



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE -UFCEG
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS - CTRN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL-
PPGECA

Carla Caroline Alves Carvalho

CAPACIDADE ADAPTATIVA A EVENTOS EXTREMOS COMPOSTOS NA
PARAÍBA

Campina Grande – PB

2023

Carla Caroline Alves Carvalho

**CAPACIDADE ADAPTATIVA A EVENTOS EXTREMOS COMPOSTOS NA
PARAÍBA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) como requisito para a obtenção do título de Doutora em Engenharia Civil e Ambiental. Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Linha de Pesquisa: Recursos Hídricos.

Orientadora: Prof. Dra. Iana Alexandra Alves Rufino

Campina Grande – PB

2023

C331c Carvalho, Carla Caroline Alves.
Capacidade adaptativa a eventos extremos compostos na Paraíba /
Carla Caroline Alves Carvalho. – Campina Grande, 2023.
154 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade
Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais,
2023.
"Orientação: Profa. Dra. Iana Alexandra Alves Rufino".
Referências.

1. Gestão de Recursos Hídricos. 2. Saneamento Ambiental.
3. Resiliência Urbana. 4. Índices de Riscos de Impactos Climáticos. 5.
Secas e Cheias. 6. Vulnerabilidade Social. I. Rufino, Iana Alexandra
Alves. II. Título.

CDU 556.18(043)

Carla Caroline Alves Carvalho

**CAPACIDADE ADAPTATIVA A EVENTOS EXTREMOS COMPOSTOS NA
PARAÍBA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) como requisito para a obtenção do título de Doutora em Engenharia Civil e Ambiental. Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Linha de Pesquisa: Recursos Hídricos.

Orientadora: Prof. Dra. Iana Alexandra Alves Rufino

Aprovada em 20/03/2023.

Profa. Dra. Iana Alexandra Alves Rufino
Orientadora

Prof. Dr. Carlos de Oliveira Galvão
Examinador Interno

Profa. Dra. Andrea Carla Lima Rodrigues
Examinadora Externa

Prof. Dr. Camilo Allyson Simoes de Farias
Examinador Externo

Profa. Dra. Maria Helena Del Grande
Examinadora Externa



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO ENGENHARIA CIVIL AMBIENTAL
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

REGISTRO DE PRESENÇA E ASSINATURAS

1. **ATA DA DEFESA PARA CONCESSÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

2. **ALUNO(A): CARLA CAROLINE ALVES CARVALHO / COMISSÃO EXAMINADORA: DR.ª IANA ALEXANDRA ALVES RUFINO - PPGECA/UFMG (PRESIDENTE) - ORIENTADORA, DR. CARLOS DE OLIVEIRA GALVÃO – PPGECA/UFMG – EXAMINADOR INTERNO, DR.ª ANDREA CARLA LIMA RODRIGUES – PPGECA/UFMG – EXAMINADORA INTERNA, DR. CAMILO ALLYSON SIMÕES DE FARIAS - UFMG – EXAMINADOR EXTERNO, DR.ª MARIA HELENA DEL GRANDE - IFSP - EXAMINADORA EXTERNA (PORTARIA 07/2023). / TITULO DA TESE: “CAPACIDADE ADAPTATIVA A EVENTOS EXTREMOS COMPOSTOS NA PARAÍBA” / ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL / HORA DE INICIO: 14:00 HORAS / FORMA DA SESSÃO: POR VÍDEO CONFERÊNCIA.**

3. **EM SESSÃO REALIZADA POR VÍDEO CONFERÊNCIA, APÓS EXPOSIÇÃO DE CERCA DE 40 MINUTOS, O(A) ALUNO(A) FOI ARGUIDO(A) ORALMENTE PELOS MEMBROS DA COMISSÃO EXAMINADORA, TENDO DEMONSTRADO SUFICIÊNCIA DE CONHECIMENTO E CAPACIDADE DE SISTEMATIZAÇÃO NO TEMA DE SUA TESE, SENDO-LHE ATRIBUÍDO O CONCEITO “EM EXIGÊNCIA”, SENDO QUE A POSSIBILIDADE DE APROVAÇÃO ESTÁ CONDICIONADA À AVALIAÇÃO DA NOVA VERSÃO DO TRABALHO FINAL, SEGUINDO PROCEDIMENTOS PREVISTOS NA RESOLUÇÃO DO PROGRAMA. O PRESIDENTE DA COMISSÃO EXAMINADORA, OUVIDOS OS DEMAIS MEMBROS, DEVERÁ FICAR RESPONSÁVEL POR ATESTAR QUE AS CORREÇÕES SOLICITADAS NA LISTA DE EXIGÊNCIAS FORAM ATENDIDAS NA VERSÃO FINAL DO TRABALHO. A COMISSÃO EXAMINADORA CUMPRINDO OS PRAZOS REGIMENTAIS, ESTABELECE UM PRAZO MÁXIMO DE 30 DIAS PARA QUE SEJAM FEITAS AS ALTERAÇÕES EXIGIDAS. APÓS O DEPÓSITO FINAL DO DOCUMENTO DE TESE, DEVIDAMENTE REVISADO E MEDIANTE ATESTADO DO ORIENTADOR, O CONCEITO “EM EXIGÊNCIA” PASSARÁ IMEDIATAMENTE PARA O DE “APROVADO”. NA FORMA REGULAMENTAR, FOI LAVRADA A PRESENTE ATA, QUE É ASSINADA POR MIM, WELLINGTON LAURENTINO DOS SANTOS, SECRETÁRIO, ALUNO E OS MEMBROS DA COMISSÃO EXAMINADORA PRESENTES.**

4. **CAMPINA GRANDE, 20 DE MARÇO DE 2023**

5.

6.

 Documento assinado digitalmente
MARIA HELENA DEL GRANDE
Data: 22/03/2023 16:31:58-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

7.

8.

9. **MARIA HELENA DEL GRANDE - IFSP - EXAMINADORA EXTERNA**



Documento assinado eletronicamente por **Carla Caroline Alves Carvalho, Usuário Externo**, em 21/03/2023, às 16:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS DE OLIVEIRA GALVAO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/03/2023, às 16:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **IANA ALEXANDRA ALVES RUFINO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/03/2023, às 18:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ANDREA CARLA LIMA RODRIGUES, PROFESSOR**, em 21/03/2023, às 18:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **CAMILO ALLYSON SIMOES DE FARIAS, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/03/2023, às 10:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **WELLINGTON LAURENTINO DOS SANTOS, SECRETÁRIO (A)**, em 22/03/2023, às 11:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **3200566** e o código CRC **7DF81050**.

"A adaptação é a chave para sobreviver em um mundo em constante mudança."
Stephen Hawking

Dedico
Às minhas irmãs Camila e Cecília.
Aos meus pais, Vanécia e Hélio.

AGRADECIMENTOS

A trajetória pela carreira acadêmica perpassa por muitos desafios, principalmente quando consideramos a realidade de um país como o Brasil, e mais especificamente o contexto de interior do Semiárido Nordeste, de onde eu sou. A escolha por essa jornada exige em si, a aquisição da capacidade de adaptação e resiliência para superar os obstáculos, assim como muito do que foi estudado nessa pesquisa para eventos extremos compostos. Dessa maneira, a conclusão deste curso de doutorado implica em um comprometimento com a pesquisa científica e sobretudo com a educação, não só por tudo que ele representa na minha vida pessoal e profissional, mas também pelo que a existência desse curso reflete sobre o desenvolvimento regional.

Diante disso, sou muito grata as pessoas que Deus me oportunizou conhecer nessa vida e que foram indispensáveis para essa conclusão. Nesse sentido, agradeço à Professora Iana Alexandra Alves Rufino, pela orientação dessa pesquisa, pelo exemplo de profissional excelente e por sempre me motivar a continuar, mesmo quando eu não acreditava em mim mesma. Agradeço a banca formada pelos professores Carlos Galvão, Maria Helena, Camilo Farias e Andrea Carla pelo tempo dedicado às contribuições para melhoria dessa pesquisa. Em seus nomes, agradeço ao PPGECA-UFCG pela oportunidade de formação.

Além dessas pessoas, existem outras que formaram uma rede de apoio durante a minha vida. Portanto, sou grata aos meus pais, Vanécia e Hélio, e às minhas irmãs Camila e Cecília, pelo amor incondicional e por apostarem comigo nesse sonho. Agradeço a minha Tia Leila pelo acolhimento e discernimento nos conselhos dados com tanto amor. Em seu nome agradeço aos demais familiares.

Os amigos são uma extensão da nossa família, portanto agradeço aos amigos que o curso doutorado me presenteou pela força dada, desenvolvimento de trabalhos, compartilhamento de dificuldades e alegrias: Higor, Yáscara, Auriberto, Ulisses, Mery, Priscila, Fagner, Jéssica e João Maria. Assim como os amigos que conheci em outras datas, e que juntos compartilhamos muitas vivências: Iracema, Mariano e Daniela.

Além disso, em nome de Elisângela, Fernanda, Aline, Savana, Leovegildo, Rodrigo, Eric, e Walker eu agradeço ao CCTA-UFCG – Campus de Pombal, por terem feito da minha primeira vivência como professora uma experiência transformadora.

Agradeço ainda aos professores Larissa Ferreira e Almir Mariano, que representam as casas de formação de mestrado e graduação, pois são pessoas que contribuíram e contribuem com a minha construção profissional e pessoal.

Agradeço ao CNPq e a Capes pelo apoio financeiro à realização dessa pesquisa, e a todas as políticas públicas de acesso à educação que contribuíram para minha formação.

A Deus, a todas essas pessoas e instituições meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

As mudanças climáticas contribuem para uma maior variabilidade e intensidade da ocorrência de eventos extremos compostos, como secas e cheias. Nesse sentido, essa pesquisa tem como objetivo, desenvolver uma metodologia de identificação de eventos compostos em municípios da Paraíba para proposição de medidas de planejamento e mitigação a partir de uma análise integrada da capacidade adaptativa aos eventos de secas e cheias. Para tanto, a análise espacial da suscetibilidade foi realizada sob a perspectiva da resiliência urbana que se mostra necessária e é, naturalmente percebida, em áreas expostas a eventos extremos. Os procedimentos metodológicos foram divididos em três etapas, primeiramente foi desenvolvida a base teórico-metodológica. Em seguida foi analisada a suscetibilidade a Eventos Extremos Compostos na Paraíba a partir da sobreposição do Índice de Risco de Impacto Climático à Seca da plataforma Adapta Brasil MCTI e do Índice de Risco de Impacto Climático à Cheia construído durante a pesquisa, o qual fez uso dos métodos de Entropia de *Shannon* e de *Vikor* para a determinação dos pesos e agregação dos indicadores respectivamente. Posteriormente a suscetibilidade a eventos extremos compostos foi estudada para a cidade de Campina Grande-PB. Para tanto, foram combinados dois modelos anteriormente desenvolvidos (risco ao desabastecimento e a suscetibilidade à inundações) na cidade. As áreas mais críticas de ambos os modelos são relacionadas e analisadas com um Índice de Vulnerabilidade Social, com a finalidade de avaliar a capacidade adaptativa, necessária para a construção da resiliência urbana indicando as áreas mais críticas onde a capacidade adaptativa leva a uma maior resiliência urbana. Os resultados, tanto para a escala da Paraíba quanto para Campina Grande, indicam que maior suscetibilidade a eventos extremos, especialmente os eventos compostos e, maiores vulnerabilidades sociais geram uma exposição mais significativa aos perigos e conseqüentemente, maiores impactos são observados. Esses achados revelam como uma baixa capacidade adaptativa necessita de maior atenção às políticas públicas e ações mitigadoras para aumentar a resiliência por meio da adoção de medidas que priorizem municípios e áreas com maior suscetibilidade à eventos extremos compostos a partir da consideração de um melhor planejamento, gestão, melhorias de infraestrutura e ações de monitoramento.

Palavras-chave: Resiliência urbana. Índices. Vulnerabilidade Social. Secas. Cheias.

ABSTRACT

Climate change contributes to greater variability and intensity of compound extreme events, such as droughts and floods. In this sense, this research aims to develop a methodology for identifying compound events in municipalities in Paraíba. In this propose, planning and mitigation measures should be based on an integrated analysis of the adaptive capacity to drought and flood events. To this end, the spatial analysis of susceptibility was carried out from the perspective of urban resilience, which is necessary and is naturally perceived in areas exposed to extreme events. The methodological procedures were divided into three stages, first the theoretical-methodological basis was developed. Next, the susceptibility to Extreme Compound Events in Paraíba was analyzed based on the overlapping of the Drought Climate Impact Risk Index of the Adapta Brasil MCTI platform and the Flood Climate Impact Risk Index constructed during the research, which made use of the Shannon's and Vikor's Entropy methods for determining the weights and aggregation of the indicators respectively. Subsequently, the susceptibility to composite extreme events was studied for the city of Campina Grande-PB. For this purpose, two previously developed models (risk of shortages and susceptibility to flooding) were combined in the city. The most critical areas of both models are related and analyzed with a Social Vulnerability Index, in order to assess the adaptive capacity, necessary for building urban resilience, indicating the most critical areas where adaptive capacity leads to greater urban resilience . The results, both for the scale of Paraíba and Campina Grande, indicate that greater susceptibility to extreme events, especially compound events, and greater social vulnerabilities generate more significant exposure to hazards and, consequently, greater impacts are observed. These findings reveal how a low adaptive capacity requires higher attention from public policies and mitigating actions to increase resilience. It also shows that the resilience can be improved by the adoption of measures that prioritize municipalities and areas with higher susceptibility to extreme events composed from the consideration of better planning, management , infrastructure improvements and monitoring actions.

Keywords: Urban resilience. Indexes. Social vulnerability. Droughts. Full.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificações de Seca	33
Figura 2: Localização do Nordeste e do semiárido brasileiro	40
Figura 3: Consolidação dos dados originais em indicadores e índices	49
Figura 4: Etapas para a criação de um índice composto.....	50
Figura 5: Nuvem de palavras-chave	55
Figura 6: Classificação da pesquisa científica desenvolvida na tese.....	57
Figura 7: Metodologia Geral da Tese	58
Figura 8: Apresentação da plataforma Adapta Brasil para Risco de Impacto para Seca em Recursos Hídricos.....	61
Figura 9: Estrutura Hierárquica da composição de indicadores e índices de risco de impacto das mudanças climáticas.....	61
Figura 10: Danos humanos totais entre os anos de 1991 a 2021 no Brasil devido a desastres naturais	64
Figura 11: Interface da plataforma Atlas Digital de Desastres no Brasil	66
Figura 12: Apresentação da plataforma Atlas Digital em Desastre no Brasil.....	67
Figura 13: Porcentagem da população vulnerável a pobreza, 2010 a 2021	70
Figura 14: Regiões Pluviometricamente Homogêneas da Paraíba.....	74
Figura 15: Tabulação cruzada dos IRICS E IRICC para elaboração do mapa de suscetibilidade a eventos extremos compostos na Paraíba.....	88
Figura 16: Localização de Campina Grande	89
Figura 17: Modelos de risco ao desabastecimento de água e suscetibilidade a inundação	92
Figura 18: Tabulação cruzada para a elaboração do mapa de suscetibilidade a eventos extremos composto – SEEC	93
Figura 19: Tabulação cruzada para a elaboração do mapa de capacidade adaptativa a eventos extremos compostos.	95
Figura 20: Índice de Risco de Impacto Climático à Seca na Paraíba	96
Figura 21: IVS para os municípios da Paraíba – 2000 e 2010	97
Figura 22: Índice de Risco de Impacto Climático à Cheias na Paraíba.....	101
Figura 23: Atendimento de rede de esgoto e sistema de drenagem urbana no Brasil, Nordeste e Paraíba no ano de 2021.....	103

Figura 24: Suscetibilidade a eventos extremos compostos na Paraíba.....	105
Figura 25: Suscetibilidade a eventos extremos para o caso de estudo.	109
Figura 26:Exemplos de enchentes e desabastecimentos causados por secas e chuvas extremas na Paraíba - Brasil.	110
Figura 27: Índice de Vulnerabilidade Social para Campina Grande – PB	111
Figura 28: Mapeamento da capacidade adaptativa a eventos extremos em Campina Grande-PB	112
Figura 29: Hipóteses e ações mitigadoras para a suscetibilidade crítica a eventos extremos.	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição de desastres de acordo com Classificação COBRADE	39
Tabela 2: Resultados de buscas em bibliotecas	53
Tabela 3: Estudos sobre cheias que utilizaram Entropia de Shannon	54
Tabela 4: Descrição de equações de busca.....	59
Tabela 5: Descrição de equações de segunda busca.....	59
Tabela 6: Índice de Risco de Impacto Climático à Seca - IRCS	62
Tabela 7: Descrição dos dados utilizados do Atlas Digital de Desastres no Brasil	65
Tabela 8: Descrição dos indicadores do IVS.....	71
Tabela 9: Índice de Risco de Impacto Climático à Cheias - IRICC	76
Tabela 10: Reclassificação do Indicador de Prosperidade Social	79
Tabela 11: Classificação IAC em anos secos e chuvosos	81
Tabela 12: Dimensão e efeito dos indicadores	83
Tabela 13: Pesos dos indicadores de IRICC determinados por Entropia de Shannon	85
Tabela 14: Classes do índice de risco de impacto climático a cheias (IRICC)	87
Tabela 15: Classes do índice de risco de impacto à seca (IRICS).....	88
Tabela 16: Indicador de Vulnerabilidade Social – IVS	94

LISTA DE SIGLAS

AHP	Processo hierárquico analítico
ANA	Agência Nacional de Águas
AR6	Sexto Relatório de Avaliação
AtlasBr	Atla de Desenvolvimento Humano
AURBD	Áreas Urbanas Densas
AVS	Atlas de Vulnerabilidade Social
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CEPED/UFSCA	Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil Rua Dom Joaquim
CMIP6	Projeto de Intercomparação de Modelo Acoplado
COBPAV	Indicador de Cobertura de Vias Públicas com Redes ou Canais Pluviais Subterrâneos na Área Urbana
COBPAV	Cobertura de Pavimentação e Meio-Fio
COBRADE	Classificação e Codificação Brasileira de Desastres
COBRED	Indicador de Cobertura de Vias Públicas com Redes ou Canais Pluviais Subterrâneos na Área Urbana
COBRED	Cobertura de Redes ou Canais Pluviais Subterrâneos na Área Urbana
COBVEG	Cobertura vegetal natural
DHT	Danos Humanos Totais
DHT	Danos humanos totais
DMT	Danos Materiais Totais
DMT	Danos Materiais Totais
EEC	Eventos Extremos Compostos
EM-DAT	Banco de Dados Internacional de Desastres
FAPEU	Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária
FJP	Fundação João Pinheiro
IAC	Índice de Anomalia de Chuva
IACC	Índice de Anomalia de Chuva extremamente chuvoso
IACC	Índice de Anomalia de Chuva muito chuvoso e extremamente chuvoso
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHAD	Índice de Desenvolvimento Humano Ajustado

IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IDM	Demográfico
IEC	Econômico
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IPE	Pesquisa Econômica Aplicada
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPEA	Pesquisa Econômica Aplicada
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IRCC	Índice de Risco de Impacto Climático à Cheias
IRICS	Índice de Risco de Impacto Climático à Seca
ISC	Social
ISIU	Saneamento e Infraestrutura urbana
IVS	Índice de Vulnerabilidades Social
MapBiomass	Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil
MBI	Medidas de baixo impacto
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MDPI	Molecular Diversity Preservation International
MVP	Mínimo Produto Viável
NE	Nordeste
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ODC	Ocorrência de desastres relacionados com chuva
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONGs	Organizações Não Governamentais
ONU	Organização das Nações Unidas
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PB	Paraíba
PNAD	Pesquisa Nacional por amostra de Domicílio
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
POPAD	Indicador de População em Domicílios Permanentes com Condições Adequadas de Moradia

POPAD	População em Domicílios Permanentes com Condições Adequadas de Moradia
PROSP	Indicador de Prosperidade Social
PROSP	Prosperidade social
RHN	Rede Hidrometeorológica Nacional
RNP	Rede Nacional de Pesquisa e Ensino
S2ID	Sistema de Informações sobre Desastres
Sedec/MDR	Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil
SESG	Rede de Esgoto ou Pluvial (?)
SESG	População Urbana que Não Tinham Acesso a Rede de Esgoto ou Pluvial
SIDRA	Sistema de Recuperação Automática
SIGs	Sistemas de Informações Georreferenciadas
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TOPSIS	Técnica de Preferência de Ordem por Similaridade à Solução Ideal
UNDP	Organização das Nações Unidas
UNDP	United Nations Development Programme
UNDRR	Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres
USD	Dólar Americano
VIKOR	Viekriterijumsko Kompromisno Rangiranje, termo sérvio para Otimização Multicritério e Solução de Compromisso
VULP	Indicador de População Vulnerável à Pobreza
VULP	População Vulnerável a Pobreza

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	20
1.1	Apresentação.....	20
1.2	Justificativa.....	23
1.3	Questões de pesquisa.....	24
1.4	Objetivos.....	25
1.4.1	Objetivo Geral.....	25
1.4.2	Objetivos Específicos.....	25
1.5	Hipótese.....	25
1.6	Estrutura da Pesquisa.....	25
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	27
2.1	Eventos extremos compostos: experiências, tendências e impactos.....	27
2.1.1	Secas.....	32
2.1.3	Cheias.....	36
2.1.4	Desastres Naturais e classificação COBRADE.....	38
2.2	Suscetibilidade, risco, vulnerabilidade, capacidade adaptativa e resiliência.....	42
2.2.1	Suscetibilidade e risco.....	42
2.2.2	Vulnerabilidade.....	43
2.2.3	Capacidade Adaptativa.....	44
2.2.4	Resiliência.....	47
2.2.5	Gestão Proativa.....	47
2.3	Índices, disponibilidade de dados e métodos para tomada de decisão.....	48
2.4	Métodos para elaboração de índices: Entropia e Vikor.....	51
3	METODOLOGIA.....	57
3.1	Etapa 1: Base teórico-metodológica.....	59
3.1.1	Aquisição de dados.....	60
	<i>AdaptaBrasil MCTI</i>	60
3.1.2	Atlas Digital de Desastres do Brasil.....	63
3.1.3	Portal HidroWeb.....	66
3.1.4	Sistema de Recuperação Automática – SIDRA e Pesquisas do IBGE.....	67
3.1.5	Atlas de Desenvolvimento Humano.....	69
3.1.6	Atlas de Vulnerabilidade Social.....	70
3.1.7	MapBiomas.....	72

3.1.8 Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS	72
Etapa 2: Suscetibilidade a Eventos Extremos Compostos na Paraíba	73
3.1.9 Caracterização da área de Estudo	73
3.1.10 Índice de Risco de Impacto para Cheia (IRICC)	75
3.1.11 Indicadores de risco de impacto climático a eventos compostos (secas e cheias).....	87
3.2 Etapa 3: Capacidade Adaptativa em Campina Grande	88
3.2.1 A área de estudo: Campina Grande	89
3.2.2 <i>Overlay</i> de modelos de suscetibilidade.....	90
3.2.3 Índice de Vulnerabilidade Social.....	93
3.2.4 Uma análise especializada da capacidade adaptativa	94
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	96
4.1 Risco de Impacto Climático à Secas	96
4.2 Risco de Impacto Climático à Cheias	100
4.3 Suscetibilidade a Eventos Extremos Compostos na Paraíba.....	104
4.4 Análise da Capacidade adaptativa em uma área urbana: o caso Campina Grande-PB.....	109
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	116
Referências	119
APÉNDICE A	139

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 Apresentação

Os eventos extremos são por definição raros, apresentam variabilidade de duração de minutos a décadas, além de possuírem alto potencial de impacto aos sistemas ecológicos, humanos e técnicos (Mc. PHILLIPS, et. al., 2018; PERKINS- KIRKPATRICK e PITMAN; 2018). São exemplos de eventos extremos ondas de calor, incêndios florestais, secas, tempestades de areia, inundações, inundações costeiras, furacões e tempestades (BELL et. al., 2018).

Os efeitos do aquecimento global e das ações humanas tendem a aumentar a frequência e a intensidade dos eventos extremos em todo o planeta. De acordo com o Sexto Relatório de Avaliação (AR6) publicado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022), na América do Sul, diferentes áreas serão afetadas com destaque para o aumento de secas, de precipitações extremas e inundações pluviais. Estima-se maior probabilidade da ocorrência de eventos extremos mensais de alta temperatura, com acréscimo de 2 °C em todas as regiões do mundo, em paralelo ao aumento de precipitações extremas em mais de 85% da superfície terrestre (WIEL e BINTANJA; 2021).

Nesse contexto, o aumento da temperatura global de 1,5 °C e 2,0 °C colocaria a maioria das regiões à exposição do aumento de extremos de precipitação mediante o aquecimento (SHI et. al.; 2021). É importante ressaltar que no planeta Terra os eventos climáticos estão dinamicamente associados, pois são resultados de muitos processos complexos relacionados e que atuam em escalas distintas, de modo que dificilmente haverá uma causa específica para um determinado evento (SWAIN, 2020). Além dos processos naturais, as mudanças climáticas também são influenciadas pelas ações humanas, cujos efeitos já são irreversíveis e irrefutáveis para o aquecimento global, contribuindo para aumentar a frequência e a intensidade dos eventos extremos (IPCC, 2022).

Neste cenário, cresce a probabilidade de ocorrência de eventos extremos recordes, que são eventos sem precedentes no período observacional, superando em intensidade e magnitude aqueles já registrados na história (FISCHER et al., 2021). Além disso, também há o aumento das chances de eventos extremos compostos (do inglês: *compound events*), ou seja, a combinação de dois ou mais eventos acontecendo simultaneamente ou sucessivamente (HEROLD et al., 2021, ZSCHEISCHLER et al., 2020). Além disso, as áreas com maior

potencial de impacto são aquelas onde estão localizados os centros urbanos (MC. PHILIPS et al., 2018; DHIMAN et al., 2019; OTTO et al.; 2018).

Embora seja esperada uma redução no crescimento de taxas de urbanização pós pandemia de COVID-19, a perspectiva é de que as regiões continuem se urbanizando na próxima década, sendo que a porcentagem da população mundial urbana passará de 56,2% para 60,2% em 2030 (ONU, 2020).

Além de abrigarem mais da metade da população mundial, as cidades são responsáveis por três quartos do consumo global de energia e de gases de efeito estufa, somam-se ainda a complexidade de interdependência dos sistemas de infraestrutura das zonas urbanas, bem como o modelo de industrialização e de construção baseada na liberação de carbono, a forma como são gerenciados os eventos extremos e a diferenciação de vulnerabilidade entre os grupos sociais. Ressalta-se que entre as grandes lições do COVID-19 está a constatação de que mesmo reduzindo o transporte e o consumo colossalmente, não é suficiente para lidar com os efeitos das mudanças climáticas, sendo necessárias adotar medidas capazes de transformar o sistema, integrando a emergência climática às demais políticas (RIPPLE et al., 2021).

Diante das mudanças climáticas globais, estima-se que diferentes áreas da América do Sul serão afetadas nas próximas décadas, com destaque para o aumento de secas, de precipitações extremas e inundações pluviais (IPCC, 2022). Nesse contexto, insere-se o Brasil, situado na América do Sul, que possui uma das maiores reservas mundiais de água mas que também apresenta ao longo da história situações de escassez hídrica severas em todas as regiões (ROSSI et. al; 2021). No país, 85% dos desastres naturais estão relacionados com a chuva ou com a falta dela (TRAVASSOS et al., 2021). Dessa forma, os desastres naturais mais comuns no Brasil são de origem: climática, como as secas prolongadas; hidrológica, exemplificados pelos alagamentos, inundações e das enxurradas; e de origem geológica, notadamente caracterizados pelos movimentos de massa (CEMADEN, 2019).

As secas e inundações são os eventos extremos que mais afetam a população brasileira, sendo que as secas correspondem a 78% das pessoas afetadas por algum evento enquanto que as inundações e movimentos de massa são os que geram maior número de óbitos (SOUZA; OLIVEIRA, 2019). Os movimentos de massa são os movimentos de descida de solos e rochas sob efeito de gravidade, os quais, são comumente potencializados pela ação da água e incluem os deslizamentos, escorregamentos, rupturas de talude e queda de barreiras (CEMADEN, 2016). Na região do Nordeste, por sua vez, são previstas a intensificação dos períodos de seca, elevação da temperatura média, maior suscetibilidade a desertificação e menor segurança

hídrica (IPCC, 2022; ANA, 2019; VIEIRA et al., 2021).

A Paraíba, por sua vez apresenta uma das maiores variabilidades espaço-temporal das chuvas no Nordeste, sendo que anomalias positivas e negativas de precipitações se correlacionam com a ocorrência de eventos de seca e cheias (NASCIMENTO, 2020). Campina Grande-PB, a segunda maior cidade da Paraíba e também a segunda maior cidade do interior do Nordeste, convive com esta realidade e, apresenta em sua história a ocorrência de riscos e desigualdades no abastecimento de água (CORDÃO et al., 2020; DEL GRANDE, et al., 2016; DUARTE, et al., 2018), bem como de inundações (ALVES et al., 2018; SILVA et al., 2020; DANTAS, et al., 2015).

Os efeitos dessas mudanças impactam negativamente diversos setores estratégicos da economia, como a agricultura (ZILLI et al., 2020; SANTOS et al., 2021) e a produção energética (JONG, et al., 2019), que implicam diretamente na segurança alimentar e outras atividades econômicas. O Brasil, é um país muito dependente da energia hidráulica, e, neste sentido, secas severas já provocaram racionamentos e aumento dos preços da energia (CARVALHO et al., 2020). Eventos extremos de seca afetam a dinâmica do meio ambiente, a distribuição e diversidade da fauna e flora de biomas em todo o território (LAPOLA et al., 2020).

Nas cidades, as inundações interferem nos sistemas humanos e ambientais e representam em curto prazo risco de vida, danos nas edificações e falhas na infraestrutura, em médio prazo se relacionam com a contaminação dos recursos hídricos e propagação de doenças, e a longo prazo prejuízos econômicos para além das áreas afetadas pelas chuvas (HAMMOND, et al. 2015). No campo social, a população mais vulnerável socioeconomicamente é a que sofre os maiores impactos dos eventos extremos, pois apresentam menor capacidade de se adaptarem (SARKODIE; STREZOV, 2019; METCALFE, 2020).

Todos esses fatores colocam as cidades tanto no centro dos maiores impactos dos eventos extremos quanto nos principais locais de enfrentamento desses efeitos, sendo necessários esforços mútuos para melhorar sua capacidade adaptativa, a partir de estudos, planejamento e governanças adaptativas e flexíveis que sejam capazes de proporcionar respostas mais resilientes aos eventos extremos (HAMSTEAD; COSEO, 2020; MCPHEARSON, 2020; HAGGAG, 2020).

Sendo assim, os índices e o monitoramento são fundamentais para a capacidade adaptativa a eventos extremos compostos, uma vez que permitem que os gestores e as comunidades identifiquem os riscos e vulnerabilidades associados a esses, possibilitando a

adoção de medidas preventivas e de adaptação. Além disso, o monitoramento regular dos indicadores ambientais e sociais permite avaliar os efeitos das mudanças climáticas e das ações de adaptação e mitigação adotadas. Com base nessa avaliação, é possível ajustar as medidas adotadas e identificar novas ações para fortalecer a capacidade adaptativa (FIGUEIREDO et al., 2018; GONÇALVES, et al., 2021; PHILLIPS, 2015).

1.2 Justificativa

As mudanças climáticas associadas a fatores como a tendência mundial de urbanização, o crescimento demográfico, os padrões de consumo, as fragilidades de planejamento urbano e governança, assim como a falta de estrutura adequada nos sistemas de abastecimento, contribuem para que esses eventos aconteçam com maior frequência e intensidade, como é o caso das secas e das precipitações intensas. Isso interfere na prestação sustentável de serviços urbanos, como saneamento básico e transportes, afetando com maior intensidade a população em situação de maior vulnerabilidade social, dada a sua menor capacidade de se tornar resiliente a tais situações (JI et al., 2022; JOHANNESSEN e WAMSLER, 2017; DONG et al., 2017).

É importante ressaltar que os eventos extremos de água são sempre esperados, contudo o seu tempo, frequência e magnitude são mais difíceis de prever com precisão, são caros para a sociedade, em termos políticos e econômicos e em algumas situações podem sair do controle e se tornarem catalizadores de conflitos e guerras. Porém, têm o poder de transformar a água em um assunto urgente durante tempo de ocorrência e em um período de tempo limitado posteriormente, levando a adoção de medidas de mitigadoras de caráter reativo, em contraposição as soluções de adaptação proativa que resultam em impactos maiores nos sistemas humanos e ambientais (MADANI, 2019).

