	0,443	0,259	0,688	0,463
Joca Claudino	I	0,359	0,615	0,276	0,417
Juru	I	0,420	0,516	0,364	0,434
Lagoa	I	0,280	0,453	0,719	0,484
Lastro	I	0,454	0,530	0,523	0,502
Mãe d'Água	I	0,293	0,624	0,444	0,453
Malta	I	0,081	0,042	0,420	0,181
Manaíra	I	0,259	0,525	0,619	0,468
Marizópolis	I	0,190	0,309	0,550	0,349
Mato Grosso	I	0,314	0,349	0,559	0,407
Matureia	I	0,296	0,709	0,293	0,432
Monte Horebe	I	0,223	0,237	0,370	0,277
Nazarezinho	I	0,305	0,473	0,377	0,385
Nova Olinda	I	0,390	0,326	0,627	0,448
Olho d'Água	I	0,133	0,299	0,599	0,344
Passagem	I	0,355	0,173	0,682	0,403
Paulista	I	0,458	0,429	0,232	0,373
Pedra Branca	I	0,204	0,512	0,548	0,421
Piancó	I	0,458	1,000	0,542	0,667
Poço Dantas	I	0,484	0,630	0,379	0,498
Poço de José de Moura	I	0,646	0,437	0,426	0,503
Pombal	II	0,373	0,098	0,287	0,253
Princesa Isabel	II	0,548	0,232	0,477	0,419
Quixaba	I	0,284	0,506	0,482	0,424
Riacho dos Cavalos	I	0,352	0,560	0,717	0,543
Santa Cruz	I	0,293	0,417	0,471	0,393
Santa Helena	I	0,593	0,380	0,568	0,513
Santa Inês	I	0,066	0,779	0,505	0,450

Santa Terezinha	I	0,227	0,108	0,815	0,383
Santana de Mangueira	I	0,165	0,522	0,499	0,395
Santana dos Garrotes	I	0,272	0,376	0,574	0,407
São Bentinho	I	0,244	0,286	0,555	0,362
São Bento	II	0,431	0,157	0,573	0,387
São Domingos	I	0,193	0,413	0,636	0,414
São Francisco	I	0,327	0,526	0,494	0,449
São João do Rio do Peixe	I	0,602	0,426	0,323	0,450
São José da Lagoa Tapada	I	0,517	0,461	0,342	0,440
São José de Caiana	I	0,085	0,471	0,277	0,278
São José de Espinharas	I	0,281	0,448	0,316	0,348
São José de Piranhas	I	0,427	0,166	0,247	0,280
São José de Princesa	I	0,253	0,607	0,436	0,432
São José do Bonfim	I	0,273	0,205	0,298	0,259
São José do Brejo do Cruz	I	0,336	0,451	0,483	0,424
Serra Grande	I	0,121	0,263	0,605	0,329
Tavares	I	0,522	0,402	0,521	0,482
Teixeira	I	0,213	0,656	0,537	0,468
Triunfo	I	0,686	0,489	0,376	0,517
Uiraúna	I	0,792	0,203	0,506	0,501
Vieirópolis	I	0,568	0,685	0,515	0,589
Vista Serrana	I	0,232	0,293	0,559	0,361

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Ao analisar os municípios, observou-se que os municípios vizinhos e circunvizinhos tendem a compartilhar as mesmas informações no banco de dados. No mapa da mesorregião, é possível identificar uma sequência de municípios com vulnerabilidade considerada média, que, em sua maioria, estão interconectados.

Dentre os 75 municípios de pequeno porte avaliados, Malta apresentou os menores índices de vulnerabilidade. Seus baixos valores nos indicadores de exposição e sensibilidade, especialmente nas áreas de saneamento básico e segurança hídrica, demonstram um bom desempenho. Além disso, a ausência de eventos naturais adversos contribuiu para essa classificação.

Os cinco municípios de pequeno porte II apresentaram resultados semelhantes, com três deles obtendo valores de vulnerabilidade média, sendo Catolé do Rocha o município com maior índice. Esse valor foi influenciado pelo índice de Capacidade Adaptativa, já que o município enfrenta dificuldades em relação aos indicadores de estrutura socioeconômica, especialmente no que se refere à renda, quando comparado aos outros municípios.

A mesorregião da Borborema com 43 municípios classificados como de pequeno porte I e 1 como de pequeno porte II (Tabela 7), entre eles, 11 municípios apresentaram o índice de vulnerabilidade baixo (0,21 – 0,40); 29 municípios tiveram índice de vulnerabilidade médio (0,41 – 0,60); e 4 municípios apresentaram índice de vulnerabilidade alto (0,61 – 0,80). Não foram identificados municípios com índice de vulnerabilidade muito baixo, nem muito alto.

Tabela 7 - Municípios localizados na Borborema.