A exemplo disso, está um estudo de percepção com formuladores de política sobre a seca, no qual, os entrevistados afirmaram que as medidas adotadas aconteceram durante o período de seca e estavam focadas em responder a problemas urgentes, assumindo um papel reativo e focado nas questões cotidianas de escassez de água (OSAKA, BELLAMY; 2020).

Por esse motivo, abordagens proativas são essenciais para o desenvolvimento de gestão de eventos extremos, por meio de alertas precoces, modelos de previsão e monitoramento, bem como estratégias que minimizem os impactos causados pelo evento no setor socioeconômico (BAYISSA et al., 2021).

Portanto, a melhoria da resiliência nos sistemas de água se dá por meio do aumento da capacidade de se preparar, absorver, recuperar e adaptar-se às perturbações humanas naturais.

De modo que as medidas de mitigação e adaptação precisam ser empregadas de maneira a se complementarem mutuamente com base em uma abordagem proativa para alcançar maiores níveis de resiliência (MADANI, 2019).

A temática dos eventos extremos dentro do contexto de mudanças climáticas evoluiu muito nas pesquisas científicas e, tem sido campo de estudo para diversas áreas, como uma forma de investigar suas causas, efeitos, ações de planejamento, mitigação e adaptação aos impactos gerados (SWAIN, 2020). Porém, mediante os impactos observados e perspectivas de agravamento das mudanças climáticas e dos eventos extremos (IPCC, 2022) o comprometimento das diferentes nações com a causa é urgente, sendo o desenvolvimento de pesquisas científicas indispensáveis para criar subsídios e inovação tecnológica necessários para a adaptação aos novos cenários.

Neste contexto, a capacidade adaptativa é a capacidade que uma comunidade tem de aprender com experiências passadas, para se preparar, ajustar e reduzir os impactos em eventos extremos futuros (MARTÍN e PANEQUE, 2022). Reflete a busca por respostas adaptativas tanto por ações do Estado quanto da sua população para se adaptar e se recuperar quando o evento extremo acontece, para tanto é necessário promover diminuição das vulnerabilidades por meio de ações mitigadoras que promovam avanços na resiliência urbana (BERNAT, 2019; ENGSTRÖM et al., 2020). Por esse motivo, estudos sobre os eventos extremos são necessários para tomadores de decisão e formuladores de políticas associadas aos diversos setores sensíveis ao clima (LANDRUM e HOLLAND, 2020).

1.3 Questões de pesquisa

Portanto, esta pesquisa parte dos seguintes questionamentos:

1. Mediante a ocorrência frequente de desabastecimentos e inundações em uma mesma área urbana, como avaliar a capacidade adaptativa a eventos extremos compostos?
2. Como ferramentas de monitoramento podem auxiliar na construção de uma capacidade adaptativa, contribuindo com uma maior resiliência das cidades em casos de eventos extremos compostos, a partir da identificação de municípios mais suscetíveis a cheias, a secas e ao risco simultâneo a eventos extremos de secas e cheias?
3. Como melhorar a capacidade adaptativa dos municípios por meio de medidas de planejamento e mitigação?
4. Municípios mais expostos a eventos compostos são prioritários em alguma política pública de adaptação ou de preparação para eventos extremos?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma metodologia de identificação de eventos compostos em municípios paraibanos para proposição de medidas de planejamento e mitigação a partir de uma análise integrada da capacidade adaptativa aos eventos de secas e cheias.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Desenvolver um índice de risco de impacto climático a cheias.
2. Estabelecer critérios de seleção para identificação de áreas mais suscetíveis a eventos extremos compostos, por meio da sobreposição de indicadores temáticos, com base na análise de capacidade adaptativa.
3. Analisar espacialmente a capacidade adaptativa a eventos extremos de uma área urbana com alta frequência de desabastecimentos e inundações, a partir da seleção de índices e modelos pré-existentes;
4. Propor medidas de planejamento e mitigação com a finalidade de contribuir para a construção da capacidade adaptativa.

1.5 Hipótese

A elaboração de índices que identifiquem áreas mais suscetíveis a eventos extremos compostos é uma alternativa importante para o planejamento urbano e para uma valorização da gestão proativa, ambos necessários na Paraíba como forma de melhorar a capacidade adaptativa aos eventos extremos. Existem áreas suscetíveis a eventos compostos (múltiplos) em diferentes escalas no território paraibano e, neste sentido, uma gestão proativa eleva a capacidade de adaptação por meio da adoção de medidas de planejamento e de mitigação.

1.6 Estrutura da Pesquisa

A tese encontra-se estruturada da seguinte forma: (i) referencial teórico sobre capacidade adaptativa, eventos compostos, vulnerabilidade, susceptibilidade, secas e chuvas, resiliência, indicadores, métodos e outros temas afins; (ii) descrição dos procedimentos metodológicos e caracterização das áreas de estudo (iii) estudo e seleção de municípios do

Nordeste com alta exposição a eventos extremos e estabelecimento de uma metodologia de caracterização da capacidade adaptativa e de gestão utilizando métricas como indicadores e índices (iv) estudo de capacidade adaptativa na escala local (área urbana) para uma cidade exposta a eventos compostos (Campina Grande-PB); (v) Elaboração de sugestões de medidas de planejamento e mitigação para um aumento da capacidade adaptativa, baseando-se na análise estadual e local.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Eventos extremos compostos: experiências, tendências e impactos

O clima descreve um conjunto de fenômenos atmosféricos e de propriedades estatísticas agregadas de variações das condições climáticas em um longo período de tempo, abrangendo não apenas as condições típicas, mas também os eventos extremos climáticos. A mudança climática é a modificação na distribuição de probabilidade geral das condições climáticas do dia-a-dia (SWAIN et al., 2020).

Mediante o cenário de mudanças climáticas e de aquecimento global entre 1,5°C e 2°C, verifica-se o crescimento da ocorrência de eventos extremos em todo o mundo (SHI, et. al.; 2021). O Sexto Relatório de Avaliação (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022) aponta alguns registros gerais desse crescimento, refletindo que os efeitos das mudanças climáticas apresentam desdobramentos diferentes para as diversas regiões do planeta. De modo geral: houve um aumento de precipitação intensa em todo o planeta, as secas aumentaram de frequência e intensidade nas regiões do Mediterrâneo, Ásia Ocidental, muitas áreas da América do Sul e grande parte da África e Nordeste da Ásia; no tocante a desertificação destacam-se algumas áreas secas da África Subsaariana, partes da Ásia Oriental e Central e na Austrália; elevação da frequência e intensidade de tempestades de poeira na Península Arábica, do Oriente Médio e Ásia Central.

A comunidade científica alerta sobre um cenário de emergência climática no qual há o aumento de ocorrência de eventos sem precedentes em paralelo ao pouco progresso da humanidade em lidar com essas mudanças. Por esse motivo, os cientistas Ripple et al. (2021) fazem uma atualização sobre a temática, apontando que desde 2019 houve um aumento sem precedentes de desastres relacionados ao clima, de forma que foram registradas: inundações na América do Sul e no Sudeste Asiático, na Austrália verifica-se ondas de calor recordes e incêndios florestais na Austrália, e ciclones devastadores na África, Sul da Ásia e Pacífico Ocidental.

Comumente os eventos extremos são considerados pela sua natureza e pelos impactos causados. Nas disciplinas meteorologia, climatologia e matemática esses fenômenos são definidos em termos de anomalia de ocorrência e por características específicas, com a ampliação de áreas estudando a temática, foi inserida na definição do termo a dimensão dos impactos, como as perdas econômicas e os efeitos sociais, primeiramente pelas ciências sociais e depois difundido nas ciências naturais (GIMENO et al., 2022; MC. PHILLIPS et al., 2018)

Portanto, os eventos extremos são aqueles que apresentam características diferentes dos

padrões climáticos tanto na escala de tempo quanto na distribuição do espaço, acontecem em uma menor frequência, porém apresentam maior potencial de impactos sociais e ambientais (JONAS et al., 2018). São a vitrine da variabilidade climática (CATTIAUX e RIBES, 2018). Há alertas sobre aumento da probabilidade de eventos extremos climáticos recordes, ou seja, eventos sem precedentes no período observacional, superando em intensidade e magnitude aqueles já registrados na história (FISCHER et al., 2021)

Em termos meteorológicos ou climáticos, tais desvios ocorrem em escalas temporais que podem variar desde dias até milênios, assim como podem acontecer de diferentes maneiras, por exemplo, enchentes, secas prolongadas, ondas de calor, tufões e tornados (MARENGO, 2009). Diante das mudanças nos padrões de clima globais, tem-se a deficiência ou o excesso de precipitações ao longo do ano, que por sua vez contribuem para a ocorrência de secas e chuvas extremas (SANTOS et al., 2017b).

Diversos fenômenos se enquadram na categoria de eventos extremos climáticos, são exemplos: tornados, furacões, nevascas, tempestades de poeira, inundações, tempestades de gelo, ondas de calor e secas (PEREIRA et al., 2021). A definição dos eventos extremos pode acontecer em termos da anomalia de uma variável climática. Nesse sentido, determinar os extremos de acordo com as variáveis refere-se ao aumento da intensificação do evento frente a distribuição da probabilidade do mesmo ocorrer, visto que os eventos climáticos estão dinamicamente associados (SENEVIRATNE et al., 2018; SWAIN, 2020).

No Brasil as mudanças climáticas já são notadas nas diferentes regiões do país, por exemplo, na extensão de aridez no Nordeste, há o aumento da extinção de tipos tropicais sobre climas temperados no sul e, climas chuvosos no sul da Amazônia (DUBREUIL et al., 2019)

Em virtude da grande diversidade de eventos que se enquadram na categoria é difícil especificar limites claros para determinar quais devem ser chamados de eventos extremos, a definição é ampla e enquadra eventos de pequena e grande escala. É uma ocorrência dinâmica dentro de um prazo limitado que impede o funcionamento normal de um sistema ou sistemas (BROSKA, 2020).

Além do aumento de eventos extremos, há ainda alertas sobre a maior chance de acontecer eventos extremos climáticos recordes, que são eventos sem precedentes no período observacional, ou seja, superam a magnitudes dos extremos já registrados na história. São anomalias estudadas com base em extremos ocorridos e não tendo como referência um padrão de climatologia, deve ser vista como uma abordagem complementar à tradicional. Para cenários de alta emissão eventos recordes de extremos de calor com duração de uma semana são de duas a sete vezes mais prováveis entre 2021 e 2050 e três a 21 vezes mais prováveis entre 2051 e

2080 (FISCHER et al., 2021).

Conforme cresce a frequência de ocorrência de eventos extremos, torna-se mais provável que eventos diferentes coincidam (HEROLD et al., 2021). São denominados de **eventos compostos** quando dois ou mais eventos extremos acontecem simultaneamente ou sucessivamente, ou seja, é quando diferentes eventos extremos combinados implicam na amplificação de impactos, ou até quando eventos individuais concomitantes e que não são extremos levam tanto a um evento quanto a impacto considerado extremo, induzindo a riscos sociais e ambientais maiores (ZSCHEISCHLER et al., 2020). Apesar de representarem perigos mais fortes do que aqueles causados por eventos isolados, ainda se sabe pouco sobre os eventos compostos ou multivariados, comparado as investigações de eventos separados, configurando-se como uma literatura recente mas que tem despertado interesse crescente (VOGEL et al., 2020, GIMENO-SOTELO; GIMENO, 2022).

Na média global, a comparação de compostos de extremos de calor e frio verificou, de forma heterogênea, que a magnitude de eventos extremos de calor consecutivos aumentou significativamente, constituindo um quarto de todos os eventos, enquanto que os extremos de frio consecutivos diminuíram. As tendências mais notáveis foram observadas nas zonas Tropical e Polar, Oriente médio e Norte da África, incluindo a região do Mediterrâneo (ZHANG et al., 2022).

Os eventos extremos hidrológicos secos e úmidos, associados diretamente a relatos de secas e inundações de alto impacto são o foco dessa tese. Tais eventos, nem sempre são coincidentes no tempo e/ou espaço, mas frequentemente geram perdas socioeconômicas significativas (LUCA et al., 2020) e exigem da população uma maior capacidade de adaptação, uma vez que as ações inerentes à mitigação de impactos para ambos os eventos são muito diferentes. Dessa forma, assim como as regiões diferentes do planeta estão expostas de formas variadas aos eventos extremos isolados, há evidências diferentes para as situações de eventos extremos compostos.

Vogel et al. (2020) investigam cenários futuros para a ocorrência de eventos extremos compostos. Estes autores realizaram agrupamentos de eventos extremos quentes, secos e úmidos com base na aplicação da sexta fase do Projeto de Intercomparação de Modelo Acoplado - CMIP6, que baseou o Relatório de Avaliação AR6 (IPCC, 2021; EYRING et al., 2016). No estudo os autores realizaram quatro tipos de agrupamentos de eventos extremos: (1) quente e úmido, (2) quente e seco, (3) seco e úmido e (4) quente, seco e úmido. Os autores verificaram que dentro de níveis mais altos de aquecimento global a ocorrência de eventos extremos compostos também aumenta, sendo que as regiões com maiores aglomerados de

eventos quentes e secos foram encontradas para o Brasil, na região Nordeste e na Amazônia, na região do Mediterrâneo e na África Austral. Já as regiões para os aglomerados úmidos e quentes houve maior predisposição das regiões tropicais, como em parte na região do Sahel, e em regiões montanhosas, como os Andes e a região do Himalaia.

Ainda sobre eventos extremos compostos secos e úmidos analisados globalmente, Luca et al. (2020) analisaram a ocorrência desses eventos entre 1950 e 2014 e concluíram que, a maior incidência de eventos extremos úmidos domina sobre eventos extremos secos nos Estados Unidos da América, no norte e sul da América do Sul, no norte da Europa, norte da África, oeste da China e grande parte da Austrália. Enquanto que os eventos extremos secos são mais evidentes na maioria das demais regiões do planeta. Os autores citados anteriormente verificaram ainda que o tempo médio de transição de úmido para seco é de aproximadamente 27 meses, enquanto que de seco para úmido é de 21 meses. Nesta pesquisa, o evento úmido-seco mais disseminado geograficamente teve forte associação com *El Niño* e *La Niña*, causou anomalias em 21 milhões de km² em episódios de inundações e secas de alto impacto em diversas regiões.

Os eventos *El Niño* e *La Niña* são partes de um mesmo fenômeno atmosférico-oceânico que acontece no Oceano Pacífico, e são potencializados pelos efeitos do aquecimento global (MARJANI et al., 2019). *El Niño* refere-se as condições oceânicas e atmosféricas excepcionalmente quentes no Pacífico tropical, enquanto que *La Niña* surge quando as condições oceânicas e atmosféricas estão muito frias no Pacífico tropical oriental. Ambos acontecem a cada dois a sete anos, aproximadamente (NOBRE, et al., 2019). Esses fenômenos influenciam na ocorrência de desastres e outros eventos extremos em diferentes regiões do mundo, como é o caso dos extremos de calor nos continentes do norte (LUO e LAU, 2020), precipitações extremas na China (GAO et al., 2020) e extremos de umidade e seca na Europa (KING et al., 2020).

O clima da América do Sul - AS mantém uma conexão com o *El Niño* que se manifesta em precipitações e elevações substanciais de temperatura, exemplificados pelas secas na Amazônia e nordeste da AS, bem como por inundações na costa oeste tropical (CAI et al., 2020). Dois eventos extremos compostos que afetaram a América do Sul em 2012 foram a seca severa no Nordeste do Brasil em paralelo às chuvas intensas e inundações na Amazônia. Estes eventos são considerados eventos recordes nos últimos 50 anos e, tiveram fortes influências dos eventos de *La Niña* e *El Niño* (MARENGO et al., 2013, COSTA et al., 2021). No Nordeste brasileiro, eventos extremos de secas e chuvas que foram identificados entre os anos de 1960 e 2016, também foram associados ao eventos *La Niña* e *El Niño*.

Portanto, os eventos extremos isolados podem durar poucos minutos ou décadas e impactam sistemas interferindo em seu funcionamento normal. Quando acontece mais de um evento extremo simultaneamente ou de forma consecutiva, esses impactos são potencializados. Os eventos extremos representam uma perturbação ao ambiente, causando efeitos fisiológicos e mortalidade em espécies da fauna e flora de ecossistemas aquáticos e terrestres (MINUTI et. al.; 2021).

Outro ponto importante a ser levado em consideração, é que a sociedade depende de sistemas técnicos de infraestrutura, como o fornecimento de saneamento básico, energia, serviços de saúde, telecomunicações e alimentação, para o seu pleno funcionamento (BROSKA, 2020). Neste sentido, as mudanças climáticas associadas ao crescimento da urbanização trazem novos desafios para a sustentabilidade e resiliência das cidades, principalmente no que se refere aos eventos extremos de secas e de chuvas e seus impactos na escala urbana, pois muitas cidades no mundo enfrentam problemas associados a eventos de inundação devido à chuvas intensas e longos períodos de secas que afetam a segurança hídrica local (BATALINI et al., 2021).

Um exemplo de impactos aos sistemas, seria o das infraestruturas essenciais, que incluem instalações de saúde pública, infraestrutura de transporte, como estradas e trens, redes de energia e tratamento de água, os quais podem ter seu funcionamento interrompido, gerando efeitos cascatas danosos em outros setores imprescindíveis para a sociedade (BELL et. al., 2018).

Para os sistemas de transportes também há impactos sobre a sua funcionalidade, especialmente na condição de eventos extremos compostos, geram danos na infraestrutura dos transportes, afetam o tempo, o custo de deslocamento e contribuem para congestionamentos nas estradas e nas cidades. Além de ser indispensável para a realização das atividades básicas da população como moradia, trabalho, alimentação e lazer, os sistemas de transportes são indispensáveis em situações de emergência pois são muito utilizados para evacuação da população para locais seguros (JI et al., 2022; MORELLI, CUNHA, 2021).

A disponibilidade de serviços de saneamento de abastecimento de água também pode ser afetada e até mesmo interrompida mediante a ocorrência de eventos extremos. Contudo, estes serviços são fundamentais para o bem-estar da população tanto em contextos normais quanto em situações de emergência, contribuindo para limitar a intensidade e a duração das crises (PAGANO, et al., 2018).

Outro ponto importante a ser levado em consideração, é de que a sociedade depende de sistemas técnicos de infraestrutura, como o fornecimento de saneamento básico, energia,

serviços de saúde, telecomunicações e alimentação, para o seu pleno funcionamento (BROSKA, 2020). Contudo, os eventos extremos atingem tais infraestruturas e modificam a organização econômica e social. A partir de então, observa-se historicamente que, somados a periodicidade de ocorrência, esses eventos se associam a efeitos de desastres em cascata, como a fome, guerras, migrações populacionais e epidemias, pois diminuem a estabilidade social e aumentam a vulnerabilidade, interferindo diretamente no processo de desenvolvimento econômico e social (HE, et. al., 2021).

Portanto, mediante problemática exposta, é notável que os eventos extremos climáticos de secas e chuvas além de serem recorrentes em diferentes regiões do mundo, apresentam tendência de aumento na probabilidade de ocorrência, nos níveis de intensidade e nos impactos causados, principalmente quando acontecem de maneira coincidente, por meio dos eventos extremos compostos. Para melhor entendimento desses eventos, os próximos tópicos irão abordar as definições e impactos para os eventos extremos de secas e chuvas.

2.1.1 Secas

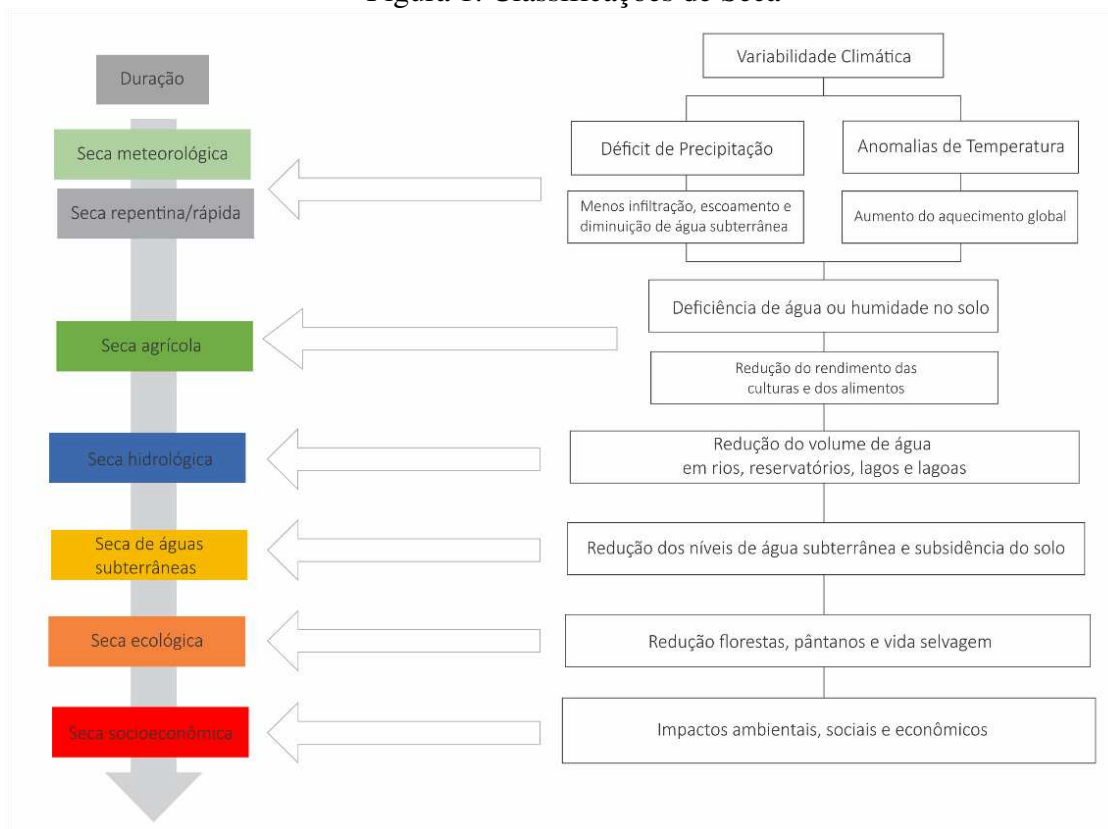
As secas são definidas por períodos de baixos índices pluviométricos se comparadas à média histórica de uma região, ou até pela ausência completa de precipitações. São causadas por um desvio das condições climáticas normais, acontecendo em escalas de tempo que podem se limitar a uma estação ou se prolongar por anos (PERKINS-KIRKPATRICK; PITMAN, 2018; CARROL et al., 2021). A seca é gerada tanto por causas naturais quanto por causas antropogênicas (ARABAMERI et al., 2022). Diferentemente dos outros eventos, é difícil identificar o início das secas, pois começam lentamente e são caracterizadas pela diminuição de disponibilidade hídrica. Prever o seu fim é uma tarefa difícil e seus impactos se acumulam por longos períodos de tempo (CUNHA et al., 2019).

Apesar das diversas definições para os eventos de seca, é comum considerar como sendo um período excepcional, no qual a baixa pluviosidade, altas temperaturas e/ou ventos geram a escassez de água para os ecossistemas existentes e para a população humana (IPCC, 2021). No geral, a classificação das secas é feita em quatro categorias: meteorológica, hidrológica, agrícola e socioeconômica (MISHRA e SINGH 2010, WILHITE e BLANTZ, 1985). A Figura 1 ilustra bem esta classificação.

As três primeiras classes mensuram a seca enquanto um fenômeno físico, enquanto que a quarta analisa o evento de acordo com a oferta e demanda de água, acompanhando os impactos da escassez hídrica à medida que atinge toda a sociedade (NDAYIRAGIJE; LI,

2022).

Figura 1: Classificações de Seca



Fonte: Ndayiragije e Li (2022) (tradução do autor)

Além dessas quatro terminologias tradicionais há outras classes de seca: repentina, ecológica e de lençol freático. A seca ecológica é a escassez periódica da disponibilidade de água que leva os sistemas ecológicos para além dos limites de vulnerabilidade, interferindo nos sistemas ecossistêmicos e pode gerar ciclos de retroalimentação (JIANG et al., 2021). A seca de lençol freático é aquela em que acontece uma queda momentânea na disponibilidade de água subterrânea, resultando da propagação de secas meteorológicas, hidrológicas e agrícolas (THOMAS et al., 2017). A seca repentina ou instantânea, acontece em todas as regiões do mundo, raramente é iniciada de forma rápida, mas é seguida por várias semanas seguidas nas quais sua propagação é acelerada, impactando setores diferentes (PENDERGRASS et al., 2020).

A seca meteorológica se caracteriza pelo déficit de precipitação e, a partir de sua propagação, os demais tipos de seca acontecem. Ao entrar no ciclo da água, a seca evolui para diferentes tipos de seca, afetando o sistema natural e a sociedade humana. A identificação dos fatores de controle para a propagação da seca é importante para o monitoramento, previsão, gestão e adoção de estratégias de adaptação. Os fatores relativos à propagação incluem: o clima, aridez, sazonalidade, anomalias e variáveis meteorológicas; propriedades de captação da bacia hidrográfica, inclinação, elevação, cobertura da terra, aquífero, fluxo de base e

atividades humanas, como a operação do reservatório, irrigação e captação de águas subterrâneas (ZHUANG et al., 2022).

A seca hidrológica refere-se à falta de água no ciclo hidrológico, da vazão de escoamento de rios, córregos, lagos, reservatórios e águas subterrâneas na escala de bacia, é comumente resultado da propagação da seca meteorológica (BHARDWAJ et al., 2020; TAHROUDI et al., 2019). A escassez de água em escala global é afetada pelo crescimento populacional, atividades agrícolas e industriais, consumo de água para fins domésticos, mudanças climáticas e contaminação no abastecimento de água (ARABAMERI et al. 2022). Todas essas questões associadas a eventos de seca, acentuam a escassez do recurso. A propagação da seca meteorológica para a hidrológica e agrícola pode ser compreendida por meio da análise das características sazonais de reservatório agrícola e das mudanças nos níveis de armazenamento de barragens em virtude da diminuição de chuvas (BAE et al., 2019)

Uma das primeiras atividades econômicas a ser impactada pela seca é a agricultura, pois é uma atividade sensível à escassez de água que, por sua vez, está diretamente ligada aos níveis de precipitação e evapotranspiração. Nesse sentido, a seca agrícola está relacionada com o acúmulo gradual das secas anteriores, as quais implicam na diminuição da umidade do solo e interferem na produção da agricultura (VAN HATEREN et al., 2021; ZHANG, 2021).

Vale ressaltar que os impactos causados pela seca agrícola não estão relacionados somente à gravidade do evento, mas também o quanto que o setor está vulnerável a escassez hídrica (PARSONS et al., 2019). No meio ambiente as condições de escassez hídrica desencadeiam uma maior dependência das plantas por águas subterrâneas, que também estão em baixa disponibilidade, isso contribui para a mortalidade de árvores, incêndios florestais e diminuição de serviços ecossistêmicos (WLOSTOWSKI et al., 2022)

O acúmulo de secas, prolongamento de duração e intensidade induzem à quebra da oferta de serviços e infraestruturas essenciais para sociedade mediante a pouca disponibilidade hídrica, alta demanda, e falta de gerenciamento adequado dos recursos hídricos, que caracterizam as secas socioeconômicas (MEHRAN et al., 2015). Esse tipo de seca pode ser medida pelos danos econômicos, sociais e ambientais causados pelos diferentes tipos de secas (BAE et al., 2019).

Sendo assim, a seca socioeconômica acontece quando o abastecimento de água de um sistema não consegue atender às demandas da população para seus usos múltiplos, e mesmo com o fim do evento, o déficit hídrico anterior pode continuar a impactar por algum tempo, interferindo na resiliência do sistema de recursos hídricos (LIU et al., 2020).

A disponibilidade de água é fundamental para o bem-estar e qualidade de vida da população. Dessa maneira, as condições em situação de secas afetam o nexo água- energia- alimento, pois contribuem para circunstâncias de escassez hídrica que interferem na segurança hídrica, na produção energética, principalmente para áreas que dependem da energia hidráulica, deterioram os sistemas de abastecimento, afetam as atividades agrícolas responsáveis pela produção de alimentos e geram conflitos pelo uso da água (DINIZ, 2019). Além desses aspectos também impactam na saúde pública como aumento de doenças respiratórias, problemas de saúde mental e condições adversas de qualidade da água (ARABAMERI et al., 2022).

No Brasil, além da ocorrência dos eventos de seca recorrentes há outras problemáticas que contribuem para acentuar os impactos causados pela secas: dependência muito forte de energia gerada por hidrelétricas; monitoramento de disponibilidade insuficiente de água subterrânea, altos índices de desmatamento, uso inadequado da terra que contribui para secar os rios, pecuária intensiva em terras sem vegetação e solos compactados, o que limita a capacidade do solo em reter água, pouco investimento em pesquisas e gestão ineficiente dos recursos hídricos (GETIRANA et al., 2021).

Apesar da recorrência em todo território nacional, a depender da região, esse eventos podem produzir impactos intensos diferentes no setor ambiental, econômico ou social. Na região Nordeste, que concentra maior parcela de população pobre do país, a seca contribui para impactos socioeconômicos profundos (CUNHA et al., 2019).

Historicamente o Nordeste é a região brasileira que mais enfrenta problemas associados à seca, o último evento de seca plurianual no semiárido se estendeu entre 2012 a 2018 (MAISONNAVE e PRADO, 2018). Essa seca plurianual foi considerada uma das secas mais severas do Nordeste nos últimos 50 anos, impactou 1100 municípios e 33,4 milhões de pessoas, além de apresentar um prejuízo estimado de R\$ 104 bilhões. A análise de dados espaço-temporais de severidade de seca provenientes do Monitor de Secas e referentes ao período de julho de 2014 a julho de 2019, revelou que o evento se deu em escalas diferentes no espaço e no tempo para as diversas áreas da região, sendo que o índice mais severo foi verificado em julho de 2014, no qual mais de 75% da área da região nordeste registrou seca excepcional, implicando em impactos no abastecimento de água e em lavouras, que refletem aos baixos volumes das barragens e perdas agrícolas generalizadas (BRITO et al., 2021).

2.1.3 Cheias

As chuvas extremas que normalmente estão associadas aos eventos de cheias estão entre as consequências mais graves das mudanças climáticas em todo o planeta. Globalmente, a maioria de mortes ligadas diretamente ao clima foram causadas por tempestades (39%), secas (34%) e inundações (16%), sendo que o afogamento é a causa mais comum de morte após o início das inundações (PATERSON et al., 2018). Mediante o contexto do aumento da temperatura global entre 1,5 °C e 2,0 °C, a maioria das regiões do mundo estão expostas ao aumento de riscos de extremos de precipitação mediante o aquecimento (SHI et. al., 2021).

A frequência de chuvas extremas é maior em regiões de clima tropical úmido próximas a linha do Equador, sendo que a maioria apresenta mais de quinze dias anuais de precipitação extrema. Esses eventos também são frequentes em áreas como leste, sul e sudeste da Ásia; sul e sudeste da América do Norte; e leste e sul da América do Sul (LIU et al., 2020).

A variabilidade de eventos extremos de chuvas vai desde tempestades locais a ciclones tropicais, no tocante à durabilidade esses eventos podem ir de minutos a dias, que têm como principais resultados diretos as inundações e deslizamentos de terra (PERKINS-KIRKPATRICK, 2018). Cheias, enchentes e inundações são resultado do comportamento de corpos d'água mediante a ocorrência de chuvas intensas: as cheias referem-se ao aumento de vazão que permanece restrito as calhas dos rios; ao extravasarem o leito maior ou a várzea, em parte ou no todo, têm-se as enchentes; quando se tem ocupações no leito maior ou das várzeas com construções e plantações, as enchentes geram as inundações (VALENTE, 2009).

As enxurradas são escoamentos superficiais gerados em curto espaço de tempo por chuvas intensas, apresentam rápida movimentação de água e muitas vezes de outros elementos como terra, pedras, pedaços de troncos de árvores e tudo que estiver no percurso. Os alagamentos são caracterizados pelo acúmulo de água na superfície urbana, que muitas vezes apresentam deficiência no sistema de drenagem (GUERRA; ZACHARIAS, 2016).

No contexto de eventos extremos de chuvas mediante o contexto de mudanças climáticas tornam as cidades ambientes mais expostos às inundações, pois existe uma correlação entre as precipitações, o ambiente térmico urbano e o ambiente atmosférico. Isso porque o aumento da temperatura eleva a evaporação da água e aumenta o ciclo hidrológico, que por sua vez contribui para as chuvas extremas. O efeito da ilha de calor, intensifica o ciclo da água dentro do microclima urbano. Entre os anos de 2000 a 2019, os danos causados por inundações em todo o mundo foram estimados em cerca de US\$ 651 bilhões (USD) (LIANG et al., 2022).

A problemática das inundações urbanas se evidencia com o crescimento de pessoas morando em zonas urbanas, pois estima-se que até 2050 a população urbana representará cerca de 68% da população mundial (NAÇÕES UNIDAS, 2020). Em paralelo a isso, há a ocupação inadequada das margens dos leitos dos rios, em virtude da falta de disciplinamento do uso e ocupação do solo, pelo aumento da impermeabilização e pelos processos construtivos sem drenagem adequada (AL-RUZOUQ et al., 2019). Todos esses fatores aumentam os riscos de impactos para a população e sistemas básicos de infraestrutura, como comunicação, transporte e energia, assim como para os sistemas de drenagem e gerenciamento de água (O'DONNELL e THORNE, 2020).

As inundações urbanas são classificadas em três tipos: inundações ribeirinhas ou fluviais, de maré ou costeiras, e pluviais ou repentinas (POUR et al., 2020; CHANG et al., 2021). As inundações ribeirinhas acontecem em cidades próximas a rios que têm o transbordamento do leito para áreas adjacentes devido a chuvas que atingiram uma grande área em período longo de tempo (O'DONNELL e THORNE, 2020).

Já as inundações de maré têm como principais fatores de origem: ventos fortes ou tufões que se movem em direção a uma área costeira durante a maré alta de tempestade; ou ondas fortes que invadem as dunas ou paredões ao longo da costa (CHANG et al. 2021). Vale ressaltar que as regiões de delta dos rios, ou seja, áreas em que os rios desaguam no mar por meio de diversas ramificações, são áreas muito expostas a inundações costeiras, pois são áreas urbanas densamente povoadas em todo o planeta. Acerca disso, aproximadamente 41% da população global que está expostas a inundações de ciclones tropicais, estão morando em regiões de deltas, sendo que 92% dessa população se concentra em economias em desenvolvimento ou menos desenvolvidas (EDMONDS, et al., 2020).

As inundações pluviais, por sua vez, se caracterizam por chuvas intensas que geram um evento de inundação independente de um corpo de água transbordante, são elas: falta de capacidade disponível de infiltração, retenção e drenagem nas cidades (JAMALI, et al., 2018). Desse modo elas podem acontecer em áreas de maiores altitudes que estão acima das planícies de inundação costeiras e ribeirinhas (CHANG et al. 2021). Além disso, é comum que esse tipo de inundação também afete cidades que estão localizadas em partes mais baixas das encostas, em razão do fluxo rápido de água gerado por eventos extremos de chuva (POUR et al., 2020).

Portanto, as inundações urbanas causam impactos diversos aos sistemas humanos e ambientais, em curto prazo representam risco de vida, danos às edificações e falhas de infraestrutura, como as redes de transporte e de eletricidade. Em médio prazo, há a contaminação dos recursos hídricos que por sua vez aumenta os riscos de propagação de

doenças e, em longo prazo, as interrupções provenientes das inundações podem ter consequências econômicas que se reverberam para além das fronteiras das áreas afetadas (HAMMOND et al., 2015).

Assim como as secas, as inundações representam impactos negativos, ofertam riscos à vida da população, da fauna e da flora. No tocante aos impactos à saúde coletiva, as inundações incluem: lesões; doenças parasitárias e infecciosas; exacerbações de doenças transmissíveis; problemas cardiopulmonares, inundações, e dermatológicos; danos à saúde mental; interrupção dos serviços e perdas de instalações de saúde (EBI et al., 2021).

No Brasil, o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN, monitora 958 municípios ao longo do território nacional, registrando alertas e ocorrências em áreas que estão suscetíveis ao acontecimento de desastres naturais decorrentes de processos hidrológicos e de movimentos de massa. No Nordeste são monitorados 333 municípios (CEMADEN, 2020). O registro de ocorrências registradas e previsão de riscos variam ao longo do ano, mediante as mudanças das condições climáticas de cada estação. Em contraposição ao cenário de secas, no período de chuvas é comum a ocorrência de inundações e enchentes em cidades do Nordeste (MEDEIROS e ZANELLA, 2019; FREITAS et al., 2014; FREIRE et al., 2014).

De acordo com o Boletim Mensal de Impactos de Extremos de Origem Hidro- Geo- Climático em Atividades Estratégicas para o Brasil, no mês de março de 2022, na região Nordeste a maioria das estações hidrológicas disponíveis registraram níveis dos rios acima ou muito acima da média climatológica para o período, no mês foram registradas ocorrências de risco geológicos (13) e de riscos hidrológicos (15) (CEMADEN, 2022).







Diante disso verifica-se que a probabilidade de exposição a eventos extremos tende a aumentar em consonância com as mudanças climáticas. Portanto, os riscos de ser mais impactado negativamente por eventos extremos, surgem pela interseção da ocorrência do perigo físico, como os de secas e de chuvas, o nível de exposição e suscetibilidade, bem como pela vulnerabilidade de indivíduos e comunidades e suas respectivas capacidades em se preparar, gerenciar, adaptar e recuperar (EBI et al., 2021).

2.1.4 Desastres Naturais e classificação COBRADE

No Brasil, a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres – Cobrade é adotada como classificação oficial do país, conforme afirma o Art.º 8, pela Instrução Normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012, para atender à classificação dos desastres do Banco de Dados Internacional de Desastres (EM-DAT).

De acordo com o Art.1 da Normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012, os desastres são resultados de eventos adversos, podem ser provenientes de causas naturais ou provocados pelas ações do homem mediante um cenário vulnerável, são capazes de gerar perturbação ao funcionamento de uma comunidade ou sociedade envolvendo perdas humanas, materiais, prejuízos econômicos e ambientes que ultrapassam a capacidade de lidar por recursos próprios. Quanto a origem os desastres são classificados em naturais ou tecnológicos. Segundo o parágrafo primeiro, os desastres naturais são aqueles causados por processos ou fenômenos naturais, já os tecnológicos são originados de condições tecnológicas ou industriais, incluindo acidentes, procedimentos perigosos, falhas na infraestrutura ou atividades humanas específicas. Nessa pesquisa são considerados os desastres naturais relativos a inundações, enxurradas, alagamentos e chuvas intensas, estiagens e secas. A conceituação considerada nesta tese é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Descrição de desastres de acordo com Classificação COBRADE

Desastres Naturais		Descrição
Desastres Hidrológicos	 Inundações	Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície
	 Enxurradas	Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo
	 Alagamentos	Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.
Desastres Meteorológicos	 Chuvas intensas	São chuvas que ocorrem com acumulados significativos, causando múltiplos desastres (ex.: inundações, movimentos de massa, enxurradas, etc.)
Desastres Climatológicos	 Estiagem	Período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição.
	 Seca	A seca é uma estiagem prolongada, durante o período de tempo suficiente para que a falta de precipitação provoque grave desequilíbrio hidrológico.

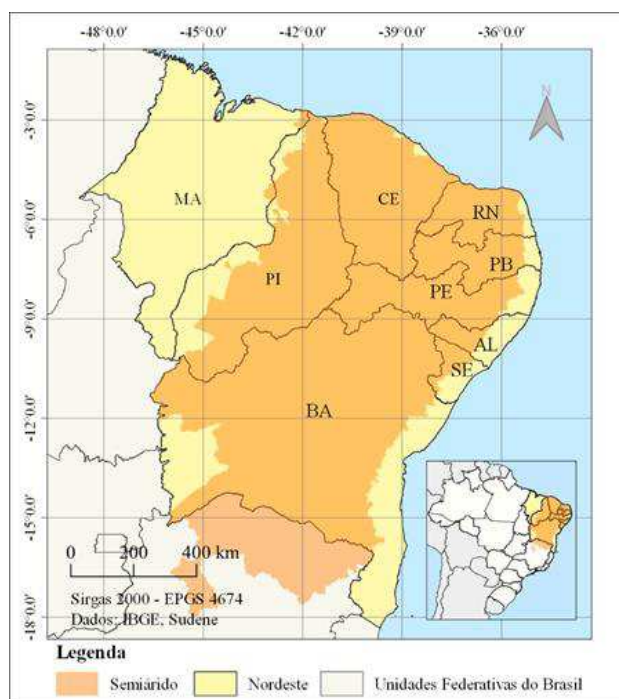
Fonte: BRASIL, 2012.

2.1.5 Eventos extremos compostos no Nordeste

O Nordeste (NE) é a terceira maior região do Brasil, sendo formada por 9 estados federativos (Figura 2) que abrangem uma área de 1.558.000 km² e integra 1794 municípios. A região é a segunda mais populosa do país, com população estimada de 57.667.842 hab, que corresponde a 27,03% da população brasileira (IBGE, 2021). A maior parte da população nordestina (72,13%) mora nos centros urbanos (IBGE,2010).

Apesar de conter áreas de clima úmido no Nordeste (IBGE, 2002), todos os estados nordestinos estão parcialmente inseridos no Semiárido (Figura 2). A sub-região é considerada um dos semiáridos mais populosos do mundo, sua população corresponde a cerca de 12% da população brasileira e 42,6% da população do Nordeste (IPEA, 2019).

Figura 2: Localização do Nordeste e do semiárido brasileiro



Fonte: Autoria própria (2021)

A sub-região foi delimitada de acordo com os requisitos de precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros, índice de Aridez de *Thornthwaite* igual ou inferior a 0,50 e; percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60% (SUDENE, 2017). Assim, fatores morfoclimáticos como os baixos índices de precipitação, irregularidade no regime de chuvas, temperaturas elevadas durante todo o ano e a baixa capacidade de armazenamento de água no solo contribuem para reduzir os valores de disponibilidade hídrica no Nordeste (ANA, 2020).

A rede urbana do Nordeste é a que contém o maior número de centros locais, dentre as cinco regiões políticas do país, o que evidencia a predominância de cidades pequenas e a

importância de cidades médias, denotadas como capitais regionais (IBGE, 2020). Um exemplo disso é a cidade de Campina Grande – PB, cidade média que exerce função de pólo regional no seu estado. Além disso, a rede urbana do NE também apresenta grandes centros urbanos, com destaque para Salvador-BA, Recife-PE e Fortaleza-CE, que são consideradas metrópoles de acordo com o estudo de Regiões de Influência do Brasil e exercem influência em diversos estados brasileiros (IBGE, 2020).

Historicamente o Nordeste já passou por grandes secas e por grandes cheias. Estatisticamente, aconteceram 16 a 20 anos de seca a cada 100 anos (MOURA, 2016), sendo o semiárido a área mais afetada com os impactos desse evento. A seca plurianual mais recente no semiárido se estendeu entre 2012 a 2018, causou vários tipos de impactos na região, como a indisponibilidade de água potável, a diminuição da produção de alimentos e baixas na economia. Esse período foi considerado o período de seca mais severa e prolongada desde 1981, em contraste com as secas das décadas anteriores (BRITO et al., 2018).

No contexto de mudanças climáticas, as regiões semiáridas são projetadas para vivenciarem os maiores aumentos da temperatura dos dias mais quentes, cerca de 1,5 a 2 vezes a taxa do aquecimento global, que implicarão no agravamento das secas nessas áreas nos próximos 30 anos (IPCC, 2021). A intensificação das secas também contribui para maior suscetibilidade à desertificação (VIEIRA et al., 2021) e à maior insegurança hídrica, conforme prevê o Plano Nacional Segurança Hídrica (ANA, 2019).

De acordo com o Informe Anual – Conjuntura de Recursos Hídricos (ANA, 2020), 65% das cidades nordestinas são atendidas de forma preponderante por mananciais superficiais que abastecem 79% da população da região, essa é uma realidade comum as demais regiões do país. Porém, considerando a maior incidência de períodos de seca, essa realidade se torna um agravante para a segurança hídrica do Nordeste, se tornando mais severa no Semiárido, onde as grande taxa de evapotranspiração e a concentração de diferentes usos da água colaboram para a redução dos níveis de água em reservatórios como açudes e barragens, que chegam a secar durante os meses de estiagem.

Além das secas, os eventos extremos de chuva também fazem parte da região, marcados por chuvas intensas, pesadas e/ou prolongadas que provocam inundações e alagamentos, caracterizados pelo acúmulo de água na superfície conforme apontam sistemas de monitoramento de desastres naturais, (CEMADEN, 2020; S2Id, 2021; EM- DAT, 2021). Um estudo desenvolvido para as nove capitais do nordeste, estima que o tempo de retorno de eventos de chuvas intensas diminua nas próximas décadas, bem como aumente a sua intensidade (OLIVEIRA e LIMA, 2019). Nos centros urbanos onde a construção de edifícios,

estradas, infraestrutura e áreas pavimentadas, diminuem a infiltração da água no solo, os impactos são agravados, principalmente quando se soma a esses fatores a ausência de planejamento urbano e infraestruturas de drenagem adequadas (MOURA, 2016).

2.2 Suscetibilidade, risco, vulnerabilidade, capacidade adaptativa e resiliência

2.2.1 Suscetibilidade e risco

O clima é um dos principais fatores físicos para definir a suscetibilidade a riscos hidrológicos, que é a possibilidade de enfrentar desafios relacionados a água, como as secas e chuvas extremas, ou seja, está associada ao nível de exposição ao risco (NASHWAN et al., 2018). Os riscos hidrológicos são maiores nas regiões onde as chuvas são incertas e distribuídas de forma esporádica e sazonais (GIRÃO et al., 2018). Mediante o contexto de mudanças climáticas, os riscos resultam de interações dinâmicas entre perigos relacionados com a exposição e a vulnerabilidade da população afetada (IPCC, 2022).

A suscetibilidade é definida como a probabilidade do quanto o indivíduo está exposto ao risco independentemente dos fatores sociais (GIRÃO et al., 2018). Para investigar a suscetibilidade à seca fatores como o índice de aridez, erosão, uso da terra, salinidade e textura do solo, dias de precipitação, distância de rios, água subterrânea e declividade são considerados (MOKARRAM et al., 2020). A suscetibilidade à desertificação, que tem nas secas um forte contribuinte, foi mapeada com base em dados sobre o uso e cobertura da terra, solos, declividades, potencial erosivo da chuva e índice de aridez (SANTOS et al., 2017a; FIGUEIREDO et al., 2021). No caso de análise para a suscetibilidade a inundações em áreas urbanas fatores como a precipitação diária máxima anual, frequência de fortes tempestades, elevação, inclinação, índice de umidade topográfica, distância do rio, densidade de drenagem e distância para a estrada são utilizados para a análise (ZHAO et al., 2021; ZENG et al., 2021).

Os efeitos dos eventos extremos são potencializados pela simultaneidade da suscetibilidade com a vulnerabilidade social. Isso porque apesar dos eventos extremos afetarem a toda população, são as comunidades mais vulneráveis que sofrem impactos maiores nessas circunstâncias, pois às desigualdades dos impactos gerados por tais eventos somam-se as desigualdades sociais.

É comum que os eventos de secas e de chuvas sejam analisados separadamente, porém eles estão interconectados e são governados pelos mesmos processos hidrológicos subjacentes e dinâmica atmosférica (HE; SHEFFIELD, 2020).

Vale destacar a necessidade da estimativa e espacialização da suscetibilidade como

uma importante ferramenta para prever os eventos e assim contribuir para a tomada de decisão, auxiliando no planejamento e adoção de medidas que contribuam para a capacidade adaptativa e de gestão proativa, ambas fundamentais para a melhoria da resiliência às mudanças climáticas.

Para o desenvolvimento dessa tese parte-se do entendimento de que a diminuição da vulnerabilidade e da suscetibilidade a eventos extremos de secas e de chuvas contribuem para o aumento da capacidade adaptativa. Todos esses conceitos correlacionados interferem na construção da resiliência a eventos extremos.

2.2.2 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade aos impactos severos é um conceito de complexa avaliação e depende de muitos fatores como a exposição do setor, do contexto geográfico, dos sistemas de agricultura, da vulnerabilidade local e das populações em análise (MEZA et al., 2019). Nas cidades, a vulnerabilidade ao desabastecimento não afeta a população de maneira homogênea, de forma que nesse contexto as desigualdades sociais são ratificadas.

De maneira semelhante, a vulnerabilidade aos impactos dos eventos extremos também é ampliada por fatores socioeconômicos, visto que eles se correlacionam com a qualidade da infraestrutura física e o acesso aos serviços sociais e, portanto, a capacidade das populações em responder aos eventos (EDMONDS, et al., 2020). Usualmente a população mais afetada é aquela que habita locais de risco e que tem condições socioeconômicas mais vulneráveis (OPAS, 2015).

O conceito de vulnerabilidade é multidimensional, é uma componente do risco, mas de forma independente tem foco importante. De maneira geral, indica as condições dadas mediante fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam suscetibilidade de um indivíduo, uma comunidade, ativos ou sistemas de serem impactados adversamente por perigos, abrangendo uma variedade de conceitos e elementos, incluindo suscetibilidade e sensibilidade (UNDRR, 2017, IPCC, 2022).

Na dimensão da vulnerabilidade social atrelam-se as noções de desenvolvimento humano, exclusão, pobreza, necessidades básicas insatisfeitas, falhas na oferta de bens e serviços públicos, configurando, portanto, condições que vão para além da análise monetária (IPEA, 2015). Existem fatores pessoais que podem indicar a presença de vulnerabilidades como raça, sexo, idade, deficiência e escolaridade. Essas características se relacionam com contexto social, hierarquias de poder, discriminação e a existência ou não de serviços de apoio social (MORSUT et al., 2022).

Todo esse contexto contribui para que a população em situação de vulnerabilidade social seja menos capaz de resistir aos eventos extremos, haja visto que no geral essas pessoas não têm economias, suas habitações além de frágeis também estão situadas em áreas de maior risco, os seguros privados são inacessíveis e os recursos de adaptação são distribuídos de forma desigual (PELLING e GARSHAGEN, 2019). Vulnerabilidade é a tendência ou disposição de ser afetado desfavoravelmente por um perigo (IPCC 2022). Apesar de representar essa tendência, a vulnerabilidade social não é permanente, é dinâmica e situacional, mudando ao longo do tempo e do espaço de acordo com as tendências históricas.

Portanto, a vulnerabilidade pode ser definida como a dinâmica de entidades, sejam indivíduos, grupos e sociedade em estar suscetível a danos ou perdas, se configurando como a incapacidade situacional de ter acesso a recursos, meios de proteção adequados que permitam antecipar, lidar, recuperar e aprender com o impacto de crises (MORSUT et. al, 2022). Nesse sentido, o IPCC (2022) ressalta a importância da análise da vulnerabilidade social com o intuito de identificar as parcelas da população que possuem capacidades limitadas para recuperar-se diante dos impactos de eventos extremos, sob a perspectiva de desenvolver estratégias mitigadoras. Em situações de maior vulnerabilidade, a população se torna mais suscetível de ser afetada negativamente pelos eventos extremos, com uma maior necessidade de resiliência ou de adquirir capacidade para se adaptar e reduzir os danos causados (IPCC, 2022).

Vale destacar a importância da estimativa e espacialização da suscetibilidade e da vulnerabilidade como uma importante ferramenta para prever os eventos e assim contribuir para a tomada de decisão no que se refere ao planejamento e adoção de medidas que favorecem a capacidade adaptativa.

2.2.3 Capacidade Adaptativa

Quando as vulnerabilidades são altas, a capacidade adaptativa é baixa, por outro lado a capacidade adaptativa ajuda a reduzir os níveis de exposição e suscetibilidade, que por sua vez diminuem a vulnerabilidade (THOMAS et al., 2019). A melhoria da capacidade adaptativa urbana promove o bem-estar da população, segurança da propriedade e segurança ecológica, sendo portanto, importante reduzir a vulnerabilidade e a exposição às mudanças climáticas futuras (ZHAI et al., 2019).

A capacidade adaptativa é portanto, a capacidade que uma comunidade tem de aprender com experiências passadas, se preparar e se ajustar melhor para reduzir os impactos de futuros eventos extremos (MARTÍN e PANEQUE, 2022) No cenário das mudanças climáticas, a

capacidade adaptativa diz respeito ao potencial ou habilidade do sistema, instituições ou comunidades em se adaptar, criar oportunidade ou responder aos impactos (IPCC, 2014). A adaptação é o processo de ajuste ao clima real ou esperado e seus efeitos para amenizar danos ou explorar oportunidades benéficas (IPCC, 2022).

Sendo assim, um sistema urbano com uma melhor capacidade adaptativa tem maior probabilidade de ser resiliente ao estresse climático (HU; HE, 2018; ARAYA- MUÑOZ et al., 2016). Dessa maneira, é importante que todos os indivíduos da cidade adquiram a capacidade de se recuperar e de se adaptar para minimizar as perdas econômicas, ambientais e sociais (RANI et al., 2018).

Nesse sentido, a capacidade adaptativa refere-se a capacidade de um Estado e sua população em buscar respostas para se adaptar e se recuperar quando o evento extremo acontece, os indicadores incluem tanto a força econômica do Estado, quanto das políticas de Estado, quanto as estratégias de mitigação (ENGSTRÖM et al., 2020).

Para se adaptar às mudanças climáticas é necessário tomar medidas para se preparar tanto para os efeitos atuais das mudanças climáticas quanto os impactos futuros, as quais atendem três objetivos principais: i) aumentar a capacidade adaptativa, ou seja, a capacidade de se ajustar efetivamente as mudanças, gerenciar e reduzir os riscos; ii) aumentar a resiliência, isto é, a capacidade de um sistema resistir as adversidades e continuar funcionando quando colocado em situação extrema; iii) reduzir a vulnerabilidade; que diz respeito a suscetibilidade de um sistemas sofrer danos quando exposto a perigo (OWEN, 2020).

Portanto, a construção dessa capacidade de adaptação nas cidades perpassa não apenas pelas melhorias nos elementos genéricos, associados a resultados resilientes, sustentáveis e habitáveis, inclui ainda a consolidação de elementos específicos que são necessários para superar os eventos extremos climáticos, como informações climáticas, planos preventivos e de resposta assim como investimentos em infraestrutura (TRAVASSOS et al., 2021).

É nesse sentido que a gestão proativa consiste no planejamento de medidas preventivas necessárias para mitigar os impactos do evento extremo. Para tanto é importante a revisão constante dos planos proativos para preservar a memória dos eventos passados, evidenciando a recorrência do evento e contribuindo para a preparação para eventos futuros (PONTES FILHO et al., 2020).

Nota-se que essa capacidade de adaptação às mudanças climáticas está integrada a muitos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS, apresentados pela Organização das Nações Unidas (UNDP, 2020), principalmente aqueles associados ao crescimento socioeconômico (Objetivo 8) e a ação climática (Objetivo 13). Nesse sentido, a adoção de

medidas de baixo impacto (MBI) são importantes para essa aproximação, de forma que seus benefícios variam de acordo com seus propósitos. Essas medidas são classificadas em três graus: MBI-1G referem-se as medidas que objetivam controlar o escoamento e melhoria da qualidade da água considerando os impactos de urbanização; MBI-2G são aquelas que consideram as modificações provenientes das mudanças climáticas para o planejamento futuro; MBI-3G são as medidas que consideram que incorporam a abordagem água-energia-alimento (BATALINI et al., 2021).

Logo, são necessárias medidas de adaptação que vão além das alternativas convencionais (usualmente voltadas somente para infraestrutura como barreiras de inundações mais altas), que por muitas vezes são medidas de alto custo, difíceis de implementar e avançar na construção da resiliência. É preciso mudanças de longo prazo na forma como as cidades lidam com os impactos dos eventos extremos, tais abordagens têm como características principais: ajudar a aumentar a resiliência, contribuem para promover a sustentabilidade, auxiliar a reduzir a vulnerabilidade, consideram os riscos na implementação e observam os contextos socioeconômicos de uma determinada comunidade (LEAL FILHO et al., 2019). Dessa maneira, é indispensável entender as particularidades do território em estudo, considerando outros fatores relacionados à vulnerabilidade da cidade, e identificar seus principais riscos e incertezas futuras.

Para as cidades localizadas no Sul Global, como é o caso de Campina Grande-PB e demais cidades do Nordeste brasileiro, há muitas fragilidades no que se refere à prevenção, no geral as medidas adotadas foram pós-desastre, em memória a eventos passados para evitar situações como enchentes, deslizamentos de terra e outros impactos referentes a eventos extremos (TORRES, et al., 2020). Na escala local e urbana a gestão da seca depende de um relacionamento complexo entre tomadores de decisão das concessionárias de água, autoridades eleitas, grupos cívicos organizados, clientes residenciais, usuários comerciais e industriais, bem como instituições legais reguladoras da água (DILLING et al. 2019).

Diante disso, a adaptação a eventos extremos é resultado de decisões políticas deliberadas e de planejamento sobre o gerenciamento das mudanças climáticas e seus efeitos (TRAVASSOS et al., 2021). Mais especificamente no Brasil, as práticas administrativas, os interesses políticos, as pressões do setor privado, a fiscalização tem mais altos níveis sobre as iniciativas de adaptação. De modo que quando há pouca pressão do setor privado e fiscalização insuficiente diminui a capacidade das cidades brasileiras de consolidar intervenções de adaptação (GIULIO et al., 2019). Portanto, a difusão de estudos e informações sobre os eventos extremos ajudam na tomada de decisão e na formulação de medidas que atuem na construção

da capacidade adaptativa e da resiliência.

2.2.4 Resiliência

Um dos conceitos mais difundidos sobre resiliência é o adotado pelas Nações Unidas para Redução do Risco de Desastres (UNDRR, 2017) que define o termo como sendo a habilidade de um sistema, comunidade ou sociedade, que diante da exposição a perigos, tem de resistir, absorver, acomodar, adaptar-se, transformar e se recuperar, de modo que seja possível a preservação e restauração de suas estruturas essenciais por meio da gestão dos riscos.

Pode-se dizer que a resiliência é a rapidez com que um sistema tem probabilidade de se recuperar de uma falha, mediante a ocorrência dessa falha (MEHRAN, et al., 2015). A resiliência se sobrepõe aos conceitos de vulnerabilidade, capacidade adaptativa e riscos (IPCC, 2022).

Contudo, a resiliência não é apenas uma habilidade já posta, é o processo de ajustes, adaptações e mudanças proativas e/ou reativas realizadas na vida cotidiana, mas especificamente mediante riscos e crises (MORSUT et. al, 2022). Portanto, para conquistar resiliência em um território é necessário reduzir as vulnerabilidades, buscar avanços na capacidade de aprendizagem social e institucional, bem como investir em uma governança territorial e em ações mitigadoras que promovam avanços em resiliência urbana (BRUNETTA; SALATA, 2019; BERNAT, 2019).

Dessa maneira, o desenvolvimento de indicadores que relacionam vulnerabilidade e a capacidade adaptativa são importantes para analisar tais vulnerabilidades e assim apontar estratégias de aumentar a capacidade de adaptação para diferentes escalas temporais (PHILLIPS, 2015). Essas estratégias devem considerar não apenas a modificação das concepções de infraestruturas, mas também a governança por meio de ações intersetoriais que permitam o governo e a sociedade atuarem em conjunto na elaboração de medidas de redução dos riscos associados a eventos extremos, de forma que o planejamento considere as peculiaridades locais, as estruturas sociais, as experiências passadas, e a cultura das populações afetadas (SENA; BARCELOS, 2019; KIM et al., 2018).

2.2.5 Gestão Proativa

A problemática dos eventos extremos é corriqueiramente tratada por meio de respostas reativas e não proativas. (OSAKA, BELLAMY; 2020). As respostas reativas são as tomadas de decisão e ações no momento ou após a ocorrência do evento na tentativa de assistir e intervir com o intuito de preservar a vida e suprir as necessidades básicas das vítimas do evento,

geralmente são responsabilidade do governo ou das comunidades locais (NDAYIRAGIJE; LI, 2022).

A abordagem reativa é mais adotada por parte dos planejadores porque culturalmente há uma perda de memória com o alívio da situação de crise, como acontece com a chegada das primeiras chuvas após um evento de seca (PONTES FILHO et al., 2020).

No entanto, medidas preventivas necessárias para mitigar os impactos dos eventos, como as secas e chuvas extremas, contribuem para respostas proativas das partes interessadas auxiliando na redução dos impactos. Portanto a capacidade de gestão proativa refere-se a uma abordagem de medidas que concentre todas as etapas dos ciclos dos desastres a fim de mitigar os riscos existentes e novos, incluindo medidas capazes de antecipar, responder, resistir e se recuperar (MAI et al., 2020).

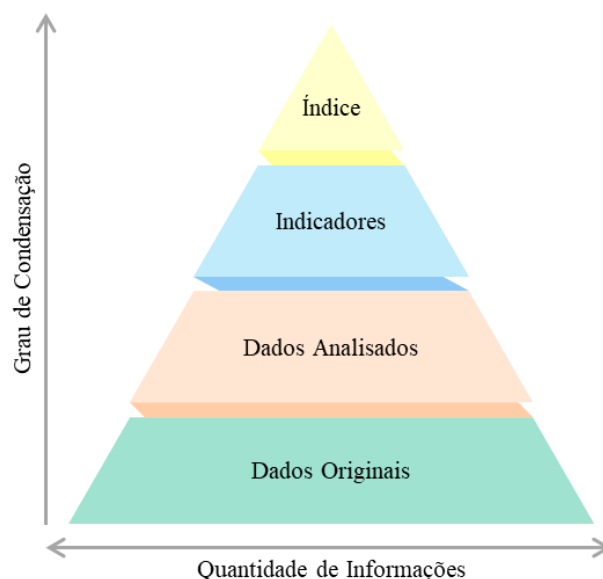
As medidas incluem: melhor compreensão do clima; expansão e melhoria da coleta de dados, melhoria da qualidade de coleta e processamento de dados para que os modelos computacionais possam emitir alertas precoces, modelos de previsão e monitoramento, bem como estratégias que minimizem os impactos causados pelo evento no setor socioeconômico; investimento em infraestrutura; práticas de gestão (BAYISSA et al., 2021; LELLYETT e TRUELOVE, 2022).

2.3 Índices, disponibilidade de dados e métodos para tomada de decisão

É válido ressaltar a importância do monitoramento desses eventos extremos, os quais têm nos índices e indicadores especializados importantes ferramentas para essa finalidade, pois permitem informações para a análise e planejamento. Os índices são compostos por uma diversidade de informações condensadas (Figura 3). Tais dados quando estão isolados representam informações limitadas para a tomada de decisão, ao passo que, a medida que são agregados, condensam informações em indicadores até compor o índice final, com maior utilidade para a gestão (CHAVES, 2014).

Os indicadores são parâmetros selecionados e considerados de maneira isolada ou combinados para refletir sobre as condições de um sistema, geralmente são utilizados como pré-tratamento dos dados originais (SICHE et al., 2007, NASHWAN et al., 2018). O índice refere-se a um valor numérico que representa uma interpretação da realidade, obtido por meio de cálculos, bases de dados e métodos científicos, é considerado um nível superior da junção de indicadores ou variáveis, sendo que um índice pode se tornar componente de um outro índice (SICHE et al., 2007).