Município	Porte	IE	IS	ICA	IV
Alcantil	I	0,482	0,780	0,443	0,568
Amparo	I	0,227	0,446	0,692	0,455
Assunção	I	0,447	0,597	0,474	0,506
Baraúna	I	0,797	0,624	0,614	0,678
Barra de Santana	I	0,608	0,713	0,376	0,566
Barra de São Miguel	I	0,439	0,747	0,548	0,578
Boqueirão	I	0,351	0,291	0,499	0,380
Cabaceiras	I	0,445	0,461	0,383	0,430
Camalaú	I	0,551	0,298	0,586	0,478
Caraúbas	I	0,768	0,404	0,645	0,606
Caturité	I	0,575	0,534	0,493	0,534
Congo	I	0,830	0,175	0,777	0,594
Coxixola	I	0,440	0,276	0,404	0,373
Cubati	I	0,651	0,720	0,753	0,708
Frei Martinho	I	0,188	0,524	0,340	0,351
Gurjão	I	0,753	0,215	0,568	0,512
Juazeirinho	I	0,561	0,294	0,757	0,537
Junco do Seridó	I	0,237	0,524	0,758	0,506
Livramento	I	0,486	0,342	0,447	0,425
Monteiro	II	0,478	0,175	0,417	0,356
Nova Palmeira	I	0,331	0,648	0,747	0,575
Ouro Velho	I	0,312	0,399	0,326	0,346
Parari	I	0,727	0,300	0,817	0,614
Pedra Lavrada	I	0,420	0,439	0,468	0,442
Picuí	I	0,313	0,536	0,375	0,408
Prata	I	0,247	0,432	0,826	0,502
Riacho de Santo Antônio	I	0,305	0,634	0,479	0,473
Salgadinho	I	0,000	0,703	0,419	0,374
Santa Luzia	I	0,518	0,000	0,801	0,439
Santo André	I	0,750	0,761	0,566	0,692
São Domingos do Cariri	I	0,477	0,350	0,533	0,453
São João do Cariri	I	0,627	0,151	1,000	0,593
São João do Tigre	I	0,504	0,530	0,370	0,468
São José do Sabugi	I	0,677	0,109	0,419	0,402
São José dos Cordeiros	I	0,302	0,224	0,711	0,413
São Mamede	I	0,425	0,055	0,598	0,359
São Sebastião do Umbuzeiro	I	0,188	0,573	0,682	0,481
São Vicente do Seridó	I	0,564	0,606	0,545	0,571

Serra Branca	I	0,511	0,339	0,642	0,497
Sumé	I	0,305	0,334	0,422	0,354
Taperoá	I	0,318	0,225	0,588	0,377
Tenório	I	0,409	0,603	0,677	0,563
Várzea	I	0,525	0,108	0,604	0,412
Zabelê	I	0,281	0,360	0,592	0,411

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Apenas um município entre os estudados na mesorregião é considerado de pequeno porte II: Monteiro, que está localizado na divisa com o estado de Pernambuco. O município apresentou baixa vulnerabilidade, principalmente devido ao baixo índice de sensibilidade. Monteiro se destacou por altos valores em questões de saneamento e por baixos casos de doenças associadas à escassez hídrica. Embora os outros dois índices tenham apresentado valores médios, o município obteve resultados não significativos, o que contribuiu para sua classificação como de baixa vulnerabilidade.

É perceptível no mapa que os municípios com vulnerabilidade média estão interligados. A similaridade dos dados entre municípios vizinhos indica a existência de uma rede de compartilhamento de informações, o que sublinha a importância da cooperação regional e do fortalecimento das relações entre esses municípios. Além disso, é provável que possuam estruturas e ajustes semelhantes, especialmente no que diz respeito a indicadores sociopolíticos, saneamento básico e segurança hídrica.

A mesorregião do Agreste Paraibano abrange 64 municípios, sendo 56 de pequeno porte I e 8 de pequeno porte II (Tabela 8). Desses municípios, 8 apresentam baixa vulnerabilidade (0,21 – 0,40), 42 estão classificados com vulnerabilidade média (índice entre 0,41 – 0,60), e 15 são considerados de alta vulnerabilidade (índice entre 0,61 e 0,80).

Tabela 8 - Municípios localizados no Agreste Paraibano.

Município	Porte	IE	IS	ICA	IV
Alagoa Grande	II	0,544	0,253	0,551	0,449
Alagoa Nova	II	0,352	0,469	0,637	0,486
Alagoinha	I	0,607	0,486	0,531	0,542
Algodão de Jandaíra	I	0,301	0,593	0,503	0,466
Araçagi	I	0,746	0,539	0,526	0,604
Arara	I	0,611	0,259	0,669	0,513
Araruna	I	0,725	0,320	0,322	0,455

Areia	II	0,288	0,365	0,666	0,440
Areial	I	0,975	0,551	0,504	0,677
Aroeiras	I	0,378	0,698	0,579	0,552
Bananeiras	II	0,472	0,482	0,432	0,462
Barra de Santa Rosa	I	0,376	0,648	0,700	0,575
Belém	I	0,488	0,060	0,775	0,441
Boa Vista	I	0,529	0,430	0,476	0,478
Borborema	I	0,124	0,288	0,382	0,265
Cacimba de Dentro	I	0,839	0,415	0,502	0,585
Caiçara	I	0,842	0,220	0,563	0,542
Caldas Brandão	I	0,753	0,656	0,767	0,725
Casserengue	I	0,666	0,438	0,312	0,472
Cuité	I	0,374	0,422	0,654	0,483
Cuitegi	I	0,412	0,421	0,456	0,430
Damião	I	0,614	0,794	0,504	0,637
Dona Inês	I	0,668	0,719	0,174	0,520
Duas Estradas	I	0,653	0,329	0,552	0,511
Esperança	II	0,752	0,251	0,857	0,620
Fagundes	I	0,487	0,511	0,431	0,476
Gado Bravo	I	0,477	0,792	0,436	0,568
Gurinhém	I	0,763	0,539	0,559	0,620
Ingá	I	0,668	0,466	0,691	0,608
Itabaiana	II	0,778	0,223	0,267	0,423
Itatuba	I	0,645	0,426	0,926	0,666
Juarez Távara	I	0,709	0,347	0,557	0,538
Lagoa de Dentro	I	0,645	0,459	0,762	0,622
Lagoa Seca	II	0,716	0,396	0,454	0,522
Logradouro	I	0,960	0,466	0,608	0,678
Massaranduba	I	0,489	0,517	0,501	0,502
Matinhas	I	0,334	0,749	0,500	0,528
Mogeirol	I	0,671	0,577	0,673	0,641
Montadas	I	1,000	0,641	0,487	0,709
Mulungu	I	0,925	0,398	0,871	0,731
Natuba	I	0,522	0,631	0,751	0,634
Nova Floresta	I	0,576	0,883	0,695	0,718
Olivedos	I	0,459	0,337	0,688	0,494
Pilões	I	0,163	0,758	0,695	0,538
Pilõezinhos	I	0,203	0,360	0,620	0,394
Pirpirituba	I	0,355	0,292	0,421	0,356
Pocinhos	I	0,538	0,349	0,443	0,443
Puxinanã	I	0,088	0,469	0,429	0,329
Queimadas	II	0,317	0,331	0,391	0,346
Remígio	I	0,538	0,232	0,314	0,361
Riachão	I	0,753	0,372	0,517	0,547
Riachão do Bacamarte	I	0,534	0,457	0,569	0,520
Salgado de São Félix	I	0,650	0,620	0,469	0,579
Santa Cecília	I	0,517	0,776	0,450	0,581
São Sebastião de Lagoa de Roça	I	0,719	0,463	0,676	0,619
Serra da Raiz	I	0,346	0,415	0,738	0,499
Serra Redonda	I	0,617	0,384	0,505	0,502
Serraria	I	0,275	0,330	0,703	0,436
Sertãozinho	I	0,542	0,198	0,689	0,476
Solânea	I	0,535	0,358	0,666	0,520

Soledade	I	0,586	0,164	0,505	0,418
Sossêgo	I	0,362	0,674	0,609	0,548
Tacima	I	0,934	0,627	0,441	0,667
Umbuzeiro	I	0,358	0,501	0,289	0,383

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Esta mesorregião é a que concentra o maior número de municípios de pequeno porte II. Dentre esses, apenas Queimadas obteve um valor baixo no índice de vulnerabilidade, apresentando também baixos valores nos três índices (IE, IS, ICA). O município se destaca por ter uma maior parte da sua área sem cobertura vegetal, baixa suscetibilidade a desastres naturais, bom desempenho em saneamento básico e segurança hídrica, além de índices baixos de doenças. Também apresenta um bom indicador de renda e desenvolvimento sociopolítico. Por outro lado, os municípios de Alagoa Grande, Alagoa Nova, Areia, Bananeiras, Itabaiana e Lagoa Seca apresentaram valores médios de exposição, enquanto Esperança registrou um valor alto no índice.

Outros 14 municípios atingiram valores altos no índice de vulnerabilidade, liderando Mulungu (0,731); com valores muito altos nos índices de exposição e de capacidade adaptativa o município se encontra com uma extensa área descoberta, além de uma renda per capita considerada baixa em relação aos demais municípios estudados.

A última mesorregião, a Mata Paraibana, é composta por um único município incluído no estudo, São José dos Ramos (Tabela 9). Este município apresentou um valor médio no índice de vulnerabilidade, principalmente devido ao seu alto valor no índice de exposição, especialmente no indicador de porcentagem de área sem cobertura vegetal. Além disso, São José dos Ramos apresentou valores elevados nas ocorrências de desastres naturais. No índice IS, mostrou baixíssimo valor de saneamento básico, o que impactou um alto valor final. No índice ICA, o município obteve valores baixos no indicador de organização sociopolítica, o que impactou negativamente o índice.

Tabela 9 - Município localizado na Mata Paraibana.

Município	Porte	IE	IS	ICA	IV
São José dos Ramos	I	0,784	0,589	0,444	0,606

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Ao analisar os 175 municípios de pequeno porte I, observou-se uma disparidade significativa entre as diferentes mesorregiões. Em algumas, a maioria dos municípios apresentou índices de vulnerabilidade social mais baixos, enquanto em outras, esses índices se situaram em níveis médio a alto.

Ao detalhar os indicadores, constatou-se que os municípios de pequeno porte I, de modo geral, enfrentam desafios similares. No que diz respeito ao índice de sensibilidade, o saneamento básico se destacou como o principal problema, indicando uma vulnerabilidade particular a eventos adversos relacionados à falta de infraestrutura adequada.

Já no índice de capacidade adaptativa, os indicadores de renda e organização sociopolítica se destacaram negativamente, sugerindo que esses municípios possuem menor capacidade de lidar com as adversidades e de promover o seu desenvolvimento, devido às limitações financeiras e à fragilidade das suas estruturas sociais e políticas.

Ao analisar os 14 municípios classificados como pequeno porte II, observou-se que a média dos índices de vulnerabilidade foi significativa. A expectativa inicial era de que, por terem uma população maior em comparação com outros municípios de menor porte, esses locais apresentassem um nível de desenvolvimento mais elevado. No entanto, os dados revelaram que apenas 4 desses municípios apresentaram índices de vulnerabilidade considerados baixos, indicando que o tamanho populacional não foi um fator determinante para um melhor desempenho nos indicadores sociais e econômicos.

Ainda assim, ao compararmos municípios como Queimadas, com quase 48 mil habitantes, e São José do Brejo do Cruz, com pouco mais de 1.600, fica evidente a disparidade. Enquanto Queimadas apresenta um cenário mais favorável, São José do Brejo do Cruz, localizado no sertão paraibano, sofre com a falta de acesso a serviços básicos como água potável e esgotamento sanitário, com apenas 60% e 14% da população atendidos, respectivamente. Essa situação demonstra a urgente necessidade de políticas públicas direcionadas para esses municípios, a fim de promover o desenvolvimento socioeconômico e a melhoria da qualidade de vida da população.

Os resultados obtidos no presente estudo corroboram as observações de Oliveira (2017), cujo trabalho, também conduzido em municípios do estado da Paraíba, revelou que a maioria dos indicadores analisados evidenciava um índice de vulnerabilidade socioambiental de nível médio. Assim também, Rosendo (2014), aplicou três indicadores (Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa) para analisar a vulnerabilidade à seca em municípios.