Figura 3: Consolidação dos dados originais em indicadores e índices

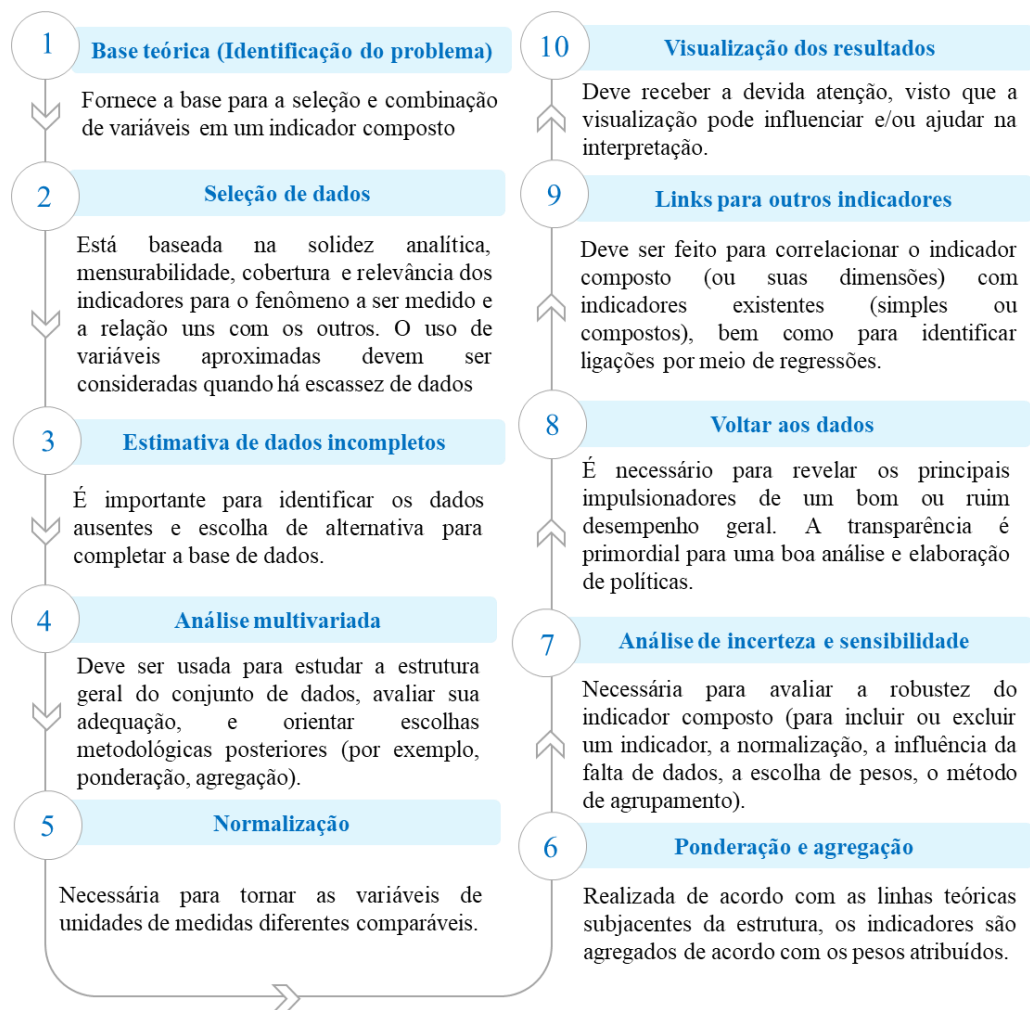


Fonte: adaptado de Shields et al., 2002.

Diante da importância de indicadores compostos, há na literatura uma ampla variedade de abordagens metodológicas, que no geral envolvem três processos principais: normalização, ponderação e agregação (GIBARI et al., 2019). Esses processos fazem parte das dez etapas para elaboração de índices compostos propostos pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2008), a qual, sugere uma sequência de dez etapas para o desenvolvimento de um índice composto, Figura 4.

A construção de um índice perpassa por um referencial teórico-metodológico. Nesse sentido, considerando que esta pesquisa estuda a capacidade adaptativa sob a perspectiva da construção de resiliência, é necessário ressaltar que os indicadores relativos a essa temática integram esse processo como ferramentas de avaliação, informação e monitoramento. Enquanto instrumento de avaliação auxiliam a identificar os riscos e vulnerabilidades, como informação ajudam a instruir sobre projetos e alertas precoces, planos de respostas a emergências, de modo que aumentam e a conscientização e comunicam sobre vulnerabilidade e riscos. Por fim, como ferramenta de monitoramento, ajuda a identificar como a cidade respondeu e se recuperou de desastres e se as metas foram atingidas, permitindo a interpretação dos dados que podem ser utilizados por instituições e indivíduos para finalidades diversas (FIGUEIREDO et al., 2018; GONÇALVES, et al., 2021).

Figura 4: Etapas para a criação de um índice composto



Fonte: OCDE, 2008.

Existe uma grande diversidade de índices e indicadores para analisar os eventos extremos de seca e de cheia, assim como também há muitas bases de dados disponíveis que são úteis para dar suporte à tomada de decisão para os eventos em estudo, que disponibilizam dados em formatos digitais diversos para diferentes objetivos, como biofísicos, hidrológicos e socioeconômicos. Nessa pesquisa foram consultados os seguintes bancos de dados: Adapta Brasil MCTI; Atlas Digital de Desastres do Brasil, Portal HidroWeb do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH; Sistema de Recuperação Automática – SIDRA e Pesquisas do IBGE; Atlas de Desenvolvimento Humano – AtlasBr, Atlas de Vulnerabilidade Social – AVS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, e Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil - MapBiomias. Todos estes bancos de dados são detalhadamente descritos no capítulo metodológico, uma vez que integram os materiais e métodos utilizados na tese.

Além dos bancos de dados para busca de dados brutos e indicadores é necessário ainda a seleção de métodos capazes de construir matematicamente um índice composto que corresponda a realidade com robustez científica de acordo com a temática que se deseja estudar, no caso dessa pesquisa, eventos extremos compostos de secas e cheias, conforme será discutido na próxima seção.

2.4 Métodos para elaboração de índices: Entropia e Vikor

Medir o risco de impacto de eventos extremos compostos (secas e cheias) por meio de indicadores é um desafio, pois são eventos que têm efeitos diferentes mediante os vários fatores biofísicos, hidrológicos e socioeconômicos de cada território. Nesse sentido, a representação dos índices por meio de sua espacialização tem nos Sistemas de Informação Geográfica - SIGs é uma tendência mundial para pesquisa espacial geoambiental, pois apresentam recursos capazes de armazenar, recuperar, manipular e tratar os dados por meio de operadores geograficamente localizados (NOWAK et al., 2020).

O mapeamento facilita a visualização e identificação de áreas mais suscetíveis às mudanças climáticas (DELANEY, et al., 2021). A espacialização dos índices em SIG são comumente realizadas em abordagens isoladas ou com métodos combinados, com destaque para associação a métodos multicritério, como nos trabalhos de Thirumurthy et al. (2022), Hallil e Redjem (2022) e Ihinegbu e Ogunwumi (2022). Vale ressaltar que além de processar os dados georreferenciados, as abordagens SIG multicritério auxiliam a lidar com a importância de problemas complexos de tomada de decisão, simplificando-os por meio de estrutura de classificação (SOUISSI et al., 2020).

Dentre os métodos multicritério combinados ao SIG vale destacar o VIKOR, que significa *Viekriterijumsko Kompromisno Rangiranje*, um termo sérvio para Otimização Multicritério e Solução de Compromisso, desenvolvido por meio de métrica aplicada ao estudo de análise multicritério de Yu (1973), que classifica as várias alternativas mediante sua proximidade com a solução ótima e identifica com rapidez e precisão o melhor modelo. O algoritmo VIKOR se baseia em conjunto de critérios contraditórios presentes e seus respectivos pesos, classificando as alternativas em uma espécie de desempenho.

A determinação dos pesos para os critérios analisados, ou indicadores, pode ser feita por meio de métodos subjetivos ou objetivos. Os métodos de ponderação objetiva definem os pesos que são obtidos a partir dos dados reais de cada indicador de medição no processo de avaliação, são exemplos, o método da diferença média quadrática, o método de análise de componentes principais e o método de ponderação por entropia. Os métodos de ponderação subjetiva, por

sua vez, obtêm os pesos para análise dos indicadores por meio da análise de especialistas. Esses métodos apresentam vantagens e desvantagens, os métodos subjetivos são menos objetivos, estão sujeitos a análises equivocadas das referidas importâncias por parte dos especialistas consultados, porém são mais explicativos. Enquanto isso, os métodos objetivos tendem a determinar pesos mais precisos, porém podem gerar pesos contrários à situação real, dificultando explicar os resultados obtidos (XU et al., 2022)

Dentre os métodos subjetivos, o *Analytic Hierarchy Process - AHP* é uma combinação amplamente utilizada na literatura internacional e muitas vezes estão disponíveis em funcionalidades de SIG, como nos trabalhos de Thirumurthy. et al. (2022), Dano et al. (2022) e Scheihing et al. (2022) que estudam questões relativas à vulnerabilidade, sustentabilidade e gestão frente às mudanças climáticas, respectivamente. Na metodologia do Adapta BrasilMCTI (2022) para elaboração do Índice de Risco de Impacto Climático em Recursos Hídricos para Secas, o método AHP é utilizado para determinar os pesos dos indicadores a partir da colaboração de diversos especialistas da área socioambiental do Brasil.

O método AHP desenvolvido por Saaty (1977), é uma técnica para tomada de decisão multicritério e modelagem de problemas multidimensionais na qual especialistas alocam pesos de acordo com a ordem de importância ou influência para o problema investigado em uma análise pareada. A determinação dos pesos se dá subjetivamente, mediante a experiência e compreensão de cada especialista, auxiliando na tomada de decisão e na definição de hierarquia dos índices e indicadores (DANO et al., 2022).

O método matemático de Entropia de *Shannon*, deriva da teoria da informação e tem o objetivo de definir os laços incertos em dados numéricos considerando todos os tipos de informação e, a partir de então, quantificar a informação que flui entre os dados. Na teoria da informação, esse método pode ser usado para determinar o grau de desordem. Quanto menor o valor da entropia, menos desordenado é o valor do sistema (SHANNON, 1951). A Entropia de *Shannon* é mais adaptável do que o método da análise hierárquica pois o peso de um indicador é definido com base nas suas informações inerentes, eliminando a interferência humana e tornando os resultados mais factuais (XU et al., 2022).

Diante da variabilidade de métodos disponíveis para a agregação de indicadores em índices compostos e considerando que essa pesquisa se propõe a construir um índice de risco de impacto às cheias, parte-se da pergunta: Como os métodos VIKOR e Entropia de *Shannon* tem sido utilizados em pesquisas científicas sobre cheias urbanas? Para responder a essa pergunta foi desenvolvida uma revisão sistemática de acordo com as orientações PRISMA-2020 (PAGE et al., 2021), com o objetivo de avaliar mais criteriosamente a aplicação dos

métodos VIKOR e Entropia.

Durante a seleção de artigos, mediante os critérios propostos, foi observado que há uma utilização maior do método de Entropia de *Shannon* (SHANNON, 1951) do que o VIKOR (YU, 1973) quando pesquisados separadamente mas associados a termos de cheias urbanas.

Um fator que pode contribuir para essa realidade é o fato de que o método de Entropia de *Shannon* foi criado antes do VIKOR, tendo mais tempo para disseminar nos trabalhos científicos, além de suprir um desafio significativo para elaboração de índices compostos, que é a determinação de pesos de maneira objetiva, retirando a subjetividade de análises de métodos como AHP e procedimento de cálculo simplificado. O VIKOR, por sua vez, foi desenvolvido mais recentemente e também apresenta procedimento de cálculo de menor complexidade, o que contribui para aplicação recorrente.

Em um segundo momento, com o intuito de filtrar os artigos que pesquisaram cheias e utilizaram o método Entropia de *Shannon* e o VIKOR, foram obtidos 38 artigos. Após os primeiros resultados (Tabela 2), foram aplicados os critérios de inclusão para os artigos que utilizaram Sistemas de Informações Geográficas – SIGs, abordaram cheias na escala urbana ou de bacia hidrográfica, e como critérios de exclusão para artigos de revisão, por meio da leitura dos artigos, resultaram em 10 artigos sobre os quais desenvolveu-se análise dos objetivos, métodos, palavras-chaves e resultados encontrados (Tabela 2).

Tabela 2: Resultados de buscas em bibliotecas

Biblioteca	Quantidade de Artigos Primeira Busca	Quantidade de Artigos Após critérios de inclusão e exclusão
Scopus	3*	1
SpringerLink	34	5
ScienceDirect	2	2
MDPI	1	1
Total	38	9

* 2 artigos em comum com os da SpringerLink

No tocante a aplicação dos métodos, verifica-se que foram utilizados juntos ou combinados com outros métodos (Tabela 3).

Em relação a utilização da Entropia de *Shannon*, o método foi considerado o melhor modelo de ponderação considerando a análise de sensibilidade dos parâmetros operacionais do receptor, que verifica a sensibilidade, especificidade e precisão dos resultados estimados (AKAY, 2021).

Além disso, Rajabi et al. (2021) utilizaram o Entropia de Shannon combinado à opinião de especialistas para selecionar e atribuir pesos aos indicadores com base na análise de sensibilidade e na significância intrínseca dos fatores, simultaneamente. Li et al. (2019)

ressaltaram como limitação da entropia a ausência de capacidade de descrever o grau de hesitação de opiniões de especialistas em etapas anteriores para a definição de indicadores, indicando que métodos de ponderação mais avançados podem ser aplicados.

Tabela 3: Estudos sobre cheias que utilizaram Entropia de Shannon

Referência	Objetivo e Escopo	Método Usado
MITRA; DAS, 2023	Preparar os modelos de suscetibilidade a inundações do distrito de Koch Bihar pela integração de abordagens	Técnica de Preferência de Ordem por Similaridade à Solução Ideal - TOPSIS, VIKOR, Avaliação Baseada na Distância da Solução média – ABDS, SIG
CHEN et al., 2022	Avaliar a resiliência a inundações urbanas com base no VIKOR-GRA em uma cidade da China	Técnica Organizacional, Social e Econômica - TOSE, VIKOR-GRA, Análise Relacional Cinzenta, SIG
CHAE et al., 2022	Utilizar uma abordagem acoplada para priorizar os melhores locais para pavimentação permeável em uma bacia hidrográfica urbana considerando cenários de mudanças climáticas de precipitações extremas	Fuzzy-TOPSIS, VIKOR, SIG
AKAY, 2021	Elaborar um mapa de suscetibilidade a perigos de uma área urbana na Turquia frequentemente exposta a inundações	Adaptação dos métodos: Razão de frequência, Função de Crença Evidencial, Peso da Evidência, Índice de Entropia, Lógica Fuzzy, Análise de Componentes Principais, Processo de Hierarquia Analítica-AHP, TOPSIS, VIKOR, SIG
RAJABI et al., 2021	Prever a potencialidade e probabilidade do fenômeno de inundação usando os dois modelos bem conhecidos, na bacia hidrográfica de Saliantapeh, província de Golestan, Irã.	Splines de Regressão Adaptativa Multivariada, Entropia Máxima, SIG
SHARIFI et al., 2021	Desenvolver análise comparativa de nove bairros selecionados de Shiraz, Irã, a três grandes estressores com alta chance de ocorrência: terremotos, eventos de calor extremo e inundações	Entropia de Shannon e Vikor, SIG
ZHU et al., 2020	Propor uma estrutura de avaliação holística para avaliar a resiliência a inundações urbanas.	Combinação de Entropia de Shannon e AHP; Combinação de VIKOR-GRA, SIG
LI et al., 2019	Desenvolver um sistema de avaliação de resiliência a inundações urbanas.	Entropia de Shannon, Vikor Estendido.
MALEKIAN; AZARNIVAND, 2016	Realizar análise multicritério para priorizar as unidades hidrológicas da empresa da bacia hidrográfica de Shemshak, localizadas no Irã, de acordo com seus potenciais de inundação	Entropia de Shannon e VIKOR, SIG

Fonte: Autoria própria, 2023.

Ao comparar o Vikor ao TOPSIS - Técnica de Preferência de Ordem por Similaridade à Solução Ideal, Mitra e Das (2023) verificaram que ambos proporcionaram excelentes resultados e são muito recomendados para identificar a suscetibilidade a inundações. De maneira geral, os métodos tiveram boa aplicabilidade, gerando resultados precisos e coerentes com a realidade, além de gerarem modelos que podem ser replicados para outras realidades, bem como foi evidenciado a importância do uso de SIG para a construção e espacialização dos resultados (CHAE et al., 2022; ZHU et al., 2020; MALEKIAN; AZARNIVAND, 2016).

Mediante os artigos selecionados, é notável que são publicações recentes, indicando uma tendência de uso combinado de tais métodos. Outro ponto a ser destacado, diz respeito as palavras-chaves utilizadas nos estudos (Figura 5).

Figura 5: Nuvem de palavras-chave



Fonte: Autores.

As palavras-chave são importantes para resumir as principais temáticas abordadas nos artigos. A partir da nuvem de palavras da Figura 5, verifica-se que resiliência foi a mais recorrente entre os estudos, associada as palavras que indicam para metodologia utilizada com a aplicação de Vikor e criação de modelos de suscetibilidade a inundação. A respeito disso, e correlacionando com a pouca quantidade de artigos selecionados, pode-se concluir que a análise de suscetibilidade a inundação é uma componente importante para a construção da resiliência urbana, e que embora a literatura tenha construído muito material sobre diferentes aspectos da resiliência de cidades, estudos que analisem a suscetibilidade a inundações urbana ainda são escassos (CHEN, et al. 2022; SHARIFI et al., 2021).

Ao analisar a resiliência mediante a suscetibilidade a inundações em uma cidade com bairros planejados, semiplanejados e não planejados, foi verificado que os bairros planejados

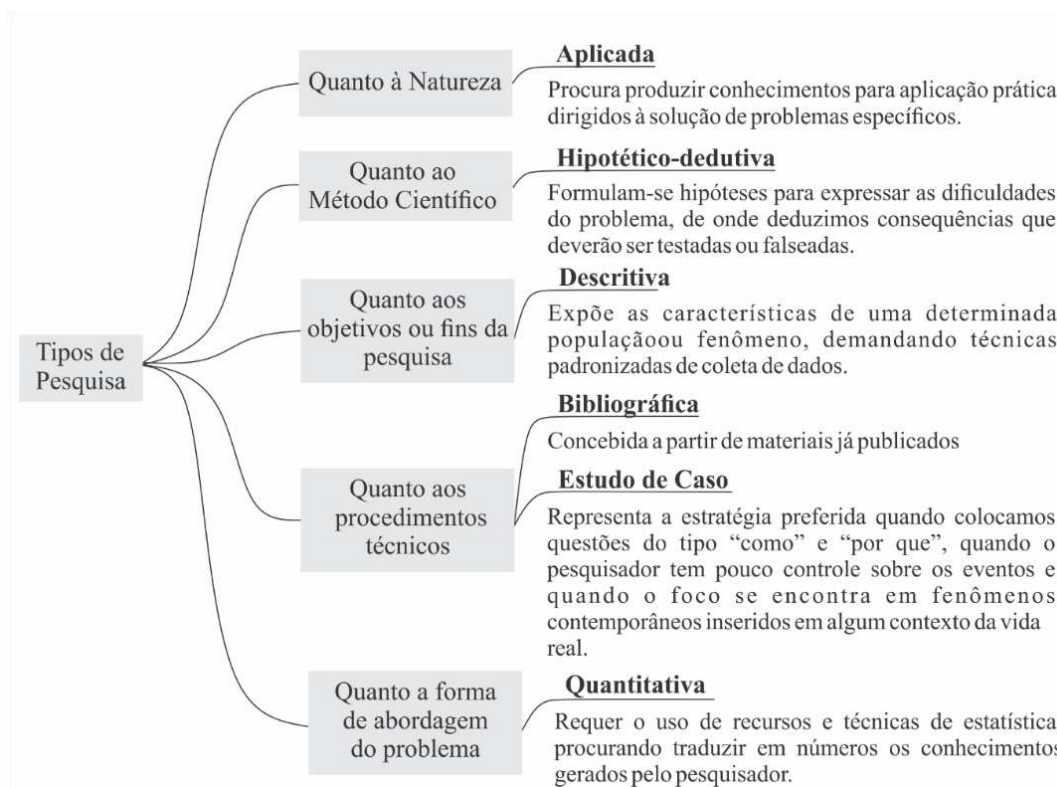
apresentaram mais resiliência (SHARIFI et. al, 2021). O aumento de inundações está associado também a destruição ambiental por ações humanas (RAJABI, et. al. 2022).

Sendo assim, os autores ressaltaram a importância da análise de suscetibilidade a inundação para formuladores de políticas, pesquisadores e profissionais da indústria na avaliação de riscos potenciais e no reconhecimento da importância dos mecanismos de prevenção de inundações, como é o caso da utilização de pavimentos permeáveis enquanto infraestrutura necessária para essa prevenção (CHEN, et. al, 2022; CHAE, et. al., 2022. ZHU, et. al 2020).

3 METODOLOGIA

A partir da problemática identificada e dos objetivos traçados, essa tese classifica-se como uma pesquisa aplicada, visto que se propõe uma aplicação prática ao estudo dos eventos extremos compostos (secas e cheias) sob a perspectiva da capacidade adaptativa. Enquanto método científico, foi desenvolvida uma pesquisa hipotético-dedutiva, pois foram levantadas hipóteses para apresentar as dificuldades do problema. Em relação ao objetivo, trata-se de uma pesquisa descritiva, pois foram expostas as características e impactos dos eventos extremos compostos - EEC em estudo, por meio de procedimentos metodológicos padronizados de coleta e tratamento dos dados necessários para essa caracterização. No tocante aos procedimentos técnicos, foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica e estudo de caso e por fim, quanto a abordagem de dados foi quantitativa, Figura 6.

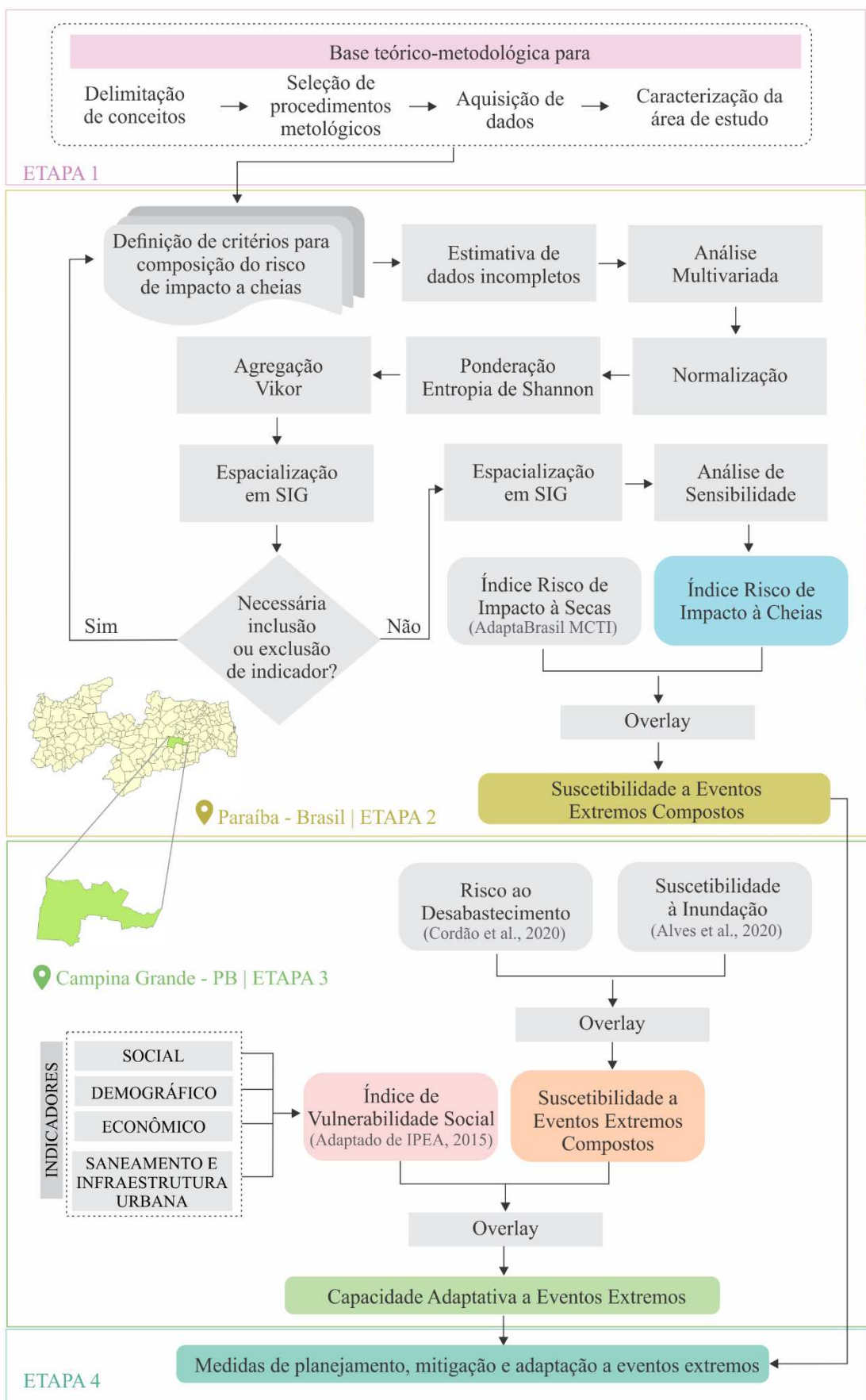
Figura 6: Classificação da pesquisa científica desenvolvida na tese



Fonte: Adaptada de Prodavov e Freitas (2013).

Diante disso, o desenvolvimento da pesquisa inclui três etapas metodológicas, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7: Metodologia Geral da Tese



Fonte: Autoria própria, 2023.

3.1 Etapa 1: Base teórico-metodológica

A base teórico-metodológica da tese foi construída a partir de revisão bibliográfica para delimitação dos conceitos já apresentados, em artigos, livros, relatórios e bancos de dados publicados para delimitar os conceitos sobre eventos extremos compostos, suscetibilidades, risco, vulnerabilidade, capacidade adaptativa e resiliência. Em seguida foi desenvolvida uma revisão sistemática para responder a questão e avaliar mais criteriosamente a aplicação dos métodos Vikor e Entropia em pesquisas sobre cheias urbanas.

Inicialmente, foram pesquisadas os termos “floods”, “urban”, “entropy” e “vikor”, separando por método, para artigos publicados entre 2013 e 2023. Considerando que as bibliotecas apresentam algumas diferenças nos mecanismos de pesquisa avançada, as buscas necessitaram de adaptação para cada uma das bases, Tabela 4.

Tabela 4: Descrição de equações de busca

Biblioteca	Floods AND urban AND entropy	Floods AND Urban AND Vikor
Scopus	TITLE-ABS-KEY (floods AND urban AND vikor) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar"))	TITLE-ABS-KEY (floods AND urban AND entropy) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar"))
SpringerLink	WITH ALL OF THE WORDS 'floods AND urban AND vikor' WITHIN Article	WITH ALL OF THE WORDS 'floods AND urban AND entropy' WITHIN Article
ScienceDirect	TITLE, ABSTRACT, KEYWORDS: flood AND urban AND vikor	TITLE, ABSTRACT, KEYWORDS: flood AND urban AND entropy
MDPI	ABSTRACT: flood AND urban AND vikor	ABSTRACT: flood AND urban AND entropy
Total	1031	87

Fonte: Autoria própria, 2022.

Para filtrar mais as buscas para o objetivo da revisão, foi realizada uma abordagem que teve como critérios de inclusão os artigos que focassem a análise de inundações em áreas urbanas e que utilizaram Vikor e Entropia de Shannon, Tabela 5.

Tabela 5: Descrição de equações de segunda busca

Biblioteca	Descrição das equações de busca
Scopus	TITLE-ABS-KEY (floods AND vikor AND entropy AND urban AND stormwater) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar"))
SpringerLink	WITH ALL OF THE WORDS 'floods AND urban AND vikor AND entropy' WITHIN Article
ScienceDirect	TITLE, ABSTRACT, KEYWORDS: flood AND urban AND vikor AND entropy
MDPI	ABSTRACT: flood AND urban AND vikor AND entropy

Fonte: Autoria própria, 2022.

A busca de palavras entre os títulos, resumos e palavras-chave das publicações utilizou

os termos: “floods”, “vikor”, “urban” e “entropy”, entre artigos publicados entre 2013 e 2023, Tabela 5. Após as buscas descritas na Tabela 5, foram aplicados como critérios de exclusão os artigos que não utilizaram Sistemas de Informações Georreferenciadas – SIGs para elaboração dos resultados e que não tinham como área de estudo zonas urbanas ou bacias hidrográficas, com zonas urbanas em seus territórios. Em seguida a partir de leitura dos artigos para identificação de objetivos, métodos e resultados encontrados organizados em planilha Excel para análise de objetivos, métodos e resultados. A nuvem de palavras-chaves foi gerada utilizando a ferramenta online WordArt¹.

3.1.1 Aquisição de dados

AdaptaBrasil MCTI

O Sistema de Informações e Análises sobre Impactos das Mudanças Climáticas - AdaptaBrasil MCTI², foi instituído pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, por meio da Portaria nº 3.896, de 16 de outubro de 2020, com o objetivo de integrar e disseminar informações que possibilitem o avanço das análises dos impactos da mudança do clima para todo o território nacional.

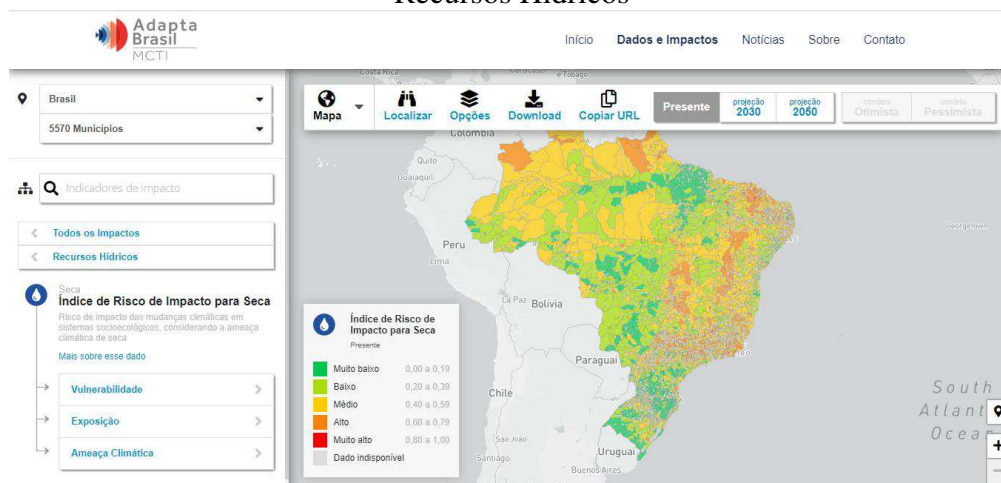
A plataforma foi desenvolvida por meio de uma cooperação entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Rede Nacional de Pesquisa e Ensino (RNP), com fomento do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). São apresentados cinco índices: risco de impacto em recursos hídricos, risco de impacto em segurança alimentar, risco de impacto em segurança energética e risco de impacto em infraestrutura portuária e risco de impacto em saúde, apresentados na Versão Brasil 1.0, construída entre os anos de 2020 a 2022. Os resultados são espacializados para o presente e para projeções dos anos 2030 e 2050 em cenários otimistas e pessimistas.

Nesta pesquisa, o Índice de Risco de Impacto Climático à Secas - IRICS foi utilizado tendo como área de estudo o estado da Paraíba. Esse índice considera três dimensões de análise: vulnerabilidade, exposição e ameaça climática, sendo que a última se refere ao evento extremo da seca, conforme define o IPCC (2014, 2022). Os indicadores são organizados em seis níveis de análise que contabilizam fatores climáticos, infraestruturas físicas, fatores socioeconômicos, planejamento e gestão (Tabela 6). Cada um desses indicadores está disponível para visualização e *download* na plataforma AdaptaBrasil-MCTI (Figura 8).

¹ Site do WordArt: <https://wordart.com/nwl5dq0aletg/nuvem-de-palavras>

² Site do Adapta Brasil MCTI: <https://adaptabrasil.mcti.gov.br/>

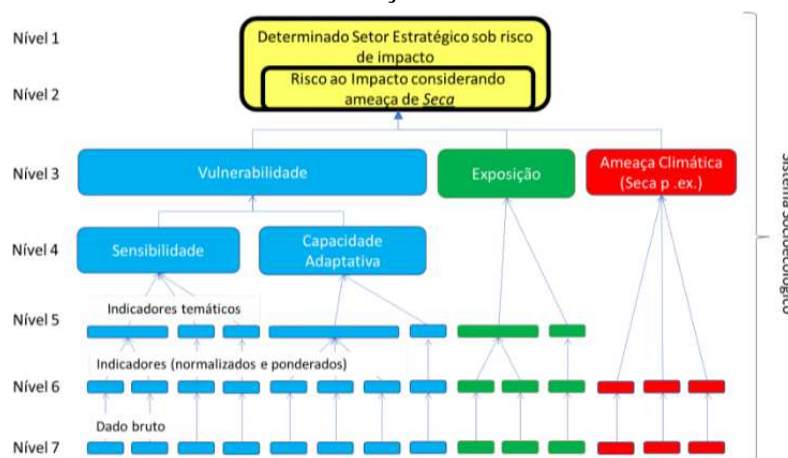
Figura 8: Apresentação da plataforma Adapta Brasil para Risco de Impacto para Seca em Recursos Hídricos



Fonte: Adapta Brasil MCTI,2023.

O IRICS em recursos hídricos foi construído com base na estrutura de construção baseada na pirâmide de informação (Figura 9) e, de acordo com o escopo teórico de dimensões de risco, apresentadas pelo IPCC (2014). Sendo assim as informações foram organizadas conforme mostra a Figura 9:

Figura 9: Estrutura Hierárquica da composição de indicadores e índices de risco de impacto das mudanças climáticas



Fonte: Projeto Adapta Brasil/MCTI, (2022).