A congruência entre os resultados obtidos neste estudo e aqueles apresentados por Oliveira (2017) e Rosendo (2014) merece atenção. A ausência de variações significativas nos índices de vulnerabilidade socioambiental, em comparação aos achados anteriores, sugere uma persistência dos padrões de vulnerabilidade na região estudada.

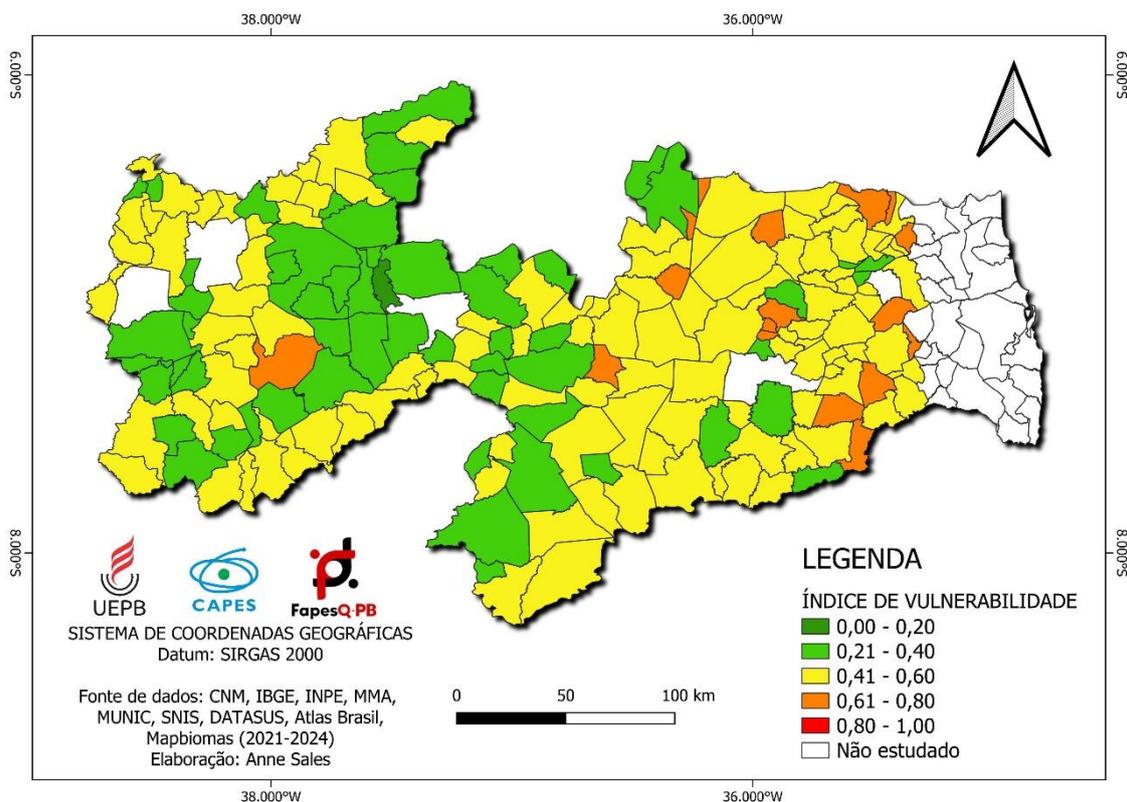
Essa estabilidade, embora aparentemente indicativa de uma continuidade de desafios, também levanta questões sobre a eficácia das intervenções implementadas no período intercorrente entre os dois estudos. A manutenção de um índice médio de vulnerabilidade, conforme demonstrado em ambos os trabalhos, aponta para a necessidade de uma análise mais aprofundada das políticas públicas e das estratégias de desenvolvimento adotadas, a fim de identificar os fatores que impedem a superação dos desafios socioambientais identificados.

7.6 Entropia de Shannon

A entropia de Shannon foi empregada para avaliar objetivamente a relevância dos critérios utilizados na análise de desempenho. A partir dos dados organizados, foi possível determinar a contribuição de cada fator e, conseqüentemente, reavaliar a construção do índice de vulnerabilidade, como ilustrado na Figura 11.

Ao incorporar a entropia de Shannon na metodologia de cálculo do índice de vulnerabilidade, observamos ajustes finos na classificação de diversos municípios. Por exemplo, o município de Joca Claudino apresentou uma leve redução no valor do índice, saindo da categoria de vulnerabilidade média (0,416) e passando para a categoria baixa (0,401).

Figura 11 - Índice de Vulnerabilidade com a Entropia de Shannon.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

A análise revelou um padrão de reclassificação em alguns municípios. Uns como Gurinhém, Parari e São Sebastião de Lagoa de Roça, apresentaram uma redução na classificação de vulnerabilidade, passando da categoria alta para a média, outros, como Pedra Branca, São Domingos, São José dos Cordeiros, Várzea e Zabelê, foram reclassificados da categoria média para a baixa.

Ao comparar os resultados obtidos pelo método da média geométrica, que reflete a opinião dos especialistas, com aqueles obtidos pela entropia de Shannon, foi observada uma alta correlação. Essa constatação indica que os pesos atribuídos pelos especialistas aos diferentes indicadores não foram suficientemente diferenciados para causar grandes divergências nos valores do índice de vulnerabilidade. Em outras palavras, os pesos atribuídos pelos especialistas, ao não apresentarem grandes variações, corroboram a ideia de que todos os indicadores possuem relevância similar na determinação do índice de vulnerabilidade.

7.7 Cenários

A fim de aprimorar o estudo, foram elaborados cenários padronizados, ou seja, cenários que poderiam ocorrer de forma homogênea em todos os municípios estudados. Esses cenários foram propostos para avaliar os possíveis impactos, tanto positivos quanto negativos, na vulnerabilidade à seca (Tabela 10).

Tabela 10 - Cenários.

Índice de Vulnerabilidade	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
IE	32,89%	33,3%	25%
IS	34,79%	33,3%	25%
ICA	32,32%	33,3%	50%

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

O Cenário 1 reflete a situação atual do estudo, com os pesos dos critérios determinados pelos especialistas através do AHP Simplificado. A análise desses pesos revelou uma distribuição bastante homogênea, com valores próximos entre si. Ao comparar com o Cenário 2, onde todos os critérios recebem o mesmo peso (um cenário de igualdade, similar à entropia de Shannon), observa-se que as diferenças entre os resultados dos dois cenários são mínimas.

O Cenário 3 apresenta um suposto modelo de desenvolvimento mais resiliente, onde os municípios demonstram uma capacidade superior de adaptação às mudanças climáticas. Ao priorizar o Índice de Capacidade Adaptativa (ICA), este cenário evidencia a importância de investir em soluções inovadoras, como tecnologias agrícolas de ponta e gestão integrada dos recursos hídricos. Essa abordagem, aliada a um conjunto mais amplo de políticas públicas, permite aos municípios diversificar sua produção, reduzir a vulnerabilidade e fortalecer sua capacidade de enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas.

7.8 Análise de Sensibilidade

A atribuição de pesos aos critérios nas avaliações é um processo subjetivo, sujeito à variação da percepção dos especialistas. Para entender como essa variabilidade pode afetar os resultados, foi adotada a metodologia de

análise de sensibilidade, tal como nas abordagens de Lee e Chang (2018), Araújo e Oliveira (2021). Nesse método, avaliamos como as mudanças nos pesos dos critérios influenciam a classificação dos municípios. Utilizando um coeficiente de sensibilidade (SC^*), quantificamos a proporção de municípios que mudam de classificação quando o peso de um critério é ajustado em 5% ou 50%.

A Tabela 11 apresenta os resultados dessa análise, detalhando a faixa percentual de mudanças nas classificações para cada critério, o fator de ajuste utilizado em cada peso e o número de critérios que determinaram as mudanças nas classificações.

Tabela 11 - Mudanças de classificações no ajuste dos critérios.

Método	Intervalo de alterações de classificação											
	<0,3	[0,3;0,7]	>0,7	<0,3	[0,3;0,7]	>0,7	<0,3	[0,3;0,7]	>0,7	<0,3	[0,3;0,7]	>0,7
	Mudança no peso do critério											
	-5%			5%			-50%			50%		
Números de critérios que mudaram classificações												
AHP Simplificado	9	0	0	9	0	0	9	0	0	0	9	0

Fonte: Modificado de Oliveira (2021)

A análise considerou três níveis de alteração na classificação: pequenas (menos de 30% de mudança), moderadas (entre 30% e 70% de mudança) e grandes (mais de 70% de mudança). Ao variar o peso dos critérios em 50% para mais ou para menos, foi possível avaliar a sensibilidade dos métodos. A mudança no peso de um critério representa a variação percentual em sua importância relativa.

Os resultados indicam que o método AHP simplificado é pouco sensível a essas variações, ou seja, essa característica indica que a classificação obtida pelo método AHP simplificado é menos suscetível a erros ou imprecisões na definição dos pesos, tornando-o mais confiável para a tomada de decisões.

8 CONCLUSÃO

No contexto do semiárido paraibano, este estudo contribui para o desenvolvimento de ferramentas de gestão pública, ao demonstrar a possibilidade de construir indicadores de vulnerabilidade à seca para municípios de pequeno porte. A construção desses indicadores se baseia em dados secundários e considera aspectos socioambientais relevantes para a região.

A análise espacial dos resultados revelou que os indicadores podem ser uma ferramenta valiosa para o planejamento de ações de mitigação da seca e o aumento da resiliência municipal. No entanto, é fundamental que sua utilização seja integrada a outras análises para uma gestão pública mais eficaz.

A versatilidade da metodologia de Bhattacharya e Dass (2007) ficou evidente neste estudo. Originalmente aplicada a dados estatais da Índia, a metodologia, após adaptações, mostrou-se eficaz para avaliar a vulnerabilidade à seca em municípios brasileiros de pequeno porte, demonstrando seu potencial para ser aplicada em diversas regiões propensas a eventos extremos de seca.

A robustez da metodologia utilizada é evidenciada pela similaridade dos resultados obtidos pelos métodos objetivo e subjetivo. Isso sugere que a atribuição de pesos aos indicadores pelos especialistas foi realizada de forma consistente e coerente.

O índice de Exposição identificou as áreas mais suscetíveis a secas severas, e o quanto exposto se mostra o município. O índice de Sensibilidade revelou que a população com menor acesso a saneamento básico e a segurança hídrica é mais vulnerável a doenças relacionadas à escassez hídrica. Por fim, o índice de Capacidade Adaptativa indicou os municípios com maior infraestrutura e apoio político como menos propensos aos efeitos da seca.

A concentração de alta vulnerabilidade no Agreste Paraibano ficou evidente com Mulungu ocupando a primeira posição entre os 20 municípios mais vulneráveis. Em contrapartida, Malta, no Sertão Paraibano, apresentou o menor índice, destacando uma situação diferenciada nesta região.

No índice de Exposição, o município de Montadas localizado no Agreste Paraibano, apresentou o maior nível de classificação, sendo considerado de "muito alta" exposição. Por outro lado, Salgadinho localizado na Borborema, obteve a menor classificação neste índice.

No índice de Sensibilidade, o município de Piancó, situado no Sertão Paraibano, foi classificado como de muito alta sensibilidade. Em contrapartida, o município de Santa Luzia, na região da Borborema, apresentou a menor classificação.