De maneira semelhante as etapas de elaboração de índices compostos previstas pela OCDE (2008), as fases de elaboração do IRICS contaram com: estabelecimento de parcerias, análise exploratória para revisão de literatura; colaboração de especialistas desde o estabelecimento de definições conceituais, dimensões, temas, pesos e validação por meio de questionários e oficinas online; cálculos numéricos para a construção de indicadores com base em proporcionalidade e níveis de hierarquias; análise de redundância, oficina para refinamento e revisão dos indicadores, e por fim upload e validação da plataforma (BRASIL, 2022).

Tabela 6: Índice de Risco de Impacto Climático à Seca - IRCS

Nível 1	Nível 2	Nível 3		Nível 4	Nível 5	Nível 6		
Setor Estratégico	Índice Final	Dimensão do Risco		Categorias	Indicadores Temáticos	Indicadores		
Impactos para recursos hídricos	Índice de Risco de Impacto Climático - Seca IRCS	Índice de Vulnerabilidade		Índice de Sensibilidade	Oferta e demanda dos recursos hídricos	Indisponibilidade hídrica superficial		
						Balanco Hídrico quantitativo superficial		
						Demanda hídrica para múltiplos usos de água		
					Acesso limitado e ineficiência do uso da água no sistema de abastecimento público	População não atendida pela rede de abastecimento de água		
						Perdas de água no sistema de abastecimento		
						Consumo médio per capita de água		
				Risco à saúde ambiental	Ocorrência de doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado			
					Qualidade de água para múltiplos usos			
				Índice de Capacidade Adaptativa		Planejamento e gestão de risco para recursos hídricos	Nível de atuação em comitês de bacia	
							Nível de implementação e articulação do plano municipal de saneamento básico	
		Adesão ao Programa Cidades Resilientes						
		Programas ou ações de prevenção contra impactos da seca						
		Capacidade de abastecimento e reservação de água	Investimento per capita em política de adaptação e infraestrutura para a proteção ambiental					
			Armazenamento e reservação de água					
		Capacidade socioeconômica familiar	Alternativas ao abastecimento de água					
			Renda domiciliar não comprometida pela cobrança da água					
		Índice de Exposição		Exposição da população ao ambiente natural	Domicílios com renda per capita superior a dois salários mínimos			
Proximidade da população em relação às áreas em processo de degradação e desmatamento								
Índice de Ameaça Climática	Seca			População afastada de locais de armazenamento subterrâneo				
				Dias consecutivos secos				
				Índice de precipitação- evapotranspiração padronizados (SPEI)				

Fonte: Adapta Brasil MCTI (MCTI, 2022)

As descrições teórico-metodológicas e dos pesos estão disponíveis respectivamente no “Documento teórico-metodológico para avaliação de risco de impacto de mudança climática nos Setores Estratégicos de Recursos Hídricos e Segurança Alimentar da plataforma AdaptaBrasil MCTI” e “Pesos dos indicadores atribuídos por especialistas para os Setores Estratégicos de Recursos Hídricos e Segurança Alimentar da plataforma AdaptaBrasil MCTI (MCTI, 2022).

Os especialistas que colaboraram com aspectos conceituais e metodológicos foram selecionados com base em sua trajetória e experiência em eventos extremos com ênfase nas mudanças climáticas. Para tanto, foram realizadas etapas colaborativas do Adapta MVP (*Minimum Viable Product*) em Seminários realizados na cidade de Campina Grande – PB em 2019, além de indicações do MCTI, da disponibilidade de pesquisadores na RedeClima, e identificação de autores em publicações científicas.

3.1.2 Atlas Digital de Desastres do Brasil

O Atlas Digital de Desastres do Brasil³ disponibiliza informações sistematizadas relacionadas às ocorrências de desastres, aos respectivos danos humanos, materiais e prejuízos de 1991 a 2021. Os dados utilizados são provenientes do Sistema de Informações sobre Desastres (S2ID) e tratados pela equipe técnica do CEPED/UFSC. A plataforma, por sua vez, foi criada a partir de uma cooperação técnica entre o Banco Mundial e a Universidade de Santa Catarina, por meio do Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil – Ceped/UFSC.

Os dados foram registrados junto à Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – Sedec/MDR, e posteriormente houve cooperação da Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária – FAPEU, para atualização das informações para o ano de 2021. A Portaria nº 260, de 2 de fevereiro de 2022, permitiu a troca do S2id por outro sistema, caso esse venha a ser desenvolvido. Sendo assim, o Atlas Digital de Desastres do Brasil destaca-se como plataforma de acesso à informações sobre esta temática no país.

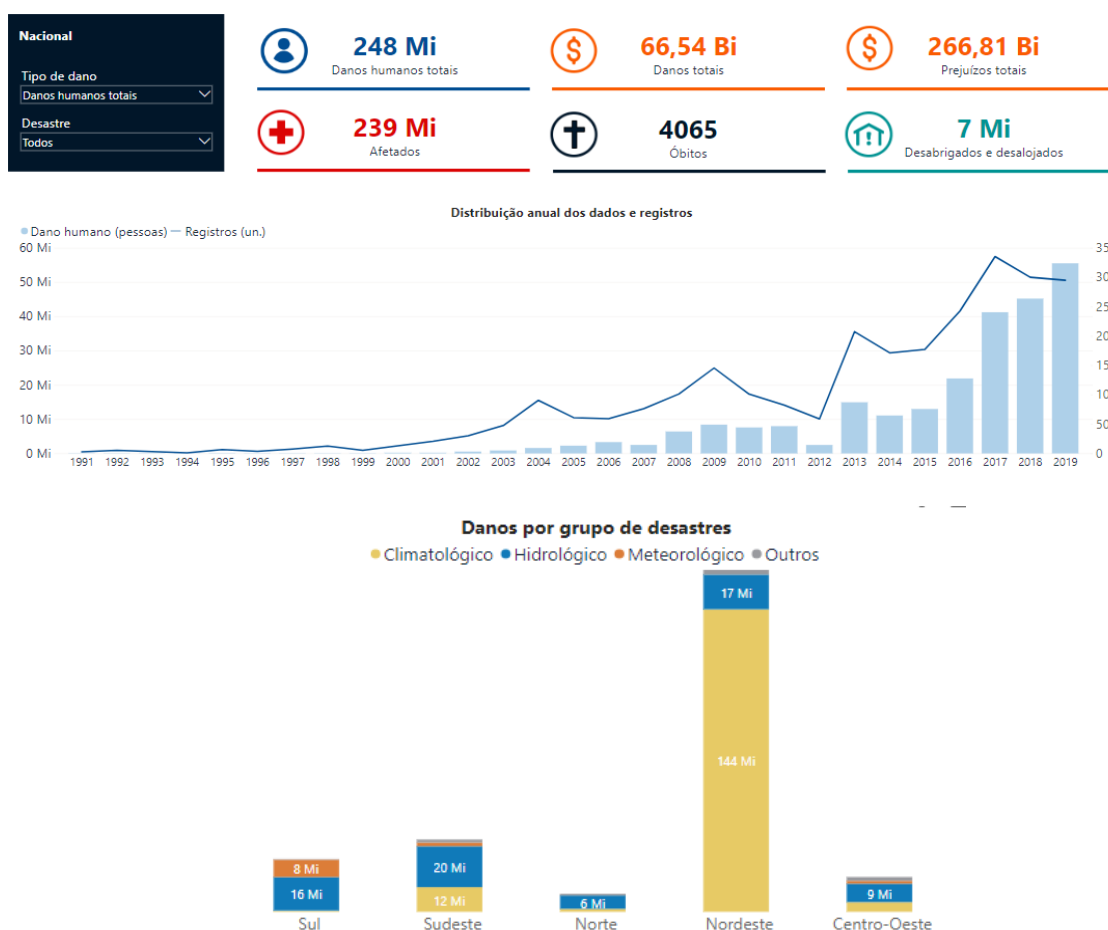
O acesso à plataforma possibilita aos usuários a realização de consultas, visualização de mapas e *dashboard* interativo. Além disso, é possível exportar do sistema tabelas, selecionando o estado, tipo do desastre, categoria de impacto e o período de interesse por ano. A classificação das tipologias dos desastres segue de acordo com a Classificação e Codificação Brasileira de

³ Site do Atlas digital de Desastres do Brasil: <https://atlas.ceped.ufsc.br/>

Desastres – Cobrade, adotada como classificação oficial do Brasil, conforme afirma o Art.º 8, pela Instrução normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012, para atender à classificação dos desastres do Banco de Dados Internacional de Desastres (EM-DAT).

Ao consultar a aba de *dashboard* nacional sobre danos humanos totais, verifica-se que houve aumento significativo de população afetada entre os anos de 1991 a 2019 no país, indicando uma maior suscetibilidade da população e intensificação da ocorrência de desastres. Em relação a distribuição regional dos danos humanos por tipos de desastres, verifica-se que no Nordeste a maior parte da população afetada refere-se aos desastres meteorológicos, com evidência para a seca, e hidrológicos (Figura 10).

Figura 10: Danos humanos totais entre os anos de 1991 a 2021 no Brasil devido a desastres naturais



Fonte: Brasil, (2022).

Nessa pesquisa foram utilizados os dados desta base de dados para o estado da Paraíba, referentes a ocorrência de desastres hidrológicos de inundações, alagamentos, enxurradas e chuvas intensas, danos humanos totais e danos materiais totais, para os anos de 2019 a 2021,

descritos na Tabela 7. Vale ressaltar que apesar dos dados disponibilizados pela plataforma serem dados oficiais, provenientes do S2id, eles foram registrados como critério para cumprimento de solicitação de recursos, por parte dos municípios e unidades federativas, para ações de resposta e reconstrução aos desastres e não com o objetivo de construir uma plataforma nacional informativa. Dessa forma, há limitações no que se refere a cobertura e registro dos desastres ocorridos durante o período analisado, visto que dependem da ação dos usuários municipais ou estaduais no registro das ocorrências, dos referidos danos e prejuízos.

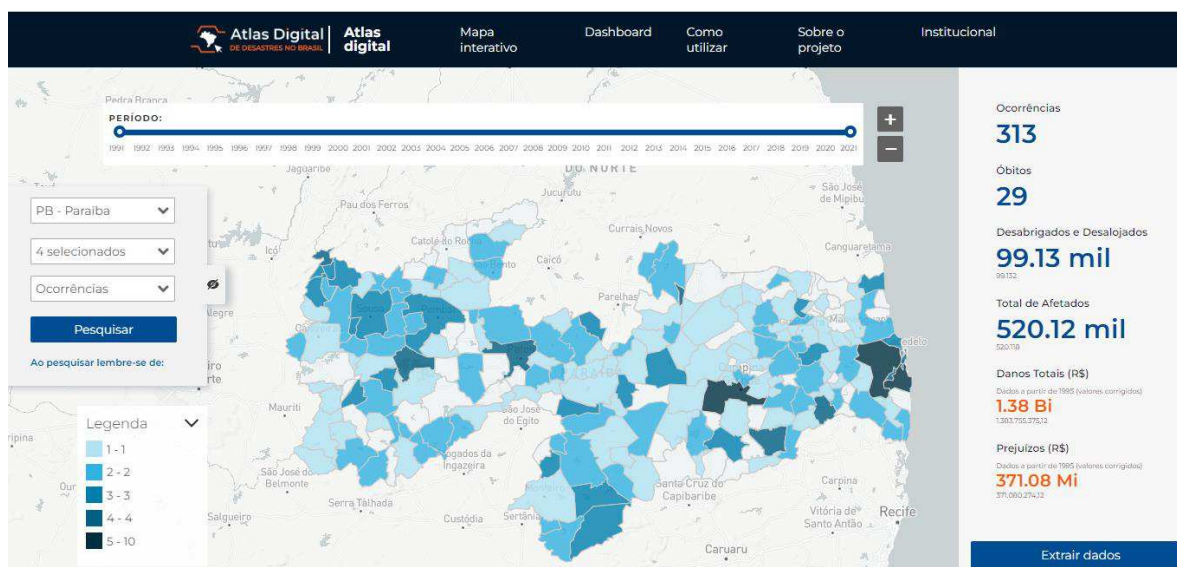
Tabela 7: Descrição dos dados utilizados do Atlas Digital de Desastres no Brasil

Dados	Descrição
Danos humanos totais	Somatório da quantidade de óbitos, feridos, enfermos, desabrigados, desalojados, desaparecidos, outros.
Óbitos	Pessoas que perderam suas vidas em decorrência direta dos efeitos do desastre
Feridos	Pessoas que sofreram lesões em decorrência direta dos efeitos do desastre e necessitam de intervenção médico-hospitalar materiais e insumos de saúde (medicamentos, médicos, etc.)
Enfermos	Pessoas que desenvolveram processos patológicos em decorrência direta dos efeitos do desastre.
Desabrigados	Pessoas que necessitam de abrigo público, como habitação temporária, em função de danos ou ameaça de danos causados em decorrência direta dos efeitos do desastre.
Desalojados	Pessoas que, em decorrência dos efeitos do desastre, desocuparam seus domicílios, mas não necessitam de abrigo público.
Desaparecidos	Pessoas que necessitam ser encontradas, pois, em decorrência direta dos efeitos do desastre, estão em situação de risco de morte iminente e em locais inseguros/perigosos.
Outros	Pessoas afetadas diretamente pelo desastre (excetuando as já informadas acima)
Danos Materiais Totais	Somatório de instalações públicas de saúde, ensino, de uso comunitário, obras de infraestrutura, habitações e outras instalações que foram destruídas ou danificadas
Saud_dest	Instalações públicas de saúde destruídas
Saud_danifi	Instalações públicas de saúde danificadas
Ensino_dest	Instalações públicas de ensino destruídas
Ensino_danif	Instalações públicas de ensino danificadas
Outros_dest	Outras instalações destruídas
Outros_danif	Outras instalações danificadas
Comuni_dest	Instalações públicas de uso comunitário destruídas
Comuni_danif	Instalações públicas de uso comunitário danificadas
hab_dest	Habitações destruídas
Hab_danif	Habitações danificadas
infra_dest	Obras de infraestrutura pública destruídas
infra_danif	Obras de infraestrutura pública danificadas
Desastres Relacionados com Chuvas Totais	Somatório da ocorrência de desastres de inundações, alagamentos, enxurradas e chuvas intensas.

Fonte: Adaptado de Brasil (2022).

Ao pesquisar, por exemplo, sobre as ocorrências de inundações, alagamentos, enxurradas e chuvas intensas na Paraíba, verifica-se que 52 municípios dos 223 do estado não têm informações registradas (Figura 11). Apesar de não conter informações registradas para todos os municípios do Brasil, a plataforma se consolida no país como uma importante ferramenta para o desenvolvimento de políticas públicas, pesquisas e outras atividades relativas a temática dos desastres naturais.

Figura 11: Interface da plataforma Atlas Digital de Desastres no Brasil



Fonte: Brasil, 2022.

3.1.3 Portal HidroWeb

O Portal HidroWeb⁴, (versão 3.2.7), é uma ferramenta que compõe o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), coordenado pela Agência Nacional de Águas (ANA). Este portal disponibiliza acesso ao banco de dados com informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN) sobre níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos, por meio de registros diários feitos pelos observadores e medições realizadas em campo pelos técnicos em hidrologia e engenheiros hidrólogos (Figura 12). Além dessas informações, o portal também publica dados coletados pelos Estados que aderiram ao Programa coordenado pela ANA chamado “Qualiágua”, que fomenta o monitoramento da qualidade da água. Mais que acompanhar esses fenômenos, o conjunto de dados até hoje coletados no âmbito da RHN também permite, em diversos casos, a

⁴ Site do Portal HidroWeb: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>

simulação dos eventos e seus resultados sobre as bacias hidrográficas e a sua previsão (ANA, 2022).

Para possibilitar acesso e tratamento dos dados é possível realizar consultas de séries históricas das estações, visualizar mapa interativo e realizar *download* de um aplicativo que viabiliza o acesso e tratamento de dados em maior quantidade, o *Hidro Build*, versão 1.4.0.83. Para desenvolvimento dessa pesquisa foram consultados dados referentes aos registros diários de estações pluviométricas situadas no estado da Paraíba, entre os anos de 1999 a 2019. Mediante esse período, foram encontrados registros para 171 dos 223 municípios do estado.

Figura 12: Apresentação da plataforma Atlas Digital em Desastre no Brasil



Fonte: Hidro Web - ANA.

O monitoramento das águas no Brasil remonta ao século XIX, havendo registros de estações na base da ANA desde o ano de 1855 (estação pluviométrica Morro Velho, em Minas Gerais). Entre 1900 e 1920, o governo federal incorporou o monitoramento como serviço público federal e desde então cria instituições para abrigá-lo. A Rede já foi coordenada por entidades ligadas ao setor elétrico, passando à responsabilidade para a ANA em 2000, pela Lei Federal nº 9.984/2000 (ANA, 2022).

3.1.4 Sistema de Recuperação Automática – SIDRA e Pesquisas do IBGE

O Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA⁵ é uma plataforma que possibilita o acesso livre a estudos e pesquisas realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em séries temporais, por níveis territoriais desagregados, visualização espacial dos

⁵ Site do SIDRA: <https://sidra.ibge.gov.br/home/ipca15/brasil>

dados através da geração de cartogramas, o que facilita a consulta e interpretação da realidade em diferentes escalas.

A primeira versão foi disponibilizada em 1997, passando por aprimoramentos ao longo dos anos. Dentre os dados disponíveis, são utilizados nessa pesquisa as informações sobre entorno de domicílios e moradores, relativas ao acesso de rede esgoto ou pluvial, população urbana em nível municipal, provenientes do Censo Demográfico 2010 (último censo com dados oficiais disponíveis). Os resultados das pesquisas do IBGE também podem ser acessados no site do instituto através de download em tabelas, mapas e outros formatos digitais.

Além dessas informações, também foram utilizados dados referentes aos domicílios e moradores por adequação de moradia, do Censo Demográfico 2010. Considera-se como moradia adequada o domicílio que atende a todas as condições de: possuir dois moradores por dormitório, abastecimento de água por rede geral de distribuição, esgotamento sanitário por rede geral de esgoto ou pluvial, ou por fossa séptica e lixo coletado diretamente por serviço de limpeza ou caçamba de serviço de limpeza (IBGE, 2010).

Entre as pesquisas desenvolvidas e publicadas pelo IBGE, destaca-se nesta tese, a Pesquisa de Áreas urbanizadas do Brasil: 2019⁶. A pesquisa é importante para o monitoramento da expansão de áreas urbanas e padrões espaciais em todo o território nacional, revelando as transformações do espaço das cidades de acordo com as interações com a população.

As áreas urbanas densas são aquelas em que as manchas urbanas são contínuas e que as edificações estão próximas entre si, assim como há poucos espaços vazios ou arborizados, bem como grande capilaridade de vias (IBGE, 2022). Além disso, essas áreas apresentam arruamento bem definido, excetuando-se os casos de aglomerados subnormais, que são áreas ocupadas de forma irregular em terrenos de propriedade pública ou privada, para fins de habitação em áreas urbanas. As áreas urbanas densas também consideram espaços de construções adjacentes onde não há espaços adjacentes livres entre as construções, ou com pequenos quintais. Outro fator importante é que a densidade urbana é mais observada próximo aos centros urbanos, porém também são notadas em localidades, com número de edificações inferior a 50 (cinquenta) unidades que sejam densas, de acordo com a sua proximidade (IBGE, 2019).

⁶ Site da Pesquisa de Áreas urbanizadas do Brasil - 2019: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15789-areas-urbanizadas.html?=&t=destaques>

3.1.5 Atlas de Desenvolvimento Humano

O Atlas de Desenvolvimento Humano - AtlasBR⁷ é uma plataforma elaborada por meio de parceria entre Atlas Brasil, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e a Fundação João Pinheiro (FJP). A plataforma foi lançada em 2013 com o objetivo de disponibilizar acesso a diversos indicadores socioeconômicos para diferentes escalas do território brasileiro e segmentos populacionais relacionados ao desenvolvimento humano.

O Índice de Desenvolvimento Humano - IDH é uma medida utilizada pela Organização das Nações Unidas – ONU para analisar a qualidade de vida de uma população, a partir de indicadores de expectativa de vida, renda per capita e educação. No âmbito mundial, houve uma diminuição do desenvolvimento humano entre 2020 e 2021, anos que condizem com a pandemia de COVID-19 e sinalizam que foram incorporadas às incertezas cotidianas que as pessoas já enfrentam, as novas incertezas mundiais relativas a desestabilização dos sistemas planetários, a procura por novas transformações sociais e a generalizada e intensa polarização. O Brasil apresentou IDH de 0,754 para o ano de 2021, considerado como médio, porém como é um país em desenvolvimento com altos níveis de desigualdade social, quando o valor do IDH é ajustado considerando tais desigualdades, o IDH se torna o índice de desenvolvimento humano ajustado - IDHAD com valor de 0,576, ainda na faixa de médio, porém bem menor (ONU, 2022).

Quando estudado para municípios recebe a nomenclatura de Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM. De acordo com os dados disponibilizados, o IDHM da região Nordeste tem melhorado ao longo dos anos, porém ainda não chegou a valores ideais, pois ainda existem muitas necessidades básicas para implementar para a população que garantam a longevidade, educação e renda (SILVA et al., 2020b).

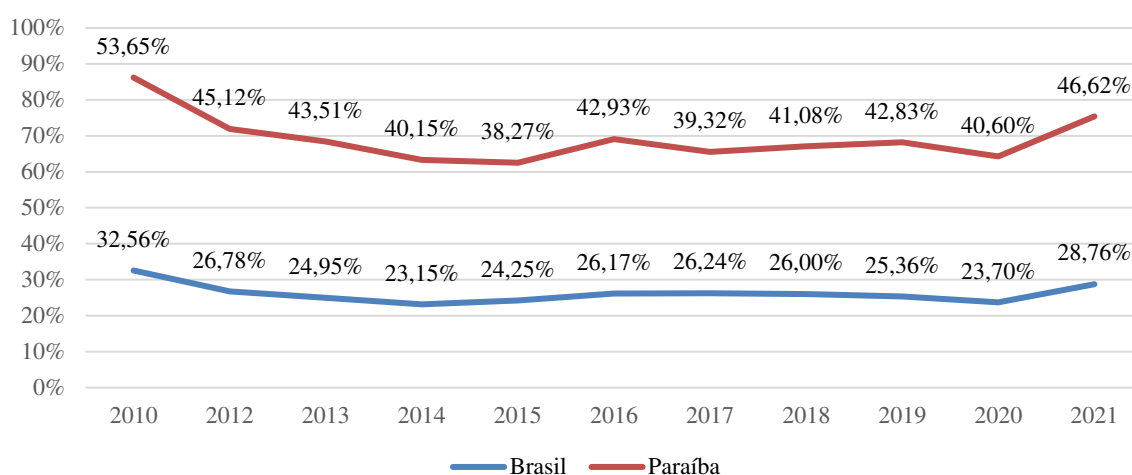
Ao longo dos anos, passou por aprimoramentos e hoje apresenta mais de 330 indicadores relacionados aos temas de vulnerabilidade social, meio ambiente, saúde, educação, renda, trabalho, habitação e participação política. O indicadores produzidos e disponibilizados pela plataforma incorporam dados dos Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010. O AtlasBR se destaca por apresentar as informações de maneira acessível e democrática, facilitando o fortalecimento da gestão pública municipal, fortalecendo as capacidades locais e disseminando conhecimentos para a população sobre sua realidade. As informações podem ser consultadas

⁷ Site do Atlas de Desenvolvimento Humano: <http://www.atlasbrasil.org.br/acervo/atlas>

em gráficos, tabelas e mapas.

Nessa pesquisa, o dado utilizado foi o de percentual de população vulnerável à pobreza. Considera-se como vulnerável à pobreza, a população que vive com renda *per capita* inferior a meio salário mínimo (IPEA, 2015), para o ano de 2010 essa informação foi elaborada com base no Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010) para os anos de 2012 a 2021, as informações são provenientes da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio, realizada pelo IBGE (Figura 13).

Figura 13: Porcentagem da população vulnerável a pobreza, 2010 a 2021



Fonte: Elaborado por Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Fonte: Pnud Brasil, Ipea e FJP, (2022).

3.1.6 Atlas de Vulnerabilidade Social

O Atlas de Vulnerabilidade Social - AVS é uma plataforma desenvolvida pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA com o objetivo de apresentar as informações de forma amigável e simples para facilitar a consulta de diversos dados sobre a temática da vulnerabilidade social e estimular a produção de análises sobre os diferentes perfis de usuários organizados para estados, municípios, e diversas espacialidades intramunicipais de regiões metropolitanas.

A plataforma teve sua primeira versão lançada em 2015 com base nos dados dos Censos de 2000 e 2010 do IBGE, a segunda versão passou a contar com informações provenientes da Pesquisa Nacional por amostra de Domicílio – PNAD, realizada entre os censos. Atualmente está na versão 2.2.4, é possível pesquisar informações dos censos e das PNADs desagregadas por sexo, cor e situação de domicílio (rural e urbano). Os dados podem ser visualizados em planilhas e em mapas.

Entre as informações disponibilizadas, foram utilizadas nessa pesquisa o Índice de Vulnerabilidades Social (IVS) e o Índice de Prosperidade Social. De maneira complementar ao que retrata o IDHM, o Índice de Vulnerabilidade Social foi elaborado com indicadores que indicam a ausência ou a insuficiência de alguns ativos em áreas do território brasileiro, refletindo as fragilidades a partir de contextos de trabalho e renda, educação e saúde, condições de transporte, habitação e saneamento dos municípios (IPEA, 2015). O IVS é dividido em cinco classes quem variam de 0 a 1, reúne 16 indicadores organizados em três dimensões: i) infraestrutura urbana, ii) capital humano e iii) renda (Tabela 8).

Tabela 8: Descrição dos indicadores do IVS

Dimensão	Indicadores
Infraestrutura urbana	Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados
	Percentual da população que vive em domicílios urbanos sem serviço de coleta de lixo
	Percentual de pessoas que vivem em domicílios com renda per capita inferior a meio salário mínimo e que gastam mais de uma hora até o trabalho no total de pessoas ocupadas, vulneráveis e que retornam diariamente do trabalho.
Capital Humano	Taxa de mortalidade até um ano de idade
	Percentual de crianças de 0 a 5 anos que não frequentam a escola
	Percentual de pessoas de 6 a 14 anos não frequentam a escola
	Percentual de mulheres de 10 a 17 anos de idade que tiveram filhos
	Percentual de mães chefes de família, sem fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade, no total de mães chefes de família
	Taxa de analfabetismo da população de 15 anos ou mais de idade
	Percentual de crianças que vivem em domicílios em que nenhum dos moradores tem o ensino fundamental completo
Renda e trabalho	Percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e possuem renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário mínimo na população total dessa faixa etária
	Percentual de pessoas com renda domiciliar per capita igual ou inferior a ½ salário mínimo
	Taxa de desocupação da população de 18 anos ou mais de idade
	Percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem fundamental completo e em ocupação informal
	Percentual de pessoas em domicílios com renda per capita inferior a meio salário mínimo (de 2010) e dependentes de idosos
	Taxa de atividade das pessoas de 10 a 14 anos de idade

Fonte: IPEA, 2015.

A prosperidade social, por sua vez, é uma análise conjunta do índice de desenvolvimento humano e do índice de vulnerabilidade social. Para áreas que apresentam um alto ou muito alto desenvolvimento humano somado à baixa ou muito baixa vulnerabilidade, há portanto um alta prosperidade social, de maneira semelhante para situações em que se tem um baixo ou muito baixo IDH e baixo ou muito baixo IVS, a prosperidade social será muito baixa (IPEA, 2015).

Sendo assim, a prosperidade social indica um contexto no qual o desenvolvimento humano está respaldado em bases sociais mais robustas, onde o capital familiar e escolar, as condições de inserção no mercado de trabalho e as condições de moradia de acesso à infraestrutura urbana possibilitam a população não apenas uma perspectiva de prosperidade econômica, mas de condições de vida no meio social (SILVA, etl. al., 2020b). Os dados desse índice estão organizados em cinco classes que variam de muito baixo a muito alto. Nessa pesquisa foram utilizados os dados referentes à prosperidade social dos municípios da Paraíba para o ano de 2010.

3.1.7 MapBiomias

A plataforma de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil – MapBiomias⁸ está em sua versão 7.0, foi lançada em 2015 no formato de plataforma aberta a partir de uma rede colaborativa entre Organizações Não Governamentais – ONGs, universidades e *startups* de tecnologia. São criados mapeamentos anuais da cobertura e uso do solo bem como monitoramento da superfície de água e cicatrizes de fogo com dados mensais a partir de 1985. Entre as características da plataforma vale destacar que o processamento dos dados é distribuído e automatizado por meio da plataforma *Google Earth Engine* e que por ser colaborativa, permite incorporação e contribuições da comunidade científica e demais interessados.

O Mapbiomas se destaca por representar as transformações do uso do solo no Brasil com produtos disponibilizados em diversos formatos digitais, como mapas e planilhas, com forte aprofundamento científico, precisão, agilidade e qualidade nos produtos criados, com o objetivo de permitir o conhecimento sobre a temática e assim possibilitar a conservação e manejo sustentável dos recursos naturais, como uma alternativa de combate às mudanças climáticas. Dentre as informações disponibilizadas na plataforma, foi utilizada nessa pesquisa a taxa de cobertura vegetal natural nos municípios da Paraíba para os anos de 2017 a 2021.

3.1.8 Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS⁹ disponibiliza informações e indicadores sobre a prestação de serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos urbanos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. É

⁸ Site do MapBiomias: <https://mapbiomas.org/>

⁹ Site do SNIS: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>

o maior e mais importante banco de dados do setor no Brasil. O sistema foi criado em 1996, vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental e ao Ministério das Cidades.

Os dados municipais e dos prestadores de serviço são coletados anualmente com o objetivo de disponibilizar diagnósticos e panoramas do setor com vistas a orientar a aplicação de recursos, disseminar o conhecimento, possibilitar a avaliação do setor e desempenho dos serviços, orientar atividades regulatórias e de fiscalização, aperfeiçoar a gestão e controle social.

Nessa pesquisa foram utilizadas as informações sobre a taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana e a taxa de Cobertura de Pavimentação e Meio-Fio na Área Urbana do Município, ambas para os anos de 2017 a 2021 referentes aos municípios da Paraíba.

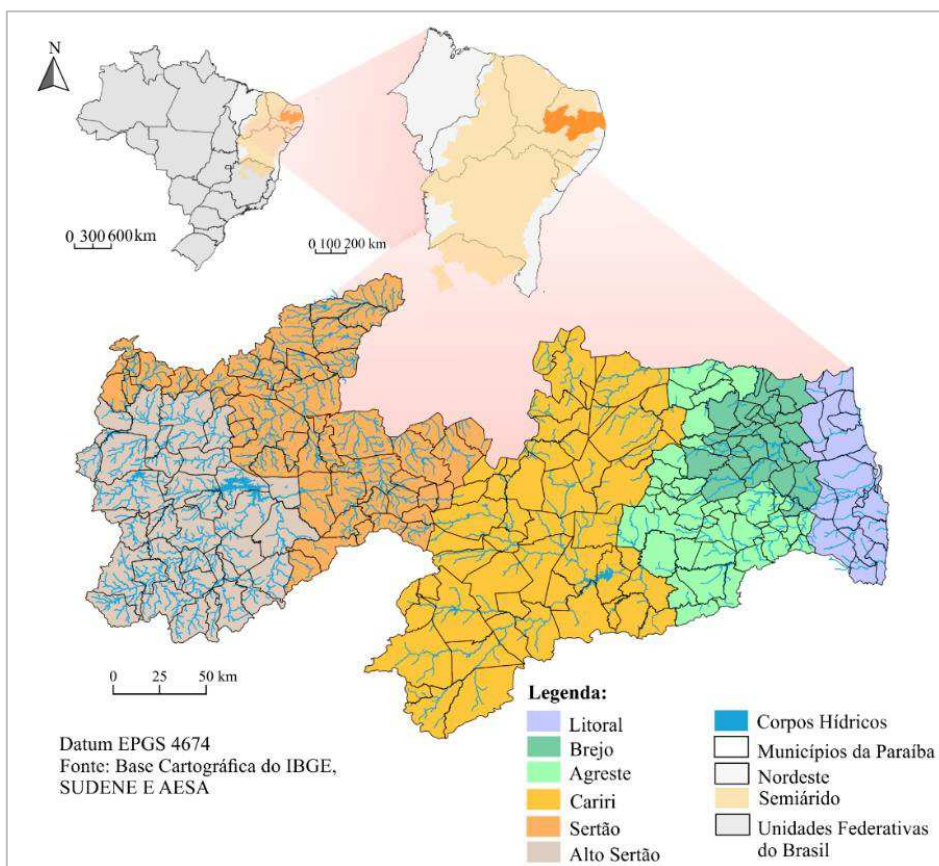
Etapa 2: Suscetibilidade a Eventos Extremos Compostos na Paraíba

3.1.9 Caracterização da área de Estudo

O estado da Paraíba, localizado no Nordeste brasileiro, apresenta uma área territorial de 56.467,242 km², distribuída em 223 municípios (Figura 14) nos quais aproximadamente 75,36% da população residem em áreas urbanas (IBGE, 2010). De acordo com a resolução CONDEL/SUDENE n° 150/2021, 188 municípios estão inseridos na Região Semiárida, o que corresponde a aproximadamente 90% da área do estado. Na rede urbana da Paraíba vale destacar a capital do estado, João Pessoa, como cidade mais importante, e de maneira semelhante ao que acontece no Nordeste, há protagonismos urbanos interiorizados (BEZERRA, 2020), valendo destacar as cidades de Campina Grande, Patos, Guarabira, Sousa e Cajazeiras, conforme destaca o REGIC 2018 (IBGE, 2020).