A Borborema se destacou em Capacidade Adaptativa, com São João do Cariri apresentando o maior valor. Em contraste, no Sertão Paraibano, representado por Carrapateira, apresentou o menor valor para o índice.

Contrariando a percepção generalizada de que o Sertão Paraibano é uma região extremamente vulnerável à seca, os resultados indicam que os municípios apresentaram em geral, melhores desempenhos no índice de vulnerabilidade.

Os indicadores revelaram que municípios com alta dependência da agricultura, pecuária e mineração são mais suscetíveis a eventos de seca intensa. Essa dependência econômica expõe essas localidades a riscos socioambientais significativos.

Opondo-se à expectativa inicial, os municípios de pequeno porte II não apresentaram resultados melhores que os de pequeno porte I. Esse achado sugere que o tamanho populacional não é um fator determinante para o desempenho nos indicadores sociais e econômicos.

Outro ponto crucial deste estudo é a possibilidade de projetar diferentes cenários futuros para os municípios, considerando as diversas combinações de dados. Essas projeções podem indicar tanto oportunidades quanto desafios.

É pertinente destacar que o cenário da vulnerabilidade à seca desses municípios pode passar por mudanças se forem realizadas ações preventivas e que favoreçam a convivência com a seca, permitindo que eles se tornem menos vulneráveis e que possam ter, assim, uma economia produtiva e resiliente a esse fenômeno natural tão recorrente e cíclico.

Os resultados deste estudo podem ser utilizados como embasamento para melhor compreensão da seca na região semiárida do estado da Paraíba, visto que a desmembramento dos indicadores em variáveis permite conhecer qual área temática encontra-se mais afetada. Além do mais, faz-se necessário não só transpor as fronteiras disciplinares, mas, também, as das atividades setoriais e, assim, definir as diretrizes e as principais ações para a mitigação e a prevenção do fenômeno.

Por fim, destaca-se a ausência de políticas públicas efetivas para garantir a qualidade de vida da população desses municípios, com especial atenção para as áreas de saúde, educação e renda. Além disso, a falta de um plano de contingência para lidar com situações de crise e a ausência de incentivos para a adoção de práticas agrícolas sustentáveis agravam a situação.

9 RECOMENDAÇÕES PARA AS INSTITUIÇÕES

Para obter resultados precisos, é fundamental que o pesquisador tenha um bom conhecimento da área de estudo e dos contextos sociais, econômicos e de gestão pública da região. Além disso, a qualidade dos dados utilizados é crucial para a confiabilidade dos resultados. A análise dos dados de saneamento ambiental demonstra a importância de adotar uma abordagem multifacetada, que inclua informações provenientes de diversas fontes. Isso permite uma compreensão mais completa e precisa do fenômeno em estudo.

A análise dos dados revelou inconsistências, como a duplicação de informações entre municípios e a presença de dados desatualizados, indicando a necessidade de uma verificação mais aprofundada das fontes de informação. A falta de acesso a dados históricos e a incapacidade de alguns municípios em fornecer informações precisas dificultaram também a coleta de dados.

A atualização constante desses dados é fundamental para que a população tenha acesso a informações precisas sobre sua própria realidade, o que contribui para o desenvolvimento de políticas públicas mais justas e eficientes.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. Vulnerabilidade ambiental, processos e relações. II Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Territoriais, FIBGE, Rio de Janeiro, 2006.

ADGER, W. N. Vulnerability. *Global Environmental Change*, v. 16, n. 3, p. 268–281.2006.

ARAÚJO, M.D.; OLIVEIRA, R. A hybrid approach associating flow network modeling with AHP-Entropy for simulating and ranking water-demand management alternatives. *Revista Ambiente e Água*, São Paulo, 16, Abril 2021.

BENGTSSON, J.; ANGELSTAM, P.; ELMQVIST, T.; EMANUELSSON, U.; FOLKE, C.; IHSE, M.; MOBERG, F.; NYSTRÖM, M. Reserves, Resilience, and Dynamic Landscapes. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, v. 32, n. 6, p. 389- 396, 2003.

BHATTACHARYA, S.; DASS, A. Vulnerability to drought, cyclones and floods in India. Winrock International, India, September 2007.

BRASIL. Lei nº 1.348, de 10 de Fevereiro de 1951. Dispõe sobre a revisão dos limites da área do polígono das secas.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Quarto relatório nacional para a convenção sobre diversidade biológica. Brasil. Brasília, DF: MMA, 2011. 248 p.

BUCKLEY, P. J. *Multinational Enterprises and Economic Analysis*, Londres: Cambridge University Press. 1982.

CAMARINHA, P. I; DEBORTOLI, N.S; HIROTA, M. Índice de Vulnerabilidade aos Desastres Naturais relacionados às Secas – No contexto das Mudanças Climáticas. Produto II – Relatório com os resultados e discussões sobre o Índice de Vulnerabilidade e a Avaliação dos Impactos relacionados às Secas para diferentes regiões do Brasil. Florianópolis. Jun. 2015.

CAMPOS, H. L. Convivência com o semiárido: potencialidades, limitações e ações. *Breves contribuciones del I.E.G., Argentina*, v. 28, n. 24, p.193-212, 2013.

CARPENTER, S. R.; WALKER, B.; ANDERIES, J. M.; ABEL, N. From metaphor to measurement: Resilience of what to what? *Ecosystems*, v. 4, n.8, p.765-781, 2001.

COELHO, C.; SILVA, R.; TAVEIRA-PINTO, F.; Metodologia de Análise de Vulnerabilidade para Aplicação à Costa Oeste Portuguesa. In: ALMEIDA, A. B. de; *Gestão da água: incertezas e riscos, conceptualização operacional*. Editora Esfera do Caos Editores. 1º Edição. Lisboa. Portugal. 2011.