Em relação aos aspectos climatológicos, ressalta-se que a Paraíba é o Estado do Nordeste que apresenta uma das maiores variabilidades espaço-temporal das chuvas (NASCIMENTO, 2020). Isso pode ser observado pela precipitação média anual das regiões pluviométricamente homogêneas do estado: Litoral (1521,1 mm/ano), Brejo (1045,00 mm/ano); Agreste (755,2 mm/ano); Cariri/Curimataú (461,2 mm/ano), Sertão (722,8 mm/ano) e Alto Sertão (840,3 mm/ano) (SILVA, et al. 2022).

Figura 14: Regiões Pluviometricamente Homogêneas da Paraíba



Fonte: Silva et al., 2004. Adaptação gráfica de autoria própria, 2023.

Nesse sentido, o estado apresenta anomalias de precipitação positivas e negativas que se relacionam com a ocorrência de eventos de secas e cheias. Ao analisar o índice de anomalia de chuva para o estado entre os anos de 1910 e 2016, algumas conclusões são observadas. Melo (2021) verificou que nos anos secos, o índice de anomalia de chuva - IAC tende a ser negativo, até mesmo nos meses chuvosos, intensificando os eventos de seca, e que, a variabilidade pluviométrica interanual local, é influenciada pelos ciclos de *Eños*, de maneira semelhante ao que é observado para o Nordeste e outras partes do mundo (MARENGO et al., 2013; CAI et al., 2020; MARJANI et al., 2019).

Diante dessas características, a análise dos desastres naturais registrados no estado entre 2010 e 2020 evidenciaram que o desastre mais recorrente é o de seca e estiagem, com evidências em 3280 registros; seguido de inundações, com 84 ocorrências. As estiagens são frequentemente registradas nos meses de abril, maio, outubro, novembro e dezembro, sendo que outubro é o mês que apresenta maior quantidade de ocorrências desse tipo de desastre. No caso de inundações e enxurradas foram registradas com maior frequência durante o mês de julho (RODRIGUES, 2020).

3.1.10 Índice de Risco de Impacto para Cheia (IRICC)

Conforme indicado na Figura 7, a análise do evento de seca nos municípios do estado da Paraíba foi realizada de acordo com o índice de risco de impacto à seca do AdaptaBrasil MCTI (2022), cuja breve apresentação, composição e construção metodológica estão descritos no item 3.2.1. Portanto, para analisar os eventos de cheia no estado foi desenvolvido um índice de risco de impacto para cheia tomando como referência esse índice do AdaptaBrasil MCTI para seca (2022) e seguindo as etapas metodológicas para construção de índices compostos da OCDE (2008).

Foram selecionados, inicialmente 20 critérios para a composição do índice com base na consulta aos bancos de dados, que incluíam prejuízos econômicos, características do entorno de domicílios, índice de desenvolvimento humano, presença de instituições de gerenciamento de riscos, presença de equipamentos de monitoramento e investimentos em rede de drenagem e esgotamento sanitário. Após uma pré-seleção de possíveis critérios para compor os indicadores foi realizada uma estimativa de incerteza, para identificar os dados ausentes e escolha de alternativa para completar a base de dados, resultando em 12 critérios, Tabela 9. Posteriormente foi desenvolvida uma análise multivariada, que deve ser usada para estudar a estrutura geral do conjunto de dados, avaliar sua adequação, e orientar escolhas metodológicas posteriores (por exemplo, ponderação, agregação).

Os cálculos dos indicadores foram realizados com auxílio de planilhas no Microsoft Office Excel. Vale ressaltar que a unidade territorial do IRICC foram os municípios, mas alguns indicadores fizeram o recorte para a área urbana, visto que é onde está concentrada a maior parte da população dos municípios de maneira geral, sendo eles: Cobertura de Pavimentação e Meio fio, Cobertura de Vias Públicas com Redes ou Canais Pluviais Subterrâneos, Média da Porcentagem da População Urbana que não tinham Acesso a Rede de Esgoto ou Pluvial e Áreas Urbanas Densas.

Outro ponto importante a ser mencionado é sobre o recorte temporal diferente dos indicadores, isso se deve ao fato da disponibilidade dos dados nos bancos de dados acessados estarem em períodos diferentes, o que representa um fator limitante para a realização de pesquisas com dados secundários como esta. Essa é uma característica presente em outros trabalhos que elaboraram indicadores para a análise de eventos extremos como secas e cheias, tanto relativos ao Brasil quanto em outros países do mundo (ARAÚJO, 2022; RAMOS FILHO, 2022; RAJABI et al., 2021; CHEN et al., 2022). Apesar disso, os resultados encontrados foram

satisfatórios, denotando que recortes temporais diferentes para indicador não impede a elaboração de um índice composto capaz de representar a realidade estudada.

Tabela 9: Índice de Risco de Impacto Climático à Cheias - IRICC

Índice Final	Indicadores	Fonte	Ano/Período
Índice de Risco de Impacto Climático a Cheias IRICC	DMT - Danos Materiais Totais	Atlas Digital de Desastres do Brasil	1991-2020
	COBPAV- Cobertura de Pavimentação e Meio-Fio	SNIS	2017-2021
	COBVEG - Cobertura Vegetal Natural	MapBiomias	2017-2021
	COBRED – Cobertura de Redes ou Canais Pluviais Subterrâneos na Área Urbana	SNIS	2017-2021
	POPAD - População em Domicílios Permanentes com Condições Adequadas de Moradia	IBGE	2010
	PROSP - Prosperidade social	IPEA	2010
	DHT- Danos Humanos Totais	Atlas Digital de Desastres do Brasil	1991-2020
	AURBD - Áreas Urbanas Densas	IBGE	2019
	SESG –População Urbana que Não Tinham Acesso a Rede de Esgoto ou Pluvial	SNIS	2017-2021
	VULP – População Vulnerável a Pobreza	IBGE	1991, 2000, 2010
	ACC –Anomalia de Chuva muito chuvoso e extremamente chuvoso	HidroWeb	1999-2019
	ODC - Ocorrência de desastres relacionados com chuva	Atlas Digital de Desastres do Brasil	1991-2020

Fonte: Autoria própria, 2023.

Danos Materiais Totais

A quantidade de edificações e infraestrutura danificadas ou destruídas em decorrência de desastres de chuvas intensas, inundações, alagamentos e enxurradas representam prejuízos econômicos, risco à vida da população e impactos na prestação de serviços aos quais essas infraestruturas estão relacionadas (O'DONNELL; THORNE, 2020; HAMMOND et al. 2015), indicando maior sensibilidade a ocorrência de tais desastres. Sendo assim, o indicador de Danos Materiais Totais (DMT) foi calculado considerando a média dos danos materiais totais entre 1991 e 2019 nos municípios da Paraíba, de acordo com a Equação 1:

$$DMT = \left(\sum_{i=1991}^{2019} total_danos_materiais_i \right) / (2019 - 1991) \quad (1)$$

Onde:

total_danos_materiais = Somatório de instalações públicas de saúde, ensino, de uso

comunitário, obras de infraestrutura, habitações e outras instalações que foram destruídas ou danificadas no ano de referência, (unidade).

Cobertura de Pavimentação e Meio-Fio

A impermeabilização nas cidades tende a tornar as áreas urbanas mais suscetíveis a cheias pois dificultam a absorção da água no solo (ALVES et al., 2018), de forma que medidas como a locação de pavimentos permeáveis tem sido estudadas como alternativa para diminuir a suscetibilidade em área de risco a inundação (CHAE et al., 2022). Nesse sentido, para estimar a sensibilidade a esses eventos, foi calculado o indicador de Cobertura de Pavimentação e Meio-Fio (COBPAV) considerando a média da taxa de cobertura de pavimentação e meio fio entre os anos de 2017 e 2021 nos municípios da Paraíba, segundo a Equação 2:

$$\text{COBPAV} = \left(\sum_{i=2017}^{2021} \text{IN020}_i \right) / (2021 - 2017) \quad (2)$$

Onde:

IN020_i = Taxa de Cobertura de Pavimentação e Meio-Fio na Área Urbana do Município para o ano de referência (porcentagem).

Cobertura Vegetal

As ações humanas que provocam a destruição ambiental contribuem para o aceleramento e aumento da intensidade dos impactos de eventos de inundação (RAJABI, et al. 2021; SHARIFI et al., 2021). Dessa forma, a manutenção da cobertura vegetal natural contribui para a construção da capacidade de drenagem de uma área. Assim, foi calculado indicador de Cobertura Vegetal (COBVEG) considerando a média de cobertura vegetal natural nos municípios em estudo entre os anos de 2017 a 2021, segundo a Equação 3:

$$\text{COBVEG} = \left(\sum_{i=2017}^{2021} \text{cobertura_vegetal}_i \right) / (2021 - 2017) \quad (3)$$

Onde:

$\text{cobertura_vegetal}_i$ = taxa de cobertura vegetal natural (porcentagem).

Cobertura de Vias Públicas com Redes ou Canais Pluviais Subterrâneos

A presença elementos de drenagem nas vias das cidades, diminui de acúmulo de água

na superfície das ruas, contribuindo para maior capacidade de drenagem frente aos eventos de cheia (GUERRA; ZACHARIAS, 2016; O'DONNELL; THORNE, 2020). Sendo assim, o indicador de Cobertura de Vias Públicas com Redes ou Canais Pluviais Subterrâneos na Área Urbana (COBRED) considera a média da taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos e foi calculado de acordo com a Equação 4:

$$\text{COBRED} = \left(\sum_{i=2017}^{2021} (\text{cobertura_rede_dren}_i) \right) / (2021 - 2017) \quad (4)$$

Onde:

$\text{cobertura_rede_dren}_i$ = Taxa de Cobertura Vias Públicas com Redes ou Canais Pluviais Subterrâneos para o ano de referência (porcentagem)

População em Domicílios Permanentes com Condições Adequadas de Moradia

O acesso a moradia adequada, em condições de acesso a serviços de saneamento básicos como dormitório, abastecimento de água por rede geral de distribuição, esgotamento sanitário por rede geral de esgoto ou pluvial, ou por fossa séptica e lixo coletado diretamente por serviço de limpeza ou caçamba de serviço de limpeza são importantes para inserir a população em um contexto de planejamento urbano mais resiliente (SHARIFI et al., 2021). Nesse sentido, o acesso a condições adequadas de moradia está associado a capacidade socioeconômica da população. Portanto, o indicador de População em Domicílios Permanentes com Condições Adequadas de Moradia (POPAD) considera a porcentagem de população urbana que mora em condições adequadas de moradia, foi calculado segundo a Equação 5:

$$\text{POPAD} = \left(\frac{\text{pop_dom_ad}}{\text{pop_urb}} \right) * 100 \quad (5)$$

Onde:

pop_dom_ad = população que mora em domicílio (habitantes);

pop_urb = população urbana total (habitantes).

Prosperidade Social

Conforme já apresentado, o Indicador de Prosperidade Social utilizou os valores previamente publicados pelo IPEA (2015) para os municípios da Paraíba no ano de 2010. Porém, como os dados são disponibilizados em valores qualitativos diferenciando-o em cinco

classes, foi necessária uma reclassificação para utilização nos procedimentos de cálculos, conforme a Tabela 10.

Tabela 10: Reclassificação do Indicador de Prosperidade Social

Classes de Prosperidade Social	Valores Reclassificados
Muito Baixo	1
Baixo	2
Médio	3
Alto	4
Muito Alto	5

Fonte: Autoria própria, 2023.

A diminuição dos níveis de desigualdade, vulnerabilidade social contribui para a melhoria da capacidade adaptativa da população (MORSUT et al., 2022; THOMAS et al., 2019). Sendo assim, considerou-se o indicador de Prosperidade Social (PROSP) é muito pertinente para a análise da capacidade socioeconômica da população, visto que indica um contexto no qual o desenvolvimento humano está respaldado em bases sociais mais robustas e onde a vulnerabilidade social é menor (SILVA et. al., 2020b).

Média de Danos Humanos Totais

Os eventos de cheia podem impactar a saúde coletiva de diferentes maneiras como lesões; doenças parasitárias e infecciosas; exacerbações de problemas cardiopulmonares, inundações, e dermatológicos; danos à saúde mental; interrupção dos serviços e perdas de instalações de saúde que representam um risco à vida da população (EBI et al., 2021). Portanto, os danos humanos causados em um desastre relacionado a chuvas indicam maior exposição da população. Portanto, o indicador de Danos Humanos Totais (DHT) foi calculado de acordo com Equação 6:

$$DM = \left(\sum_{i=1991}^{2019} total_danos_humanos_i \right) / (2019 - 1991) \quad (6)$$

Onde:

$total_danos_humanos_i$ = Somatório da quantidade de óbitos, feridos, enfermos, desabrigados, desalojados, desaparecidos, outros (população).

Áreas Urbanas Densas

Áreas urbanas com maior densidade demográfica tendem a se tornar mais expostas aos impactos de cheias. Mas, não é apenas a densidade demográfica por si, pois caso se tenha um

planejamento adequado, pode-se contornar essa situação. Há uma concentração de população exposta a inundações relacionadas a economias em desenvolvimento ou menos desenvolvidas no mundo (EDMONDS, et al., 2020). Portanto, o indicador de Áreas Urbanas Densas foi composto pelos valores referentes às áreas urbanizadas densas nos municípios da Paraíba (km²).

Média da Porcentagem da População Urbana que não tinham Acesso a Rede de Esgoto ou Pluvial

A ausência de acesso a rede de esgoto ou pluvial contribui para expor a população aos impactos de eventos de cheias (SHARIFI et al., 2021). Dessa forma, o indicador de População Urbana que Não Tinham Acesso a Rede de Esgoto ou Pluvial (SESG) foi calculado segundo a Equação 7.

$$SESG = 100 - \left(\frac{pop_com_red_esg_plu}{pop_urb} * 100 \right) \tag{7}$$

Onde:

pop_com_red_esg_plu = população que tinham sanitário - rede geral de esgoto ou pluvial (habitantes)

pop_urb = população urbana (habitantes)

População Vulnerável à Pobreza

Maiores vulnerabilidades socioeconômicas caracterizam um contexto de exclusão a diversos serviços e implicam em menor capacidade de adaptação (IPEA, 2015, IPCC, 2022, MORSUT et al., 2022). Por esse motivo, o indicador de População Vulnerável à Pobreza (VULP) foi calculado considerando a média das porcentagem de população vulnerável a pobreza para os anos de 1991, 2000 e 2010 para os municípios em estudo, de acordo com a Equação 8:

$$VULP = \left(\frac{Vulp_{1991} + Vulp_{2000} + Vulp_{2010}}{3} \right) \tag{8}$$

Onde:

*Vulp*₁₉₉₁ = população vulnerável a pobreza em 1991 (porcentagem);

*Vulp*₂₀₀₀ = população vulnerável a pobreza em 2000 (porcentagem);

*Vulp*₂₀₁₀ = população vulnerável a pobreza em 2010 (porcentagem).

Índice de Anomalia de Chuva (muito chuvoso e extremamente chuvoso)

Alterações na precipitação pluvial provenientes de mudanças climáticas contribuem para o aumento significativo de eventos extremos de secas e chuvosos (MEDEIROS e ZANELLA, 2019, CEMADEN, 2022). Nesse sentido, a caracterização do comportamento de precipitação pluvial de uma determinada região pode ser analisada por meio do Índice de Anomalia de Chuva (IAC), capaz de realizar comparações do regime pluviométrico de um local a partir de série de dados históricos de chuva. O IAC pode ser calculado em escala de tempo semanal, mensal ou anual e necessita dos dados de precipitação pluvial. Foi utilizada a metodologia proposta por Rooy (1965) e adaptada por Araujo (2009), para determinar as anomalias positivas e negativas nos municípios paraibanos entre os anos de 1999 e 2019. Para anomalias positivas, foi utilizada a Equação 9.

$$IAC = 3 * \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right] \quad (9)$$

As anomalias negativas foram calculadas por meio da Equação 10:

$$IAC = -3 * \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right] \quad (10)$$

Onde:

N = precipitação observada do ano em que será gerado o IAC (mm);

\bar{N} = precipitação média anual da série histórica (mm);

\bar{M} = média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm); e,

\bar{X} = média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm).

A classificação dos valores encontrados para o IAC diferencia os valores de extremamente chuvoso a extremamente seco (Tabela 12).

Tabela 11: Classificação IAC em anos secos e chuvosos

Faixa do IAC	Classe de Intensidade
Acima de 4	Extremamente Chuvoso
2 e 4	Muito Chuvoso
0 a 2	Chuvoso
0 a -2	Seco
-2 e -4	Muito Seco
Abaixo de -4	Extremamente Seco

Fonte: Araújo et al. (2009)

Considerando o objetivo de compor índice de risco de impacto à cheias, nessa pesquisa

foram considerados a porcentagem dos índices de anomalia de chuva das classes extremamente chuvoso e muito chuvoso indentificados para os municípios da Paraíba no período de 20 anos analisados, conforme Equação 11.

$$IACC = \frac{IAC}{(2019 - 1999)} * 100 \quad (11)$$

Onde:

IACC = porcentagem do índice de Anomalia de Chuva extremamente chuvoso e muito chuvoso entre 1999 e 2019.

Ocorrência de desastres relacionados com chuvas

O registro de desastres relativos a chuvas como inundações, alagamentos, enxurradas e chuvas intensas representam eventos que têm potencial de causar impactos e danos materiais, humanos e ambientais indicando ameaça climática. O indicador de Ocorrência de Desastres relacionados com chuva (ODC) foi calculado por meio da Equação 12:

$$ODC = \left(\sum_{i=1991}^{2019} total_ocorrencias_desastres_i \right) / (2019 - 1991) \quad (12)$$

Onde:

$total_ocorrencias_desastres_i$ = Somatório da ocorrência de desastres de inundações, alagamentos, enxurradas e chuvas intensas para o ano de referência.

Os valores brutos de cada indicador para os respectivos municípios da Paraíba estão dispostos na Apêndice A.

Normalização

Diante da descrição dos indicadores verifica-se que os mesmos apresentam unidades diferentes, pois representam grandezas distintas. Sendo assim, é necessário organizar todos os indicadores em uma mesma ordem de grandeza, isto é, todos em uma mesma escala de valores.

Para tanto, a normalização pode ser empregada para organizar todos os valores na escala de 0 a 1, (por exemplo), de acordo com o efeito que os indicadores representam para o índice final, para eliminar a influência dimensional entre os indicadores (WU et al., 2022).

Tabela 12: Dimensão e efeito dos indicadores

Índice Final	Dimensão	Indicadores	Efeito
Índice de Risco de Impacto Climático a Cheias IRICC	Sensibilidade	DMT – Danos Materiais Totais	+
		SESG –População Urbana que Não Tinham Acesso a Rede de Esgoto ou Pluvial	+
	Capacidade de drenagem	COBVEG – Cobertura vegetal natural	-
		COBRED – Cobertura de Redes ou Canais Pluviais Subterrâneos na Área Urbana	-
	Capacidade socioeconômica da população	POPAD – População em Domicílios Permanentes com Condições Adequadas de Moradia	-
		PROSP – Prosperidade social	-
	Exposição	DHT- Danos humanos totais	+
		AURBD – Áreas Urbanas Densas	+
		COBPAV- Cobertura de Pavimentação e Meio-Fio	+
		VULP – População Vulnerável a Pobreza	+
	Ameaça Climática	IACC – Índice de Anomalia de Chuva muito chuvoso e extremamente chuvoso	+
		ODC – Ocorrência de desastres relacionados com chuva	+

Fonte: Autoria própria, 2023.

Os indicadores podem ser agrupados nas dimensões de sensibilidade, capacidade de drenagem, capacidade socioeconômica da população, exposição e ameaça climática, Tabela 13. Os indicadores de sensibilidade, exposição e ameaça climática têm efeitos positivo (+), ou seja, quanto maior o valor de tais indicadores maior o risco de impacto climático. Enquanto isso os indicadores de capacidade de drenagem e capacidade socioeconômica, têm efeito negativo(-), ou seja, quanto maior os valores desses indicadores menor é risco de impacto climático a cheias.

A normalização dos valores dos indicadores positivos foi realizada conforme Equação 13 e para os indicadores negativos foi calculada de acordo com Equação 14.

$$Y_{ij} = \frac{x_i - x_{min}}{x_{máx} - x_{min}} \quad (13)$$

$$Y_{ij} = \frac{x_{máx} - x_i}{x_{máx} - x_{min}} \quad (14)$$

Onde,

Y_{ij} = valor normalizado e valor de 0 a 1;

x_i = valor original do indicador;

$x_{máx}$ = valor máximo entre os respectivos valores para o indicador em análise de todos

municípios;

x_{min} = valor mínimo entre os respectivos valores para o indicador em análise de todos municípios

Os valores normalizados dos indicadores para cada município da Paraíba são apresentados no Apêndice B.

Entropia de Shannon

Após normalizar os valores dos indicadores foi aplicado o método de Entropia de Shannon (SHANNON, 1951) para determinar os pesos dos indicadores, de maneira semelhante ao utilizado nos trabalhos de Zhu et al.(2020), Sharifi et al. (2021), Akai (2021), Li et al. (2019), Arash e Ali (2016) e Malekian e Azarnivand (2016), Araujo et al. (2022). Nesse método, quanto maior o grau de variação do indicador, mais informações ele fornece. Dessa forma, o indicador que desempenhar uma avaliação integral maior, recebe um maior peso. A partir de uma abordagem multicritério, considerando os municípios como alternativas $m(a_1, a_2, \dots, a_m)$ e os indicadores como critérios (c_1, c_2, \dots, c_m) a matriz inicial é:

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

Onde, seus componentes a_{ij} denotam i cada alternativa os e j cada cada critério. O procedimento de cálculo da entropia segue os passos:

Passo 1: normalizar a matriz decisão, Equação 15.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}}, i = 1, 2, \dots, m \quad (15)$$

Passo 2: calcular a entropia, Equação 16.

$$e_j = -K \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij}, j = 1, 2, \dots, n \quad (16)$$

Onde, $k = 1/\ln m$.

Passo 3: calcular os pesos de cada critério, Equação 17

$$w_{ij} = \frac{1 - e_j}{\sum_{i=1}^n (1 - e_j)}, j = 1, 2, \dots, n. \quad (17)$$

Os pesos dos indicadores determinados pelo método são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13: Pesos dos indicadores de IRICC determinados por Entropia de Shannon

Índice Final	Dimensão	Indicadores	Peso
Índice de Risco de Impacto Climático a Cheias IRICC	Sensibilidade	DMT – Danos Materiais Totais	2,52%
		SESG – População Urbana que Não Tinham Acesso a Rede de Esgoto ou Pluvial	9,79%
	Capacidade de drenagem	COBVEG – Cobertura vegetal natural	9,72%
		COBRED – Cobertura de Redes ou Canais Pluviais Subterrâneos na Área Urbana	10,05%
	Capacidade socioeconômica da população	POPAD – População em Domicílios Permanentes com Condições Adequadas de Moradia	10,13%
		PROSP – Prosperidade social	10,01%
	Exposição	DHT- Danos humanos totais	5,16%
		AURBD – Áreas Urbanas Densas	5,34%
		COBPAV- Cobertura de Pavimentação e Meio-Fio	9,16%
		VULP – População Vulnerável a Pobreza	10,14%
	Ameaça Climática	IACC – Índice de Anomalia de Chuva muito chuvoso e extremamente chuvoso	9,21%
ODC – Ocorrência de desastres relacionados com chuva		8,76%	

Fonte: Autoria própria, 2023.

Vikor

A partir dos pesos obtidos para cada indicador, o método multicritério VIKOR foi utilizado para desenvolver um índice de classificação de risco de impacto a cheia nos municípios da Paraíba, de forma análoga aos trabalhos de Zhu et al.(2020), Akay et a. (2021), Arash e Ali (2016), Chae et al. (2022), Mitra e Das (2023), Araújo et al. (2022). O modelo de VIKOR é baseado em uma função de agregação de proximidade ao ideal com base no princípio de programação de compromisso (YU;1973), por meio dos seguintes passos de cálculo:

Passo 1: Determinar o maior f_i^* e o menor f_i^- de toda a função, $i = 1, 2, \dots, n$, Equação 18 e 19, respectivamente.

$$f_i^* = \max_j f_{ij} \quad (18)$$

$$f_i^- = \min_j f_{ij} \quad (19)$$

Onde:

f_i^* = valor máximo apresentado pelo indicador i dos conjunto de municípios analisados,
 f_i^- = valor mínimo do indicador i dos municípios da Paraíba,
 f_{ij} = valor do indicador i atribuído ao município j .

Passo 2: Calcular os valores S_j (é o grupo de utilidade máxima) e R_j (é o peso individual mínimo), $j=1,2,\dots,n$ nas relações, em que nas relações w_i são os pesos dos critérios obtidos pelo método da Entropia de Shannon, Equação 20 e 21.

$$S_j = \frac{\sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^{-1})} \quad (20)$$

$$R_j = \max_j \left[\frac{w_i (f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_{ij})} \right] \quad (21)$$

Onde:

w_i = peso estratégico (geralmente $v = 0,5$);
 f_i^* = valor máximo apresentado pelo indicador i dos conjunto de municípios analisados,
 f_i^- = valor mínimo do indicador i dos municípios da Paraíba,
 f_{ij} = valor do indicador i atribuído ao município j .

Passo 3: calcular os valores, Q_j $j = 1,2,\dots,j$, pela razão, onde $S^* = \min_j S_j$, é inserido $S^- = \max_j S_j$ e $R^* = \min_j R_j$, $R^- = \max_j R_j$, o valor de v é no geral utilizado como sendo $v = 0,5$, Equação 22.

$$Q_j = \frac{v(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)} + \frac{(1 - v) * (R_j - R^*)}{(R^- - R^*)} \quad (22)$$

Onde:

$v = 0,5$;
 Q_j = valor do índice final do município;
 S^- = maior grupo de máxima utilidade do conjunto de municípios;
 R_j = peso individual mínimo;
 R^* = menor peso individual mínimo;
 R^- = maior peso individual mínimo.

Após agregação dos valores por meio do método VIKOR com saída dos valores de índice de risco de impacto climático foi realizada uma análise de incerteza e sensibilidade para avaliar a robustez do indicador composto (para incluir ou excluir um indicador, a normalização, a influência da falta de dados, a escolha de pesos, o método de agrupamento). Dessa maneira, foram retirados indicadores cujos valores disponibilizados pelos bancos de dados apresentam mais incompletude de informações. Outro fator observado foi a precisão da informação disponibilizada, visto que algumas informações são declaradas pelos municípios, podendo haver equívoco pela falta de conhecimento técnico de quem informou, a exemplo foram os indicadores de: investimentos em rede de drenagem e esgotamento sanitário, prejuízos econômicos, instrumentos de monitoramento e presença de instituições de gestão de risco. Uma vez verificado que não havia necessidade de modificação de indicadores, foi realizada a espacialização em SIG, com auxílio do Qgis Versão 3.22.14. Os valores do IRICC para cada município estão apresentados no Apêndice C.

Em seguida foi realizada uma análise de sensibilidade para interpretação dos resultados obtidos, correlacionando com informações e indicadores elaborados por outros cientistas publicados em artigos de periódicos ou teses e dissertações disponíveis em repositórios, relatórios técnicos assim como também consultas em notícias divulgadas por mídias digitais.

3.1.11 Indicadores de risco de impacto climático a eventos compostos (secas e cheias)

O indicador de risco de impacto climático a cheias foi categorizado em cinco classes, apresentadas na Tabela 14. A determinação das classes foi realizada tomando como base na distribuição dos valores de IRICC encontrados para os municípios da Paraíba e os intervalos utilizados no IRICS.

Tabela 14: Classes do índice de risco de impacto climático a cheias (IRICC)

Intervalo	Classe	Reclassificação
0,339-0,448	Muito Baixo	1
0,448-0,515	Baixo	2
0,515-0,60	Médio	3
0,60-0,647	Alto	4
0,647-0,839	Muito Alto	5

Fonte: Autoria própria, 2023.

O indicador de risco de impacto climático a secas do AdaptaBrasil MCTI (2022), por sua vez é organizado em cinco classes distribuídas conforme Tabela 15.

Tabela 15: Classes do índice de risco de impacto à seca (IRICS)

Intervalo	Classe	Reclassificação
0,00-0,19	Muito Baixo	1
0,20-0,39	Baixo	2
0,40-0,59	Médio	3
0,60-0,79	Alto	4
0,80-1,00	Muito Alto	5

Fonte: Autoria própria, 2023.

As classes dos dois índices em análise foram reclassificadas de 1 a 5 conforme apresentado nas Tabelas 13 e 14, em seguida uma tabulação cruzada foi realizada de acordo com a Figura 15.

Figura 15: Tabulação cruzada dos IRICS E IRICC para elaboração do mapa de suscetibilidade a eventos extremos compostos na Paraíba.

		RISCO DE IMPACTO CLIMÁTICO A SECA					SUSCETIBILIDADE A EVENTOS EXTREMOS COMPOSTOS	
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto		
RISCO DE IMPACTO CLIMÁTICO A CHEIAS	Muito Baixo	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	Baixa
	Baixo	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	Moderada
	Médio	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	Severa
	Alto	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	Excepcional
	Muito Alto	5	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	

Fonte: Autoria própria, 2023.

3.2 Etapa 3: Capacidade Adaptativa em Campina Grande

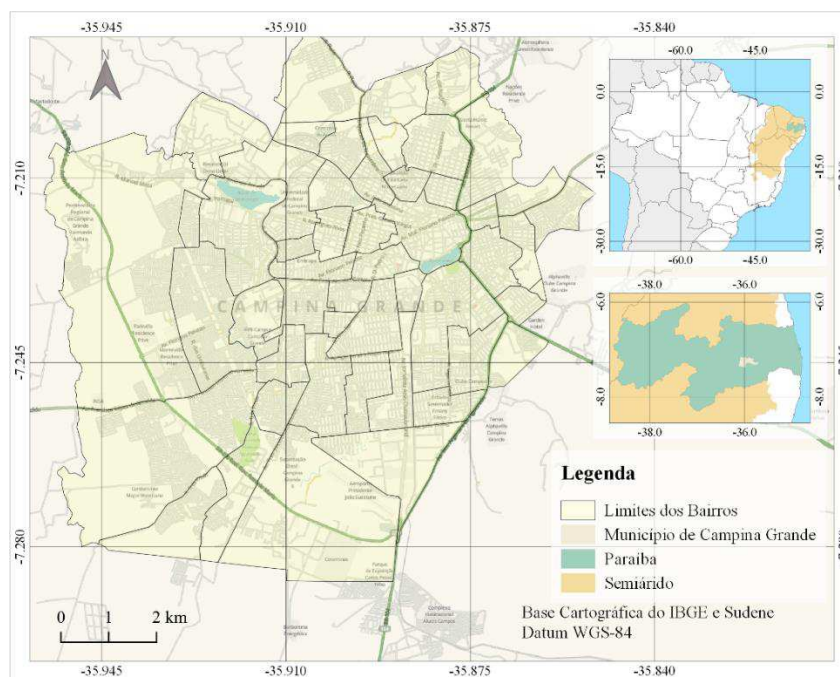
Uma vez estabelecida uma metodologia para identificação da susceptibilidade a eventos extremos compostos em nível municipal, propõe-se uma análise na escala urbana, de forma a permitir a identificação de áreas com maior capacidade adaptativa ante a exposição a ambos os eventos. Para a obtenção da medida de capacidade adaptativa a eventos extremos fez-se o uso de análises espaciais dentro de duas abordagens principais: i) a suscetibilidade a eventos extremos e ii) índice de vulnerabilidade social. As análises foram realizadas paralelamente e em seguida sobrepostas com o objetivo de espacializar a capacidade adaptativa a eventos extremos para um estudo de caso na cidade de Campina Grande-PB. Nesse momento, a suscetibilidade a eventos extremos foi baseada em um modelo de risco ao desabastecimento

de água (CORDÃO, et al., 2020) e de suscetibilidade a inundação (ALVES et al., 2018), previamente validados para a área de estudo. O índice de vulnerabilidade social, por sua vez, utilizou dados censitários (IBGE, 2010).