CONFALONIERI, U.E.C. CHANG, M.; NAHAS, M. N; BARATA, M. Modelo Conceitual para Avaliação Municipal da Vulnerabilidade Humana à Mudança do Clima no Brasil: Contribuição da Fiocruz ao Plano Nacional de Adaptação – Sumário Metodológico. Belo Horizonte 2016. 28p

CONFALONIERI, V. E. C. Global environmental change and health in Brazil: review of the presente situation and proposal for indicators for monitoring these effects in: Hogan, H. J and M. T Tolmasquim. Human Dimensions of Global Environmental Change – Brazilian Perspectives. Rio de janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2011.

DASH, N.; MCCOY, B. G.; HERRING, H. Class. In PHILLIPS, B. D.; THOMAS, D. S. K.; FOTHERGILL, A.; BLINN-PIKE, L. (Eds), Social Vulnerability to Disasters, Boca Raton: CRC Press. p. 75-100. 2010.

DORTAJ, A., et al., A hybrid multi-criteria decision making method for site selection of subsurface dams in semi-arid region of Iran, Groundwater for Sustainable Development (2019).

EIRD. Glossário da Estratégia Internacional de Redução de Desastres. Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS)/Organização Mundial da Saúde (OMS), Ginebra, Suíça, 2009. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/omsambiental/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=293esid=15> (acessado em maio de 2023).

EMBRAPA. Clima Temperado. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.html>. Acesso em: Janeiro de 2024.

HUDAK, A. T. Rangeland mismanagement in South Africa: Failure to apply ecological knowledge. Human Ecology, v. 27, p. 55-78, 1999.

Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia IBGE. Estimativas de População Brasília-DF, 2019. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/25280-um-em-cada-tres-brasileiros-mora-em-48-municipios-com-mais-de-500-mil-habitantes>. Acesso em: Janeiro de 2023.

Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (IBGE). Delimitação do Semiárido: Relatório Final. Recife-PE, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/02semiaridorelatorionv.pdf>. Acesso em: Janeiro de 2023.

Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (IBGE). Síntese dos indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

IPCC. 2014. Alterações Climáticas 2014: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade - Resumo para Decisores. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea e L.L. White (eds.)]. Genebra, Suíça: Organização Meteorológica Mundial (WMO). 34 p.

LOTFI, F. H.; FALLAHNEJAD, R. Imprecise Shannon's entropy and multi-attribute decision making. Entropy, v. 12, n. 1, p. 53-62, 2010. <https://doi.org/10.3390/e12010053>

FILGUEIRA, H. J. A. Desastres El Niño-Oscilação Sul (ENOS) versus sistemas organizacionais – Paraíba/Brasil, Flórida/Estados Unidos da América e Piura/Peru: uma análise comparativa. Tese de Doutorado UFCG 2004.

FREITAS, M. I. C.; CUNHA, L. Cartografia da vulnerabilidade socioambiental: convergências e divergências a partir de algumas experiências em Portugal e no Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 5, n. 449, p.15-31, 2013.

FREITAS, M. H. A. (1998), “Avaliação da produção científica: considerações sobre alguns critérios”, *Psicol. Esc. Educ. (Impr.)*, Vol. 2 No. 3, pp.211-228. Acesso em: 20 de dezembro de 2023.

GYFTOPOULOS, E. P. et al. Entropy: Thermodynamic definition and quantum expression. *Physical Review E*, v. 55, n. 4, p. 3851, 1997.

GUERRA, P. B. A Civilização da Seca: o Nordeste é uma história mal contada. Fortaleza: Ministério do Interior, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, 1981. 324 p.

JUNIOR, A.P.M. Indicadores ambientais e Recursos Hídricos: realidade e Perspectivas para o Brasil a partir da Experiência Francesa. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

LIN, Jianhua. Divergence measures based on the Shannon entropy. *IEEE Transactions on Information theory*, v. 37, n. 1, p. 145-151, 1991.

MARZALL, K. Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de mestrado. 1999.

MCCARTHY, J.J.; CANZIANI, O.F.; LEARY, N.A.; DOKKEN, D.J.; WHITE, K.S. (eds.), (2001), *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, x+1032 pp.

MCENTIRE, D. A.; CROCKER, C. G.; PETERS, E. Addressing vulnerability through an integrated approach, *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, v. 1, n. 1, p. 50-64, 2010.

MELO, J. C. de. O fenômeno El Niño e as secas no Nordeste do Brasil. *Revista Raízes*. Ano XVIII, nº 20. 1999.

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão – MP. Indicadores: Orientações Básicas Aplicadas à Gestão Pública. 1ª Edição Brasília/DF – setembro de 2012.

NIAMIR-FULLER, M. (ed). *Managing Mobility in African Rangelands: The Legitimization of Transhumance*. Londres: Practical Action. 1999. 240 p.

NIKULOV, Alexey V.; SHEEHAN, Daniel P. Special Issue on Quantum Limits to the Second Law of Thermodynamics. *Entropy*, v. 6, n. 1, p. 1, 2004.

PALMER, W.C. Meteorological drought. *US Weather Bureau Res. N° 45*. Washington, 58p. 1965.

PAVAN, R. Â. Avaliação da sensibilidade ambiental costeira e de risco sócio ambiental do litoral centro-sul catarinense a eventos naturais extremos e elevação do nível médio dos oceanos. Dissertação (mestrado). Universidade do Vale do Itajaí. 2012.

PETERSON, G. D.; ALLEN, C. R.; HOLLING, C. S. Ecological resilience, biodiversity, and scale. *Ecosystems*, v.1, n. 1, p. 6-18, 1998.