3.2.1 A área de estudo: Campina Grande

A cidade de Campina Grande está localizada no interior do estado da Paraíba, situado na região Nordeste do Brasil, Figura 16. A cidade está inserida no agreste paraibano, uma zona de transição entre zona da mata e sertão, situada no Planalto da Borborema a altitudes entre 337 m e 665 m acima do nível do mar, pluviometria média anual de 850,5 mm (Lima et al.; 2017) com temperatura média de 23,3 °C, mínima variando em torno de 18,4 °C e máxima em torno de 30,9 °C, todos esses fatores contribuem para um clima mais ameno (Medeiros; et al., 2011).

Figura 16: Localização de Campina Grande



Fonte: Autoria própria (2021).

Dentro da classificação de hierarquia urbana do Brasil, Campina Grande é considerada como uma capital regional B (IBGE, 2020). De acordo com o Relatório de Regiões de Influência das Cidades – REGIC (IBGE, 2020), as capitais regionais subdividem-se em A, B e C, estão em segundo nível na gestão territorial do país, depois das metrópoles, e são assim classificadas por exercerem influência tanto nas cidades situadas no seu estado quanto cidades situadas em estados próximos. Dessa maneira, Campina Grande é a única capital regional B situada no interior do Nordeste, exercendo a função de segunda cidade mais importante da

Paraíba, destaca-se na rede urbana regional enquanto um polo de serviços, educação, saúde, comércio e industrial (ARAÚJO, 2016; NASCIMENTO, 2019).

Quanto ao abastecimento, Campina Grande, tem sido abastecida ao longo dos anos pelo Reservatório Eptácio Pessoa, conhecido como Boqueirão (município homônimo em que está situada a barragem), situado a 40 km, tem uma capacidade máxima de 411,69 milhões de m³, fornecendo água para mais 26 municípios (AESA, 2019).

Mediante o longo período de estiagem vivenciado no Nordeste, entre 2010 e 2017, diversas medidas de racionamento de água foram adotadas, porém o reservatório chegou aos menores valores de volume de água acumulada em sua história, aproximadamente 12 hm³ (2,9%) em março de 2017, o que tornou a utilização das vazões provenientes do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) mais urgentes (GONDIM et. al., 2017). O abastecimento por meio do PISF permaneceu ativo entre março de 2017 até março de 2018, quando houve a paralização da operação do Eixo Leste para finalização de obras de recuperação em reservatórios próximos (BRASIL, 2018).

Vale ressaltar que a suscetibilidade ao desabastecimento é um problema recorrente na história da cidade (DUARTE, et al.2018), se evidencia tanto por questões operacionais, demográficas ou técnicas (CORDÃO et al, 2020) quanto por questões sociais e econômicas que definem a capacidade individual domiciliar de reservação (DEL GRANDE et al. 2016). Além disso, as fragilidades na gestão dos recursos hídricos integrados ao planejamento urbano também se repercutem no período de chuvas. Inundações e enchentes são eventos frequentes em Campina Grande, que causam impactos econômicos, ambientais e sociais (SANTOS; CARVALHO, 2017; ALVES et al., 2018; DANTAS, et al., 2015). Em outras palavras, a cidade possui parte de sua população exposta a dois eventos extremos que repercutem em diversos impactos.

3.2.2 *Overlay de modelos de suscetibilidade*

O processo metodológico para a obtenção da medida de capacidade adaptativa a eventos extremos, foi realizado por meio de análises espaciais em duas abordagens principais: i) a suscetibilidade a eventos extremos e ii) índice de vulnerabilidade social. As análises foram realizadas paralelamente e posteriormente sobrepostas com o intuito de gerar a espacialização da capacidade adaptativa a eventos extremos para o estudo de caso. A suscetibilidade a eventos extremos é baseada em modelos previamente publicados (Cordão et al., 2020; Alves et al., 2018). Por sua vez, o índice de vulnerabilidade social utilizou dados censitários (IBGE, 2010)

A visão geral dos procedimentos metodológicos desenvolvidos está ilustrada na Figura 7.

Suscetibilidade a eventos extremos

O modelo de risco de desabastecimento de água (Cordão et al, 2020) foi desenvolvido a partir de técnicas de análise multicritério, utilizando o método AHP (Figura 17), é importante para representar o risco de impacto à seca em virtude do desabastecimento ser um dos efeitos mais graves do aumento da severidade da seca em áreas urbanas, como é o caso em estudo. O modelo enfatiza que a escassez hídrica urbana está intimamente associada, não somente a questões climáticas, mas também a questões de ordem hidráulica, de infraestrutura e social. O modelo foi gerado para todo o limite urbano da área de estudo.

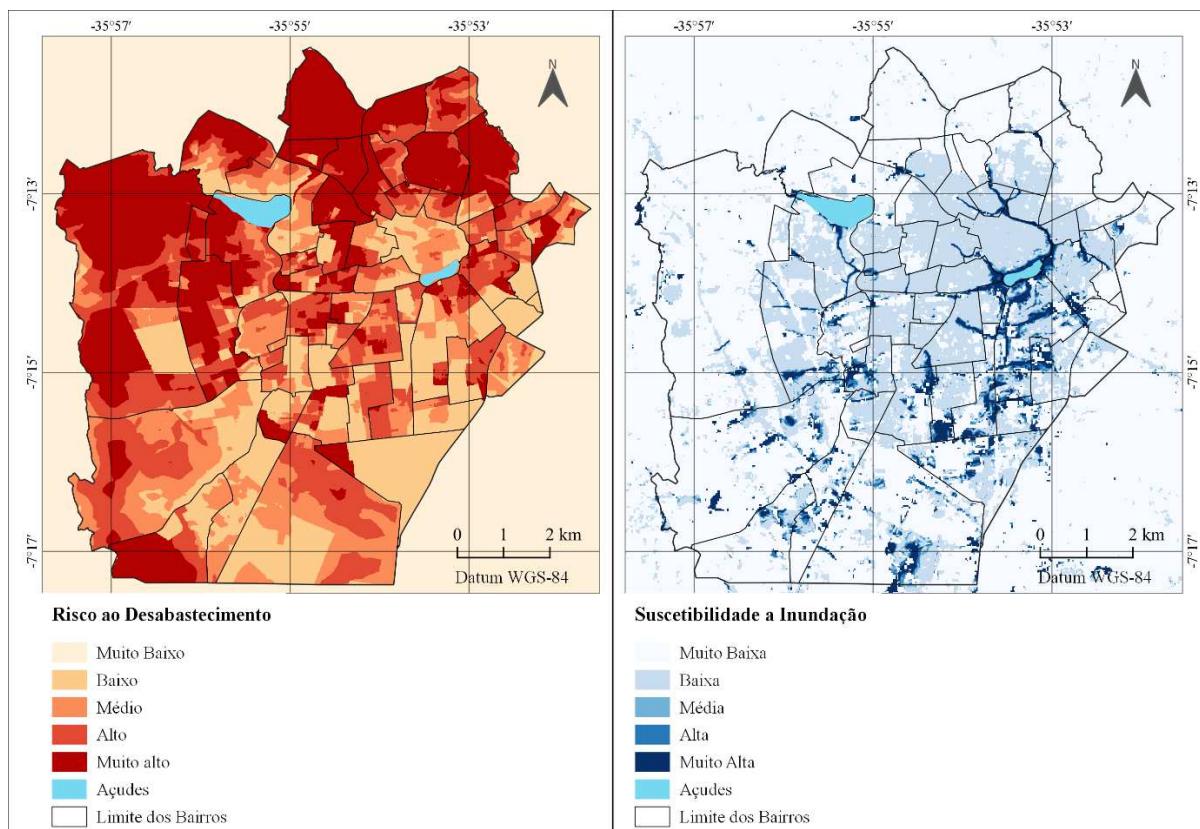
O modelo de suscetibilidade a inundações (ALVES et al., 2018), por sua vez, foi elaborado tomando como base os conceitos de lógica difusa para o desenvolvimento de análise multicriterial (Figura 17). Enquanto critérios, considerou-se que quanto menor a altitude maior é a suscetibilidade para alagamentos.

Além disso, quanto maior a distância aos corpos d'água, quanto maior a presença de infraestrutura de drenagem e quanto maior o declive ou a inclinação menor é a suscetibilidade. Vale ressaltar que nesta análise, a partir de cinco graus a inclinação deixa de influenciar no resultado final, visto que inclinações muito elevadas não permitem facilmente o acúmulo da água. O uso do solo (ocupação) também foi considerado como elemento de restrição, uma vez que o impacto é maior onde há ocupação. Nesse caso, somente as áreas impermeáveis suscetíveis à inundações foram contabilizadas (ALVES et al., 2018).

A sobreposição e álgebra de mapas foi realizada a partir do uso da linguagem de programação R, a qual é utilizada para analisar estatisticamente dados experimentais (TEAM, et. al., 2013).

O objetivo principal da sobreposição dos modelos de Cordão et al. (2020) e Alves et al. (2018) foi a identificação de áreas em que, em ambos os modelos houvesse alta suscetibilidade a eventos extremos. Considera-se assim a combinação de situações de alta exposição e risco a secas e cheias, um indicador inicial de áreas em que a resiliência tem sido uma necessidade constante.

Figura 17: Modelos de risco ao desabastecimento de água e suscetibilidade a inundação



Fonte: Adaptado de Cordão et al. (2020) e Alves et al. (2018).

Uma reamostragem de ambos os modelos foi realizada de forma a permitir uma álgebra de mapas com modelos de mesma resolução espacial. Em seguida, os modelos foram submetidos a um processo de reclassificação para uma padronização do número de classes, permitindo uma tabulação cruzada mais eficiente entre os dois modelos. Neste caso, quatro classes foram estabelecidas, atribuindo-se valores numéricos e qualitativos (valor “0” refere-se à categoria “muito baixa” e valor “4” à categoria “muito alta”).

O conceito de tabulação cruzada de dados (PONTIUS Jr, 2006) foi utilizado para permitir a sobreposição dos dois modelos envolvidos, considerando as áreas classificadas como de maior risco (seja ao alagamento, seja ao desabastecimento de água), de acordo com a modelagem original proposta por Alves et al. (2018) e Cordão et al. (2020). Assim, áreas que possuem concomitantemente altos valores de suscetibilidade a inundação e de risco de desabastecimento de água foram consideradas como crítica suscetibilidade a eventos extremos compostos (SEEC).

A tabulação cruzada resultou na matriz 5x5 ilustrada na Figura 20, em que o número inteiro se refere ao risco de desabastecimento de água e sua fração decimal refere-se à

susceptibilidade à inundação. Por exemplo, o valor de 2,3 representa uma área que possui médio risco ao desabastecimento de água e alta susceptibilidade a inundação. Neste estudo, foram consideradas apenas as áreas de suscetibilidade críticas classificadas em três categorias: crítica moderada, crítica severa e crítica excepcional, Figura 18.

Figura 18: Tabulação cruzada para a elaboração do mapa de suscetibilidade a eventos extremos composto – SEEC

		MODELO DE SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÃO - MSI						
		Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto		
RISCO AO DESABASTECIMENTO DE ÁGUA - RDA	Muito Baixo	0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	
	Baixo	1	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	
	Médio	2	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	→ Crítica Moderada
	Alto	3	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	→ Crítica Severa
	Muito Alto	4	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	→ Crítica Excepcional
								■ Não avaliado

Fonte: Autoria própria (2021).

3.2.3 Índice de Vulnerabilidade Social

Para uma validação da modelagem, propõe-se um confronto das áreas indicadas como mais suscetíveis a eventos compostos e um mapeamento da vulnerabilidade social. O propósito seria investigar se as áreas mais suscetíveis também são as mais vulneráveis socialmente.

Existe uma variedade de índices de vulnerabilidade social na perspectiva da análise desta condição como elemento potencializador dos impactos causados pelos eventos extremos. Apesar de serem diferentes entre si, a similaridade entre eles está no uso de dados censitários para compor subindicadores que caracterizam os aspectos socioeconômicos, demográficos, urbanísticos e de saneamento (DOMINGUEZ et al., 2021; SALAM et al., 2021; SANTOS, 2015; LIMA; BONETTI, 2018; SANTOS et al., 2017).

No Brasil, uma referência importante a ser considerada é o Índice de Vulnerabilidade Social desenvolvido pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2015) para os municípios brasileiros com base em informações de pesquisas censitárias do IBGE: Censo Demográfico de 2000 e 2010 e a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD). O IVS reúne 16 indicadores agrupados em 3 dimensões de análise: IVS Infraestrutura Urbana; IVS Capital Humano; e IVS Renda e Trabalho; as quais são compostas por indicadores. Este

estudo desenvolveu uma adaptação simplificada do IVS (IPEA, 2015) que pode ser observada na Tabela 16.

Tabela 16: Indicador de Vulnerabilidade Social – IVS

Indicador	Variável (IBGE-2010)	Peso
Econômico (IEC)	Domicílios com renda per capita de até 1/2 salário	0,25
	Domicílios improvisados	
	Domicílios cujos moradores não são os proprietários	
Social (ISC)	Pessoas com 5 anos ou mais analfabetas	0,25
	Número de crianças	
	Número de idosos	
Demográfico (IDM)	Densidade Demográfica (hab/m ²)	0,25
	Domicílios com 5 moradores ou mais	
Saneamento e Infraestrutura Urbana (ISIU)	Domicílios particulares permanentes que não tem acesso a rede de água	0,25
	Domicílios com destino do lixo inadequado	
	Domicílios com esgotamento sanitário	
	Domicílios onde não existe bueiro /boca-de-lobo	
	Domicílios onde existe esgoto a céu aberto	
	Domicílios onde existe pavimentação	

Fonte: dados (IBGE, 2010), adaptação própria (2021).

Foram utilizadas as informações do último censo demográfico 2010 (IBGE, 2010) para a cidade de Campina Grande, na escala de setor censitário, com a finalidade de identificar as áreas nas quais a população tem maior dificuldade de lidar e se adaptar aos impactos de secas e cheias. Ressalta-se que a realidade atual do caso de estudo poderá ser melhor representada utilizando os dados da próxima publicação censitária, prevista para 2021.

A composição de cada indicador de vulnerabilidade social se deu por meio da média aritmética das variáveis analisadas. Conforme a composição do IVS (IPEA, 2015), os pesos dos indicadores são iguais (0,25) sob a consideração de que eles retratam uma situação ou uma condição equivalente de vulnerabilidade social, independentemente de sua variância ou da correlação entre eles. A partir de então obteve-se um IVS com valores variando de 0 a 1, espacializados em cinco classes: 0 a 0,4 - baixa, 0,4 a 0,5 – moderada, 0,6 a 0,7 – alta, 0,7 a 0,8 - muito alta, 0,8 a 1 – crítica.

3.2.4 Uma análise especializada da capacidade adaptativa

Com base nos conceitos apresentados, quando a vulnerabilidade social é alta haverá uma baixa capacidade adaptativa, além disso a capacidade adaptativa contribui para reduzir os níveis de exposição e suscetibilidade, que por sua vez diminuem a vulnerabilidade (Thomas et al., 2019). Partindo desses pressupostos, o mapeamento da capacidade adaptativa a eventos extremos para a cidade de Campina Grande foi proposto com base na sobreposição do IVS e

das áreas de SEEC através de tabulação cruzada de mapas, Figura 19.

Figura 19: Tabulação cruzada para a elaboração do mapa de capacidade adaptativa a eventos extremos compostos.

		SEEC				Capacidade Adaptativa	
		Não Avaliadas	Moderada	Severa	Excepcional		
IVS		1	2	3	4		
	Baixa	1	1,1	1,2	1,3	1,4	Muito Alta
	Moderada	2	2,1	2,2	2,3	2,4	Alta
	Alta	3	3,1	3,2	3,3	3,4	Moderada
	Muito Alta	4	4,1	4,2	4,3	4,4	Baixa
Crítica	5	5,1	5,2	5,3	5,4	Muito Baixa	
		Não Avaliada					

Fonte: Autoria própria (2021).

Para tanto, foram consideradas a presença de pelo menos uma das classes de suscetibilidade crítica frente a variação do índice de vulnerabilidade. Dessa maneira, a presença de pelo menos uma das classes de suscetibilidade crítica e simultaneamente uma baixa vulnerabilidade social indicam, por exemplo, uma capacidade adaptativa “muito alta”, enquanto que para uma vulnerabilidade social crítica, a capacidade adaptativa é “muito baixa”. Os valores dos pixels do mapa de suscetibilidade crítica foram reclassificados: moderada receberam valor 2, severa receberam valor 3, excepcional receberam 4. De maneira similar, as cinco classes do mapa do IVS foram reclassificadas, recebendo valores de 1 a 5, sendo 1 como baixa e 5 como crítica, gerando assim uma matriz 4x5 apresentada na Figura 19.

Após a espacialização são apresentadas propostas de ações mitigadoras para curto, médio e longo prazo de acordo, sob a perspectiva de que diminuindo as suscetibilidades, contribui para a melhoria da capacidade adaptativa e logo da resiliência aos eventos extremos em estudo.

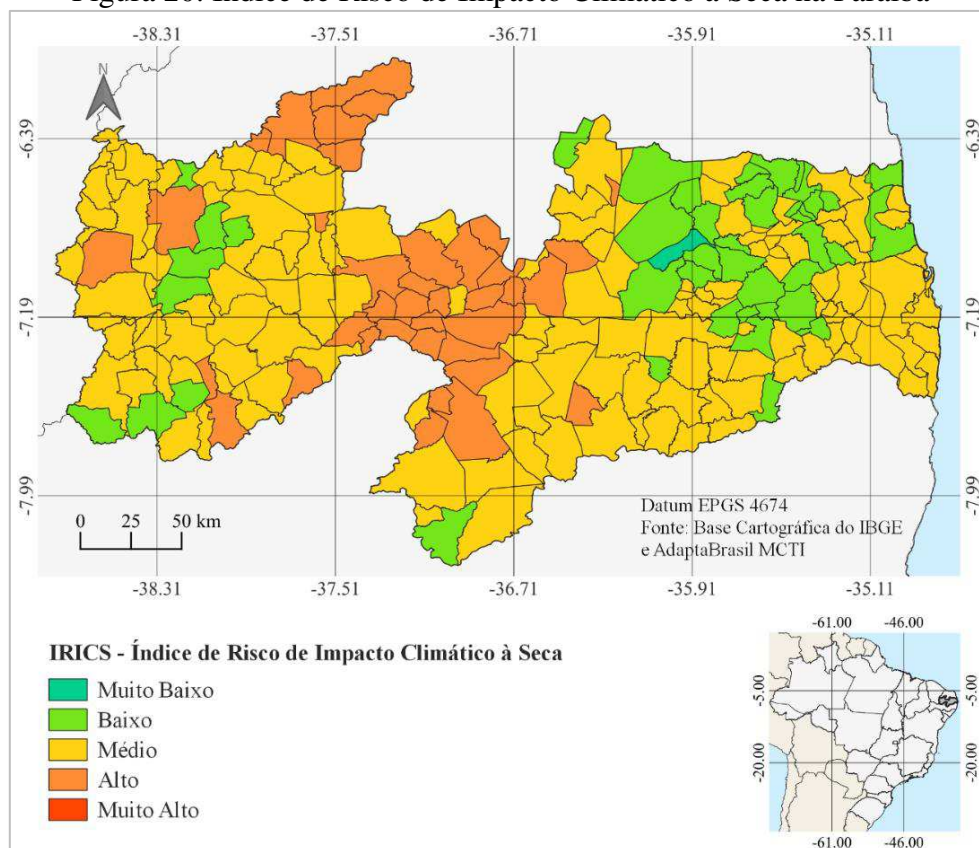
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os eventos extremos compostos de secas e cheias são enfrentados no Brasil em diferentes regiões, inclusive no Nordeste, e mais especificamente no estado da Paraíba, área de estudo dessa pesquisa. Nessa sessão serão apresentadas as análises espaciais referentes aos índices de risco de impacto climático à secas (MCTI, 2022) e a cheias.

4.1 Risco de Impacto Climático à Secas

De acordo com o Monitor de Secas, a Paraíba é um dos estados mais afetados na região pela ocorrência de seca, conforme dados do Monitor de Secas entre 2012 e 2018 (BRITO et al., 2021). Uma das ferramentas importantes para o monitoramento e avaliação da probabilidade e intensidade de ocorrência de secas no Brasil é o Índice de Risco de Impacto Climático a Seca - IRICS da plataforma AdaptaBrasil MCTI. Para o estado da Paraíba o IRICS varia entre classes de muito baixo a alto, Figura 20.

Figura 20: Índice de Risco de Impacto Climático à Seca na Paraíba



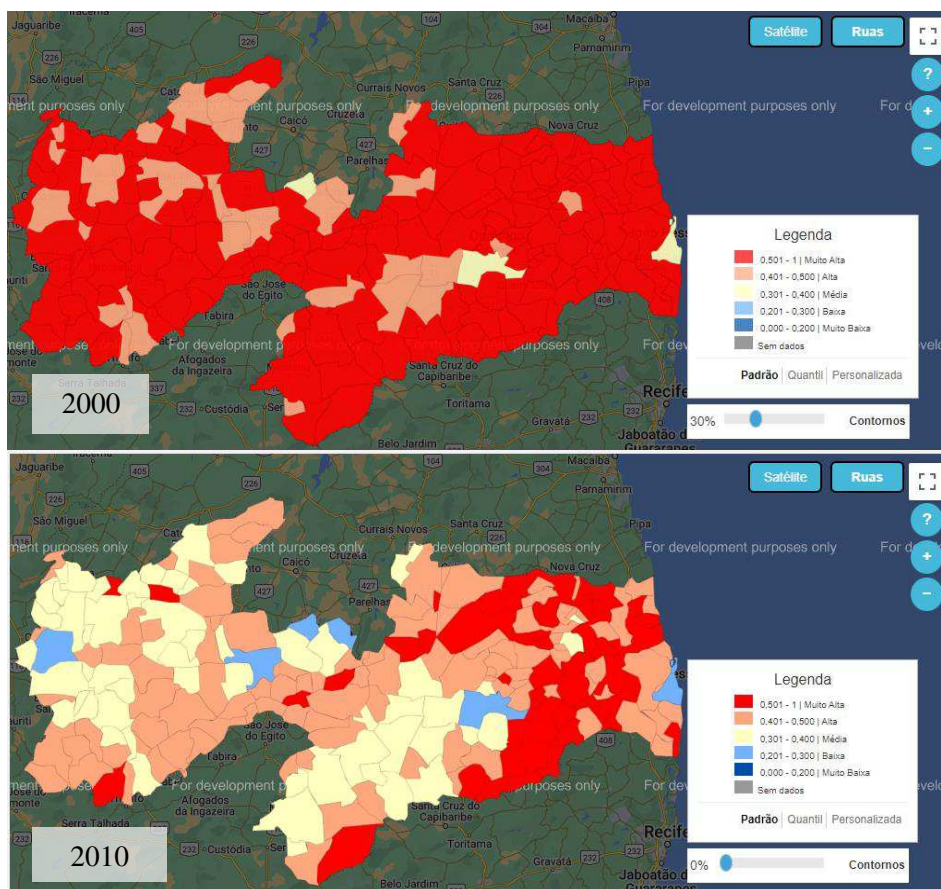
Fonte: Adapta Brasil, 2022, adaptação gráfica dos autores.

Analisando espacialmente o IRICS, verifica-se que há uma aumento do risco a seca a medida que o efeito da continentalidade atua do Litoral para o interior do estado, de maneira

semelhante ao que acontece no sentido inverso para quantidade chuvas, notadamente caracterizada pela concentração de risco maior em municípios localizados entre as regiões do Cariri e Sertão (Figura 15) ambas com menores índices pluviométricos anuais registrados, com regime de chuvas extremamente variável e a curta estação chuvosa, dura cerca de três a quatro meses (SILVA, et al. 2022). Além disso, são regiões que apresentam baixos indicadores socioeconômicos como o desenvolvimento humano, renda domiciliar per capita, produto interno bruto e altos valores de desigualdade social (FARIAS, 2015). Dentro dessa região estão municípios como São José do Sabugi, Livramento e Prata.

Ao consultar o IVS para os municípios do estado da Paraíba, referentes aos anos de 2000 e 2010, verifica-se que a vulnerabilidade social de muitos municípios diminuiu saindo da concentração de muito alta no ano de 2000 em quase todo o estado para uma concentração em média, alta e muito alta, Figura 21. Nessa pesquisa o IVS (IPEA, 2015) foi utilizado como referência para elaboração de um índice de vulnerabilidade social simplificado intramunicipal para a cidade de Campina Grande.

Figura 21: IVS para os municípios da Paraíba – 2000 e 2010



Fonte: IPEA, 2015.

A porcentagem de população no estado da Paraíba vulnerável a pobreza é alta, diminuiu

de 53,65% em 2010, para 46,62% em 2021, porém ainda representa uma alta parcela da população. A escala nacional, esses valores passaram de 32,56% em 2010 para 28,76% em 2021, o que evidencia uma maior vulnerabilidade a pobreza para a população paraibana frente ao contexto do país.

Em São José do Sabugi, a análise dos indicadores do IRICS mostra que dentre as dimensões de exposição, ameaça climática e vulnerabilidade, essa última foi a que apresentou classe mais alta. Dentro dessa dimensão, vale destacar uma capacidade de armazenamento e distribuição dos recursos hídricos para abastecimento considerando situações de seca muito baixa, baixa capacidade socioeconômica familiar. De maneira semelhante, em Livramento, a dimensão de vulnerabilidade foi a que indicou para uma maior sensibilidade à seca principalmente quanto à limitação de acesso e perdas de água no sistema de abastecimento público distribuição e ao isolamento da população residente em relação às estradas e corpos hídricos.

O município de Prata, por sua vez, também apresentou vulnerabilidade alta, com destaque para os indicadores de risco a saúde, que reflete sobre ocorrência de doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado e a qualidade de água para usos múltiplos, e na sensibilidade à seca, com baixo balanço hídrico quantitativo superficial considerando o saldo de oferta/demanda para situações de seca. Prata está localizado na região geográfica imediata de Monteiro. A região teve a pluviometria entre 1990 a 2020 analisada comparativamente por diversos índices para identificar períodos secos e chuvosos por Nascimento e Medeiros (2023), os autores identificaram a predominância de períodos de secos severos, sendo que ao padronizar para a escala anual, observaram que nos cinco primeiros meses do ano, aconteceram aproximadamente 78% das precipitações, os sete meses restantes estiveram no período seco, apresentando 22% das chuvas no ano, apresentando muita escassez de precipitações pluviométricas na região, de aproximadamente em 32 mm.

Outra informação importante diz respeito à cidade de Monteiro. Há presença de conflitos sociambientais pelo uso da água proveniente do canal de transposição do Rio São Francisco que chega ao estado da Paraíba no referido município, gerando diversos impactos sociais e ambientais que levam para discussões relativas ao projeto de transposição e repercute a lógica do combate à seca, visto que o uso da água do rio é destinado para o abastecimento de açudes colapsados e que não sobreviveram durante o período de estiagem. Em paralelo há famílias que precisam do recurso e continuam comprando água para consumo humano (SILVA et al., 2020a).

Nessa área limite entre o Cariri e o Sertão somente o município de Areia de Baraúnas apresentou classe de médio risco. Analisando a composição das dimensões do índice, foi observado que o município apresentou menor vulnerabilidade a seca do que quando comparado aos municípios vizinhos, essa menor vulnerabilidade foi diminuída com maior indicador de capacidade adaptativa, cabendo destacar a adoção de programas de prevenção de impactos, nível de implementação e articulação do plano municipal de saneamento básico, e armazenamento e reservação.

De acordo com informações do Relatório de Produto C - Diagnóstico técnico-participativo do Plano Municipal de Saneamento Básico (FUNASA, 2022), quando questionada sobre as fontes de abastecimento de água, 83% responderam que utilizam a rede pública como principal acesso à água, 11% respondeu que usa água de chuva, 6% afirmou utilizar carro-pipa, 6% de açude e 6% tanque de pedra. Vale destacar que 94% da população da área urbana respondeu que não há necessidade de deslocamento para buscar água. No tocante as formas de armazenamento de água, 72% dos munícipes disseram armazenar em cisterna, 56% armazenam em caixa d'água, 44% em galões e 4% em baldes.

Na região do Alto Sertão, os municípios de Sousa e Cajazeiras destacam-se com alto risco de impacto à seca. Ambos são polos regionais, com centros urbanos, com maior densidade demográfica do que os municípios vizinhos. No caso de Sousa isso pode ser observado no indicador de oferta e de demanda dos recursos hídricos, com valor alto para situações de seca, dentre seus componentes, o indicador de usos consultivos é o que está com classe muito alta, indicando para uma sensibilidade muito alta das demandas hídricas para múltiplos usos de água em benefício humano.

Em Cajazeiras é evidente na dimensão de vulnerabilidade uma capacidade de armazenamento muito baixa, representando nível de articulação pública e segurança hídrica mínima da população em situações de seca associada a uma mínima capacidade de armazenamento e reservação de água para uso potencial em situações de escassez do recurso hídrico. Vale ressaltar que Sousa é uma das cidades mais industrializadas da Paraíba, com aproximadamente 164 indústrias, das quais se destacam as empresas de laticínios (ARAÚJO; CABRAL NETO, 2020). Cajazeiras por sua vez, é um polo regional se destacando na oferta de serviços educacionais e comércio (RAMOS, 2019).

Na classe de médio risco destacam-se os maiores centros urbanos do estado: Campina Grande e João Pessoa, situadas nas regiões do Agreste e Litoral, respectivamente, são regiões que apresentam maior pluviosidade quando comparadas a regiões do Cariri, Sertão e Alto

Sertão. Ambas são impactadas em períodos de estiagem e seca, isso pode ser observado em situações de desabastecimento e racionamento relatados na literatura e mídias locais (DUARTE, et al. 2018; CORDÃO et al, 2020; DEL GRANDE et al. 2016; FOLHAPATOENSE, 2020; G1, 2017; 2019; 2022; LENILDO FERREIRA, 2016). Porém diferentemente dos municípios de menor porte, como os que estão situados no Cariri, os indicadores que têm maior risco de impacto à seca não estão associados de maneira prioritária à dimensão de vulnerabilidade e sim a exposição, mais especificamente à densidade populacional.