ROSENDO, E. E. Q. Desenvolvimento de indicadores de vulnerabilidade à seca na região semiárida brasileira. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental. Universidade Federal da Paraíba. 137p. 2014.

SAATY, Thomas L.; VARGAS, Luis G. Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process. Springer Science & Business Media, 2012.

SAISANA M., TARANTOLA, S. State-of-the-art report on current methodologies and practices for composite indicator development . Report EUR 20408 EN. European Commission-Joint Research Centre, Ispra. 2002.

SALVATI, L., Zitti, M., Ceccarelli, T., Perini, L. Developing a synthetic index of land vulnerability to drought and desertification. *Geographical Research*, volume 47, Issue 3, pages 280–291, September 2009, DOI: 10.1111/j.1745-5871.2009.00590. x.

SCHUSCHNY, A.; SOTO, H. Guía metodológico - diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. Cepal, p. 109, 2009.

TOMINAGA, L. K. Análise e Mapeamento de Risco In: TOMINAGA. L. K; SANTORO, J; AMARAL, R. (Orgs.) Desastres Naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, p. 147-160. 2009.

UNISDR - International Strategy for Disaster Reduction. 2009. Terminology on disaster risk reduction. Disponível em <http://www.unisdr.org>. Acesso em: Junho de 2023

VASTA, K. S. Risk, vulnerability, and asset-based approach to disaster risk management, *International Journal of Sociology and Social Policy*, v. 24, n. 10, p.1-48, 2004.

VIEIRA, R.M.S.P. Susceptibilidade à degradação/desertificação no semiárido brasileiro: tendências atuais e cenários decorrentes das mudanças climáticas e do uso da terra. 2015. 19 p. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/03.09.04.35-TDI). Tese (Doutorado em ciência do Sistema Terrestre) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), São José dos campos, 2015. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3J54785>>. Acesso em: 11 jun. 2024.

WILCHES-CHAUX, G. La vulnerabilidade global. In: MASKREY, A. (org). Los desastres son naturales. Bogotá, Colômbia: LARED, p. 27-44. 1993.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO

Indicadores de Vulnerabilidade à Seca

Os indicadores citados no formulário serão utilizados para compreender os enfrentamentos dos eventos de seca dos municípios paraibanos de pequeno porte com base na magnitude da importância a eles atribuída.

ATENÇÃO! Esse é um formulário baseado na escala de Saaty, portanto os indicadores terão pesos de 1 a 9, sendo o de menor importância representado por 1, o de maior importância representado por 9 e os pesos de 2 a 8 representando a importância intermediária. A importância do indicador (o valor dado) pode ser repetido entre os indicadores.

1. E-mail *

ÍNDICE DE EXPOSIÇÃO

A exposição, como condição de vulnerabilidade é capaz de tornar ambientes e populações mais propensas a sofrerem impactos climáticos. De maneira geral, a exposição é influenciada por múltiplos fatores e o risco apresentado pela mudança do clima poderá se concretizar em impactos mais ou menos severos.

Os indicadores a seguir servirão para medir sua influência em relação a exposição do ambiente aos eventos de seca nos municípios paraibanos.

2. Porcentagem de cobertura vegetal do solo
(A baixa cobertura de solo e, conseqüentemente a exposição do solo).

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mer	<input type="radio"/>	Maior importância							

3. Suscetibilidade a desastres naturais
Maior probabilidade que ocorram os eventos hidrológicos (dias consecutivos de estiagem, erosão, incêndios florestais e movimentação de massa) nos municípios paraibanos devido a seca.

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mer	<input type="radio"/>	Maior importância							

4. Ocorrência de desastres naturais

Episódios já ocorridos de eventos hidrológicos (dias consecutivos de estiagem, erosão, incêndios florestais e movimentação de massa) devido a seca em maior frequência nos municípios paraibanos.

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mer	<input type="radio"/>	Maior importância							

ÍNDICE DE SENSIBILIDADE

A sensibilidade pode ser definida como o grau com que um determinado sistema tem possibilidade de ser afetado, de maneira adversa ou benéfica, pela variação do clima.

Os indicadores a seguir servirão para medir sua influência em relação a sensibilidade socioambiental aos eventos de seca nos municípios paraibanos.

6. Segurança hídrica

Proposta por órgãos federais e estaduais, isto é, um plano de bacia que garanta o acesso em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às necessidades humanas.

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mer	<input type="radio"/>	Maior importância							

7. Cobertura de saneamento básico

Sendo a disposição da população servida por rede geral de abastecimento, solução alternativa coletiva ou individual, e a adequação do esgotamento sanitário, através de rede coletora ou fossa séptica.

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mer	<input type="radio"/>	Maior importância							

8. Doenças associadas à escassez hídrica

O número de casos de doenças relacionadas com a falta de água e esgoto, a exemplo de; parasitose, leptospirose, diarreia e hepatite.

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mer	<input type="radio"/>	Maior importância							

ÍNDICE DE CAPACIDADE ADAPTATIVA

A capacidade de enfrentar, isto é, meios pelos quais a população ou organizações utilizam habilidades e

recursos disponíveis para enfrentar consequências adversas que podem conduzir a um desastre.

Os indicadores a seguir servirão para medir sua influência em relação da capacidade adaptativa socioeconômica e política aos eventos de seca nos municípios paraibanos.

9. Estrutura socioeconômica

Os empregos predominantes nos municípios, isto é, agricultura, pecuária e/ou mineração.

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mer	<input type="radio"/>	Maior importância							

10. Renda

Desemprego e/ou renda menor que 1/2 salário mínimo.

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mer	<input type="radio"/>	Maior importância							

11. Organização sociopolítica - Controle Social

Consórcios e conselhos municipais nas área de saúde, educação, assistência social e meio ambiente.

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mer	<input type="radio"/>	Maior importância							