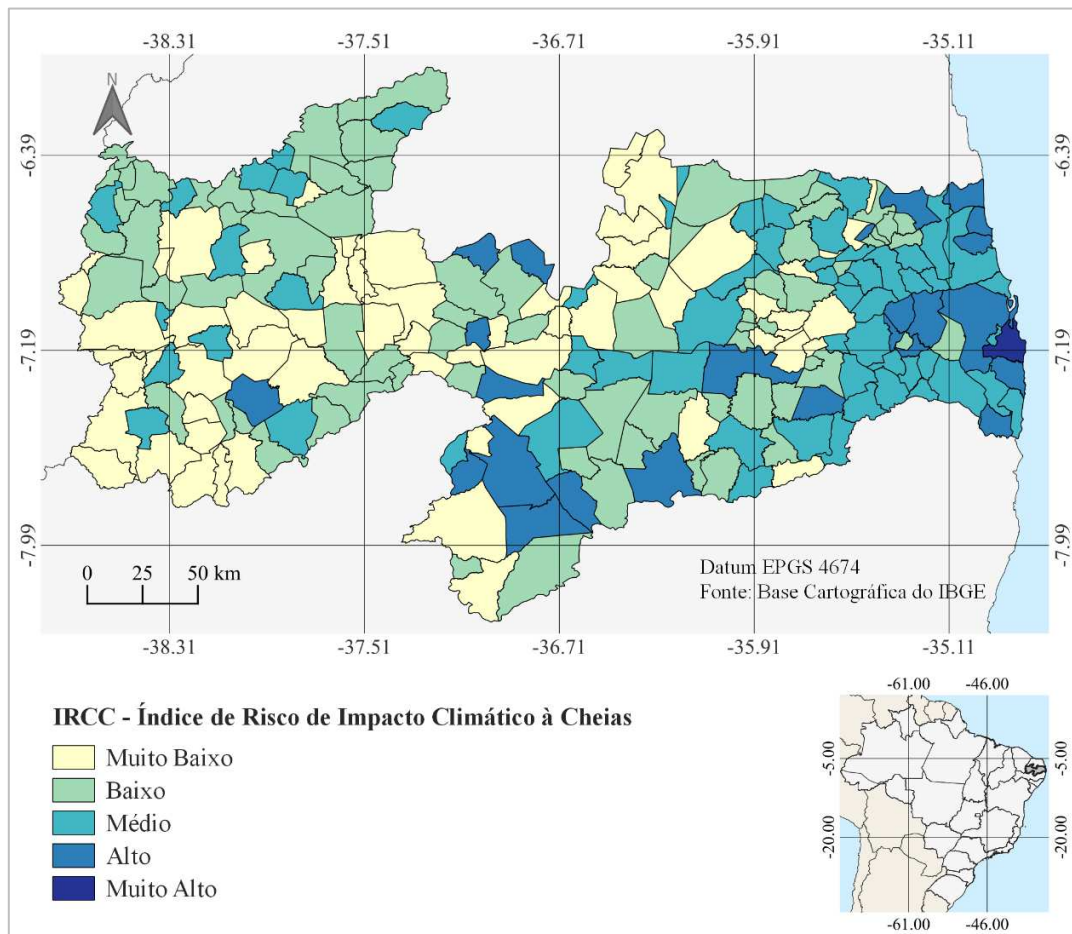
Os municípios classificados com baixo risco de impacto à seca estão concentrados na região de Brejo, Agreste e Litoral. O único município do estado que apresentou risco muito baixo foi Algodão de Jandaíra, situado na região do Brejo, enquanto que os municípios vizinhos apresentaram classificação de baixo risco. Um fator que pode contribuir para esse indicador baixo é a própria localização dos municípios, pois brejos no semiárido brasileiro são zonas fisiográficas de clima úmido, são Refúgios Florestais Úmidos ou Brejos de Altitude (relevo), Exposição (massas de ar) e Posição (sopé de serra) (MARQUES, et al., 2014). No caso do município de Algodão de Jandaíra, o que pode estar contribuindo para diminuir o risco relativamente aos seus vizinhos, é a baixa densidade populacional. A pequena população de 2953 habitantes, associada à presença de um reservatório, o Açude do Algodão, com capacidade 1.025.425 m³, principal fonte de abastecimento, e a perfuração de poços devido a um potencial hidrogeológico existente na região representada pela quantidade de locais propensos à captação de águas subterrâneas (SANTOS FILHO, et al. 2018).

4.2 Risco de Impacto Climático à Cheias

Os eventos relativos a ocorrência de inundações, alagamentos, enxurradas estão associados à temporada de chuvas e à precipitações acima da média, que geralmente ocorrem entre os meses de março a julho (SILVA et al., 2022). Conforme apresentado ao longo do trabalho, a análise do risco de impacto às cheias foi realizada a partir da construção de um índice composto, o IRICS, formado por 12 indicadores.

Diferentemente da análise espacial do IRICS, no caso do IRICC o aumento do risco de impacto climático cresce no sentido interior - litoral. A região costeira e as áreas baixas do estado são particularmente suscetíveis a inundações, devido à sua localização geográfica e ao fato de que muitas vezes são áreas urbanas densamente povoadas, Figura 22.

Figura 22: Índice de Risco de Impacto Climático à Cheias na Paraíba



Fonte: A autoria própria, 2023.

Os cenários de projeção de risco de inundação na Paraíba indicam tendência de aumento de riscos de inundação principalmente para os municípios mais próximo do litoral, assim como há uma tendência de aumento dos riscos em municípios localizados a oeste do estado, sobretudo quando há influência de fatores bioclimáticos. Além disso também há cenários em que muitas bacias hidrográficas do estado atingiram risco crítico a inundação, enquanto que em outras apesar da diminuição dos riscos de inundação, há uma forte pressão antrópica e atuação preponderante do aquecimento global (RAMOS FILHO, 2022).

É possível observar que nas regiões do cariri, sertão e alto sertão há uma concentração de classes de risco muito baixa e baixa, como é o caso dos centros urbanos de Cajazeiras e Sousa. Os indicadores desses municípios (Apêndice B), revelam que, embora tenham áreas urbanas mais densas do que os municípios vizinhos e, média ocorrência de desastres, eles também disponibilizam indicadores como conservação de cobertura vegetal natural mais conservada, menor quantidade de população urbana sem acesso a esgotamento sanitário,

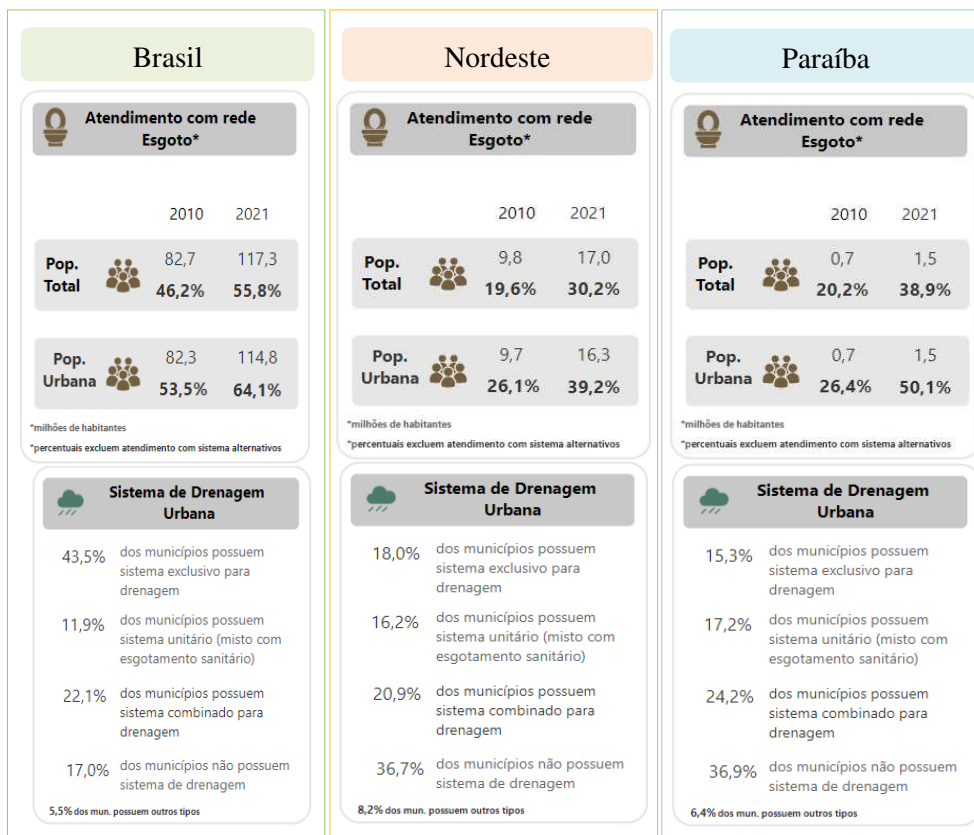
melhores classes de prosperidade social, baixa vulnerabilidade social e menores danos humanos que contribuem para diminuir o risco de impacto às cheias.

No município de Cajazeiras, as inundações e alagamentos são reflexo de deficiência na gestão do manejo de águas pluviais, de modo que o sistema de drenagem é incapaz de permitir o escoamento adequado em períodos de chuvas fortes e intensas, além disso há também disposição incorreta de resíduos sólidos, o que compromete os canais de drenagem e dificultam ainda mais o escoamento das águas (SOUZA; SOUZA, 2023).

No tocante ao atendimento com rede de esgoto, 50,1% da população urbana do estado da Paraíba é atendida pelo serviço, se sobressaindo em relação a realidade regional, cuja porcentagem para o Nordeste é de apenas 39,2%, mas ainda inferior a porcentagem nacional de 64,1% (BRASIL,2021). Em relação à cobertura de serviços de drenagem urbana, verifica-se que há uma carência muito grande na disponibilização de sistema único de drenagem, apenas 15,3% dos municípios do estado possuem esse serviço, frente a uma grande quantidade de municípios que não têm nenhum tipo de sistema de drenagem, com uma porcentagem de 36% do total. Esses números são próximo do observado para a região Nordeste e inferiores para os que representam no âmbito nacional (Figura 23) evidenciando a necessidade de investimentos e melhorias no setor.

No alto sertão, somente o município de Santana dos Garrotes apresentou classe de alto risco. Os indicadores desse municípios mostram que embora não se tenha tantos registros de ocorrência e de danos como em municípios localizados mais próximo ao litoral, é um município com índice de anomalia de chuvas alto, com alta vulnerabilidade social, baixa quantidade de população em moradia adequada, baixa cobertura de rede pluvial e muita população sem acesso a rede de esgotamento sanitário, configurando um contexto de maior vulnerabilidade para os riscos de impacto climático a cheias. Acerca disso, recentemente, em 2020 e 2021, a mídia local divulgou alertas do IMMET de riscos de alagamentos, deslizamentos de encostas e transbordamentos de rios em municípios da Paraíba, dentre os quais Santana dos Garrotes faz parte (PORTAL CORREIO, 2020, 2021).

Figura 23: Atendimento de rede de esgoto e sistema de drenagem urbana no Brasil, Nordeste e Paraíba no ano de 2021.



Fonte: SNIS, 2021.

Os municípios de Prata, Livramento e São José do Sabugi apresentaram risco alto e estão situados na região de fronteira entre o Sertão e o Cariri. Esses municípios tiveram alta ocorrência de desastres relacionados a chuvas, alto e muito alto percentual no índice de anomalia de chuva extrema e muito extrema, alto e muito alto percentual de população vulnerável à pobreza. A exemplo disso, avaliando os eventos hidrometeorológicos no semiárido entre 2003 e 2017, Timotheo (2019) concluiu que em São José do Sabugi chuvas isoladas e intensas entre 72h foram suficientes para representar a precipitação acumulada de um mês inteiro e contribuíram para deflagrar estado de calamidade pública no município no ano de 2004.

No município de Prata, Pereira (2022) analisou os fatores que poderiam influenciar na dinâmica fluvial do Riacho Acauã. A partir de visitas em campo, este autor concluiu que os principais processos antrópicos responsáveis por alterar a dinâmica no canal foram o desmatamento da mata ciliar, construção de barragens, e uso do riacho para a criação de animais e agricultura. Apesar do riacho ser intermitente, todos esses contribuem para aumentar a planície de inundação do riacho em situações de enchentes, representando maior risco de

impacto.

Na região Agreste vale destacar o município de Campina Grande com alto risco de impacto climático às cheias. A leitura dessa classificação por meio dos indicadores, evidenciam que em paralelo a uma maior ocorrência de desastres e de percentual de anomalia de chuva positiva, há também uma maior exposição ao risco a partir da área densa urbana maior, alto percentual de população vulnerável a pobreza, muita área impermeabilizada, muito baixa cobertura pluvial associada a baixa cobertura vegetal natural. Esses fatores também foram observados em trabalhos científicos que estudam esse tipo de evento (ALVES et al., 2022b; SOARES, 2020; SILVA, 2022).

Em João Pessoa, capital do estado, as problemáticas observadas em Campina Grande se acentuam, tanto por questões associadas a própria localização do município, no litoral, que contribui para maior concentração de domicílios, maior quantidade de área impermeabilizada, menor taxa de cobertura vegetal natural, menor cobertura de esgotamento sanitário, menor percentual de população morando em domicílio com condições adequadas de moradia, e por consequência maiores danos materiais e humanos em situações de ocorrência de inundações, alagamentos e enxurradas (OLIVEIRA et al., 2019; ARAÚJO et al., 2019; QUEIROGA, 2021).

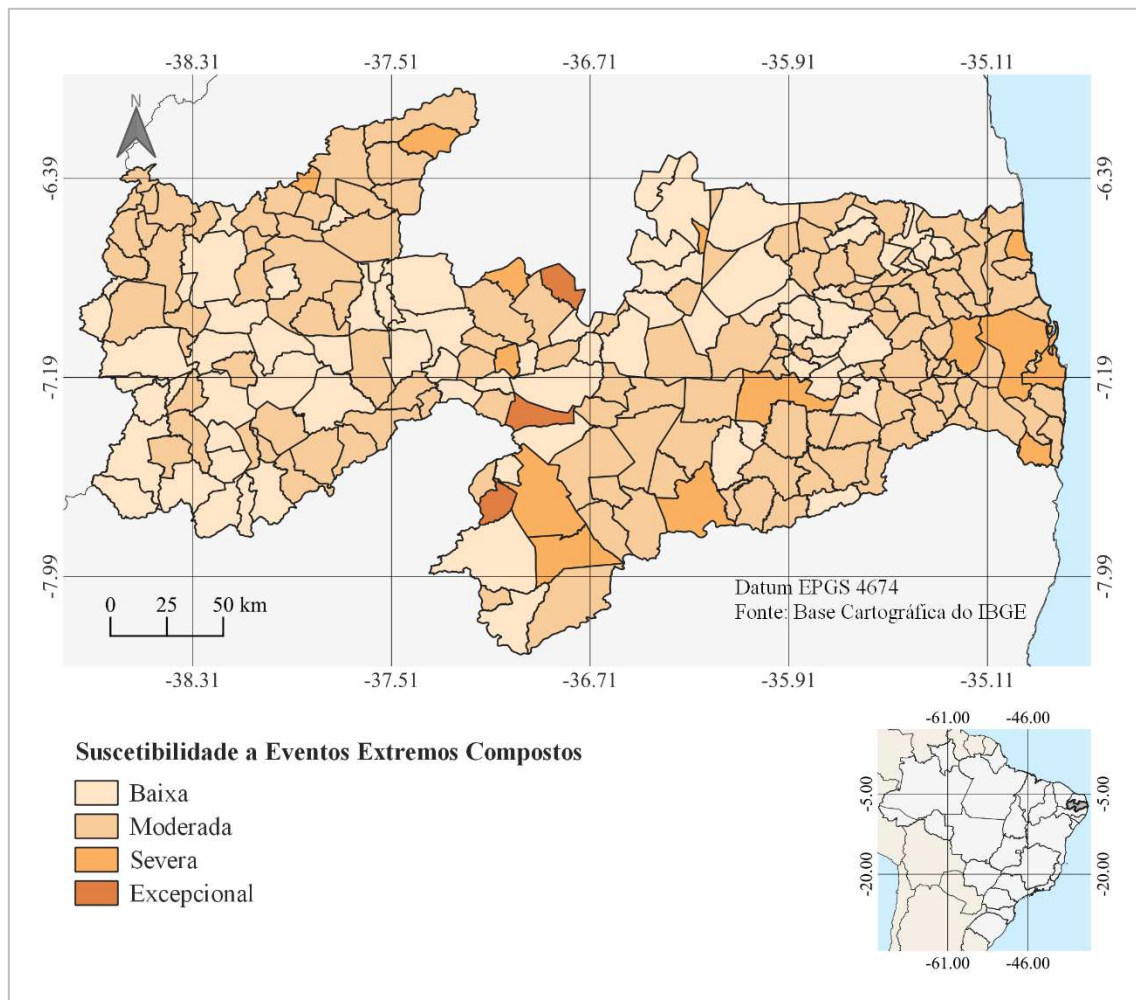
4.3 Suscetibilidade a Eventos Extremos Compostos na Paraíba

Diante da espacialização do IRICS e IRICC, foi possível observar que há riscos em diferentes escalas no estado da Paraíba causados por fatores como a ocorrência de chuvas intensas, enchentes de rios e mares, problemas de drenagem, ausência de chuvas, mudanças climáticas, influência de outros eventos climáticos como *La Niña* e *El Niño*, uso inadequado de recursos hídricos, vulnerabilidade social e ausência de atividades planejamento e de gestão proativa, de forma análoga ao que foi observado na literatura (IPCC,2022; CAI et al., 2020; BATALINI et al., 2021; NDAYIRAGIJE e LI; 2022; SHI, et. al.; 2021; NASHWAN et al., 2018). Sendo assim a consideração por eventos compostos no contexto da Paraíba parte da observação que há uma exposição a ambos os cenários de cheias e secas a partir da ocorrência de eventos recorrentes e sucessivos ao longo do tempo.

Além disso, a causa das cheias e secas pode estar inter-relacionadas, um exemplo disso é que uma seca prolongada pode impactar na diminuição da vegetação, que por sua vez contribui para que o solo perca capacidade de infiltração e assim aumenta o risco de enxurradas quando ocorrem chuvas intensas. Os valores da classe de suscetibilidade a eventos extremos compostos para cada município estão apresentados no Apêndice C. A sobreposição dos dois indicadores,

IRICS e IRICC, permitiu observar três níveis diferentes de suscetibilidade a eventos extremos compostos de secas e cheias na Paraíba: moderada, severa, excepcional, Figura 24.

Figura 24: Suscetibilidade a eventos extremos compostos na Paraíba



Fonte: Autoria própria, 2023.

A classe de suscetibilidade baixa considerou os municípios que obtiveram pelo menos uma classe muito baixa para um dos riscos de impacto climático analisados, ou baixo em ambos. de forma que se concentrou em municípios situados no Alto Sertão, Sertão, Brejo e parte do Cariri. Conforme discutido, os municípios situados nessas regiões apesar de características como altas vulnerabilidades socioeconômica, menores indicadores de prosperidade social, baixo investimento em infraestrutura de drenagem e esgotamento sanitário e deficiências nos sistemas de abastecimento, são municípios que disponibilizam de maior cobertura vegetal natural, apresentam áreas urbanas menos densas, com menores percentuais de impermeabilização e maior conservação de cobertura vegetal.

A classe moderada, por sua vez, considerou os municípios que obtiveram médio em um dos riscos de impacto climático estudados, ou médio em ambos os riscos, tendo resultado

concentrado no Alto Sertão, Agreste, Litoral. Conforme discutido anteriormente, esses municípios apesar de estarem em regiões com regimes pluviométricos mais altos do que os observados para o interior do estado, ainda são regimes baixos, refletindo a própria inserção regional da Paraíba, que é o Nordeste. Dessa forma, continuam expostos a seca e a estiagem em virtude não só da ameaça climática em si, mas também da ausência de planejamento, infraestrutura e gestão associados a alta vulnerabilidade social, diminuindo a sua capacidade de adaptação e aumentando o risco de impacto. Esse contexto de vulnerabilidade também repercute diante da ocorrência de chuvas intensas, inundações, alagamentos e enxurradas fazendo com o risco de impacto climático para cheias aumente.

A classe severa por sua vez considerou os municípios que apresentam alta em alguma das análises de risco de impacto climático ou em ambos. Os municípios com moderada SEEC estão concentrados no Litoral, Agreste, e Sertão. No caso dos municípios situados no litoral, houve uma maior concentração de alto risco de impacto às cheias, com destaque para indicadores relativos a ocorrência de desastres, índice de anomalia de chuva, menor cobertura vegetal natural e baixos indicadores socioeconômico, como o prosperidade social.

Os únicos municípios que apresentaram classe excepcional de suscetibilidade ao risco de eventos extremos compostos foram São José do Sabuji, Livramento e Prata, os quais obtiveram classes alta ou muito alta para ambos os eventos estudados, conforme discutido anteriormente, indicando que são os que mais necessitam adquirir capacidade de adaptação para superar as vulnerabilidades apresentadas, bem como diminuir a sensibilidade e logo o risco às secas e inundações.

Mesmo reconhecendo que a exposição aos eventos extremos de seca, aliados aos problemas de gestão da escassez hídrica faz com que a maioria dos municípios paraibanos desenvolvam uma capacidade de adaptação “natural” ao desabastecimento frequente de água potável nas zonas urbanas e rurais, é fato que algumas pequenas cidades também tem sofrido os impactos de chuvas intensas (muito acima da média histórica) principalmente em seus pequenos aglomerados e núcleos urbanos. Estas áreas urbanizadas, são justamente as mais vulneráveis, associando problemas de infraestrutura de saneamento insuficientes e, em alguns casos, crescimento e adensamento rápido de algumas áreas (consideradas as devidas proporções com os grandes centros urbanos). Neste sentido, RAMOS FILHO (2022) afirma que só existe o risco às inundações urbanas quando existem pessoas expostas a este perigo. Percebe-se diante dos indicadores utilizados, que pode ser este o caso dos municípios indicados como de classe excepcional de suscetibilidade ao risco na Figura 24.

Sendo assim, é importante ressaltar que o índice risco de impacto climático à seca do Adapta Brasil MCTI se mostrou uma ferramenta robusta e eficaz para a análise do evento na Paraíba. Quanto ao processo de construção de índice de risco de impacto à inundação, vale observar que os indicadores temáticos selecionados foram coerentes com o respaldo teórico construído para os conceitos em estudo, assim como foi satisfatória, a aplicação dos métodos de Entropia de Shannon e Vikor, para determinação dos pesos e agregação dos indicadores, respectivamente, de maneira semelhante ao observado pela literatura (CHAE et al., 2022; ZHU et al., 2020; MALEKIAN; AZARNIVAND, 2016).

A análise em escalas maiores, como a realizada para Paraíba, é importante porque possibilita uma visualização da problemática estudada para uma área maior, de maneira mais holística. Porém, a medida que aumenta a escala de análise espacial se diminui a quantidade e especificidade dos territórios analisados. No caso dos eventos extremos compostos abordados sabe-se que a suscetibilidade a eles também varia na dimensão intramunicipal, e mais detalhadamente nas diferentes localidades da cidade. Sendo assim, para investigar a escala local foi selecionada a cidade de Campina Grande, que apresentou alta suscetibilidade aos eventos extremos compostos de seca e cheias. Além da recorrência desses eventos, por ser a segunda cidade mais importante da Paraíba, possui atividades econômicas mais dinâmica, assim como concentra instituições prestadoras de diversos serviços públicos, com destaque para instituições de ensino superior, que contribuem para uma maior disponibilidade de dados e pesquisas sobre a cidade.

Diante disso algumas medidas de planejamento e mitigação podem ser tomadas priorizando municípios com maior suscetibilidade aos eventos extremos compostos, mediante as particularidades reveladas para cada território de acordo com a análise dos indicadores que compõem o IRICC e IRICS, tudo isso em consonância com abordagem da gestão proativa e visando a melhoria da capacidade adaptativa. De maneira geral, podem ser sugeridas para diminuir os impactos causados e melhorar a adaptação aos impactos causados por esses eventos:

- Armazenamento e gerenciamento de água: É importante armazenar água para uso durante períodos de seca e gerenciar de forma eficiente a distribuição de água para garantir o uso racional e sustentável dos recursos hídricos.
- Gestão de recursos hídricos: Uma gestão adequada de recursos hídricos pode ajudar a reduzir o impacto da seca, incluindo a criação de reservatórios, canais de irrigação e sistemas de reuso de água.
- Planejamento urbano adequado: O planejamento urbano adequado pode ajudar a reduzir

o impacto da seca e de cheias em áreas urbanas, incluindo a promoção de práticas de conservação de água em residências e edifícios comerciais.

- Zoneamento e planejamento territorial: O zoneamento e planejamento territorial adequados podem ajudar a evitar a construção em áreas propensas a inundação, alagamentos e enxurradas, reduzindo assim o risco de danos e perdas de vidas.
- Planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas: O planejamento e gerenciamento adequado das bacias hidrográficas pode ajudar a reduzir os riscos de inundações, incluindo a criação de reservatórios, canais de irrigação e sistemas de reúso de água.
- Diversificação econômica: A diversificação econômica pode ajudar a reduzir a dependência de setores econômicos que são particularmente vulneráveis à seca, como a agricultura e a indústria de produção de energia hidrelétrica.
- O Desenvolvimento de infraestrutura: A construção de diques, ou seja, canais de drenagem, e sistemas de drenagem pluvial capazes de contribuir com a redução do o impacto de inundações ao local.
- O Plantio de árvores e outras práticas de conservação do solo: O plantio de árvores colabora com a proteção do solo da erosão, processo onde o solo, subsolos e rochas sofrem desgaste, transporte e sedimentação, como efeito da ação dos agentes erosivos, tais como a água, os ventos e os seres vivos, dessa forma, com sua proteção através da cobertura vegetal impedindo a acumulação de água em áreas vulneráveis a inundações.
- Os Sistemas de alerta precoce: A instalação de sistemas de monitoramento de clima e previsão de enchentes auxiliam na prevenção de desastres naturais.
- Desenvolvimento de planos de emergência: Planos de emergência devem ser desenvolvidos para fornecer orientação clara em caso de inundação, incluindo a evacuação segura da população em áreas de risco.
- A Educação e conscientização pública: As campanhas de conscientização pública podem ajudar a precaver a construção em áreas vulneráveis a enchentes e propiciando a conservação da água. Assim como para práticas de conservação e reúso da água.
- Campanhas de conscientização pública podem ajudar a prevenir a construção em áreas vulneráveis a enchentes e promover a adoção de práticas de conservação da água, minimizando os riscos de inundações.
- A Implementação de sistemas de drenagem sustentável: Sistemas de drenagem sustentável como jardins de chuva, pavimentos permeáveis e telhados verdes auxiliam na retenção da água da chuva e diminuir a quantidade de água que flui para rios e córregos,

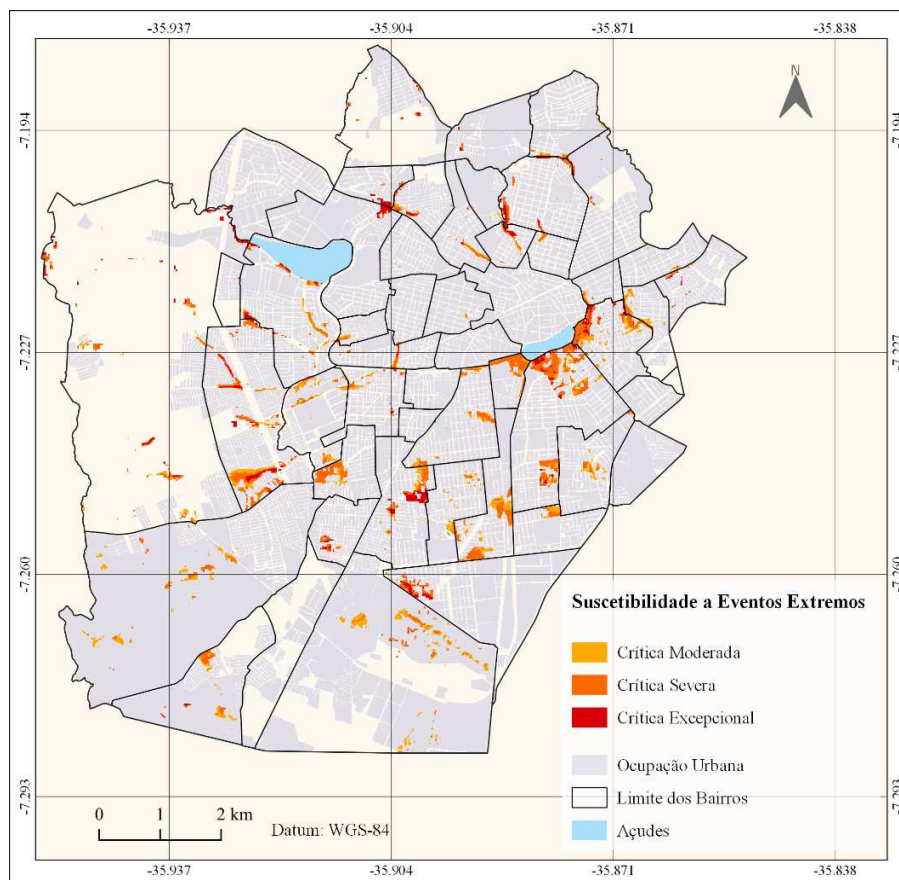
diminuindo o risco de inundações.

- Melhoria dos serviços de saneamento básico: ampliação dos dias de coleta de lixo em áreas menos atendidas dos municípios, de maneira a evitar o acúmulo de lixo na rede de drenagem, implantação de rede de esgotamento sanitário eficiente.

4.4 Análise da Capacidade adaptativa em uma área urbana: o caso Campina Grande-PB

A sobreposição dos modelos de Cordão et al., (2020) e Alves et al., (2018), ambos desenvolvidos para a cidade de Campina Grande, evidenciou a existência de áreas com diferentes níveis de suscetibilidade a eventos extremos compostos, representados na ocorrência de riscos de desabastecimento de água e de susceptibilidade a inundações, Figura 25.

Figura 25: Suscetibilidade a eventos extremos para o caso de estudo.



Fonte: Autoria Própria, 2021.

Conforme observa-se na Figura 26, as áreas que apresentaram suscetibilidade crítica a

inundações estão situadas próximas aos cursos d'água e açudes, com maior concentração nos bairros próximos da região central, em detrimento daqueles situados em áreas periféricas da cidade. A Figura 26 reúne exemplos de impactos causados por riscos relacionados à água no Brasil. As imagens A (FolhaPatoense, 2020) e B (G1, 2017) mostram pontos de alagamento causados por fortes chuvas na cidade de Campina Grande - Paraíba.

Por outro lado, as imagens C (Lenildo Ferreira, 2016) e D (G1, 2019) relatam os impactos da seca extrema, mostrando o reservatório que abastece Campina Grande com apenas 5% de água própria para consumo e a população enfrentando a falta de abastecimento causada pela seca extrema.

Figura 26: Exemplos de enchentes e desabastecimentos causados por secas e chuvas extremas na Paraíba - Brasil.



Fonte: Mídia Local.

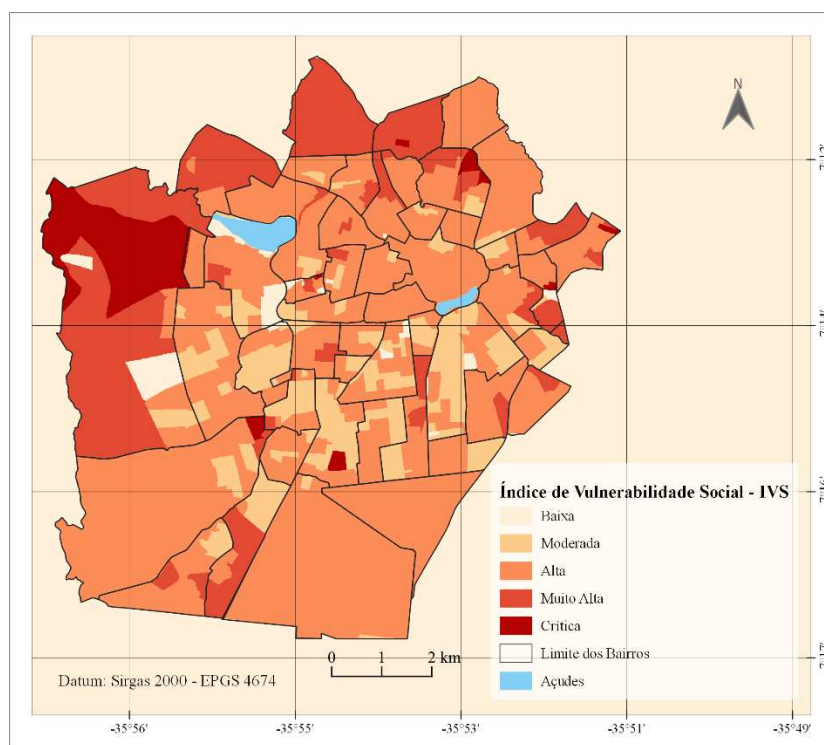
Neste contexto, considerando que eventos extremos em um cenário de mudança climática têm impactos em múltiplas áreas e populações, consideramos que é essencial investigar suas causas e efeitos, incluindo a inter-relação entre eventos de perigo, vulnerabilidade social e capacidade de enfrentamento. Além disso, devido à ocorrência constante e persistente de perigos relacionados à água em todo o mundo e às perspectivas de agravamento das mudanças climáticas e eventos extremos (IPCC, 2022), também destacamos a necessidade de criação de subsídios e inovação tecnológica para adaptação a novas e complexas cenários.

Logo, para aumentar a capacidade adaptativa se faz necessário alterar um conjunto de fatores e princípios que sejam capazes de modificar os aspectos humanos e de infraestrutura para estas localidades, reduzindo os danos econômicos, ambientais e sociais (BATALINI et al., 2021, RANI, et al., 2018).

Entretanto, como ambos os modelos utilizados possuem forte embasamento biofísico e de infraestrutura, percebe-se uma necessidade de verificação dos aspectos sociais ligados à resiliência e à capacidade adaptativa. A premissa principal, é de que há diferentes percepções dos eventos extremos a depender da vulnerabilidade social (IPCC, 2022; ANA, 2016; PHILLIPS, 2015; RANI et al., 2018).

Neste sentido, verifica-se que o mapeamento do IVS para a cidade de Campina Grande, Figura 27, evidencia uma grande parte das áreas da cidade com altos níveis de vulnerabilidade social.

Figura 27: Índice de Vulnerabilidade Social para Campina Grande – PB



Fonte: Autoria própria (2021).

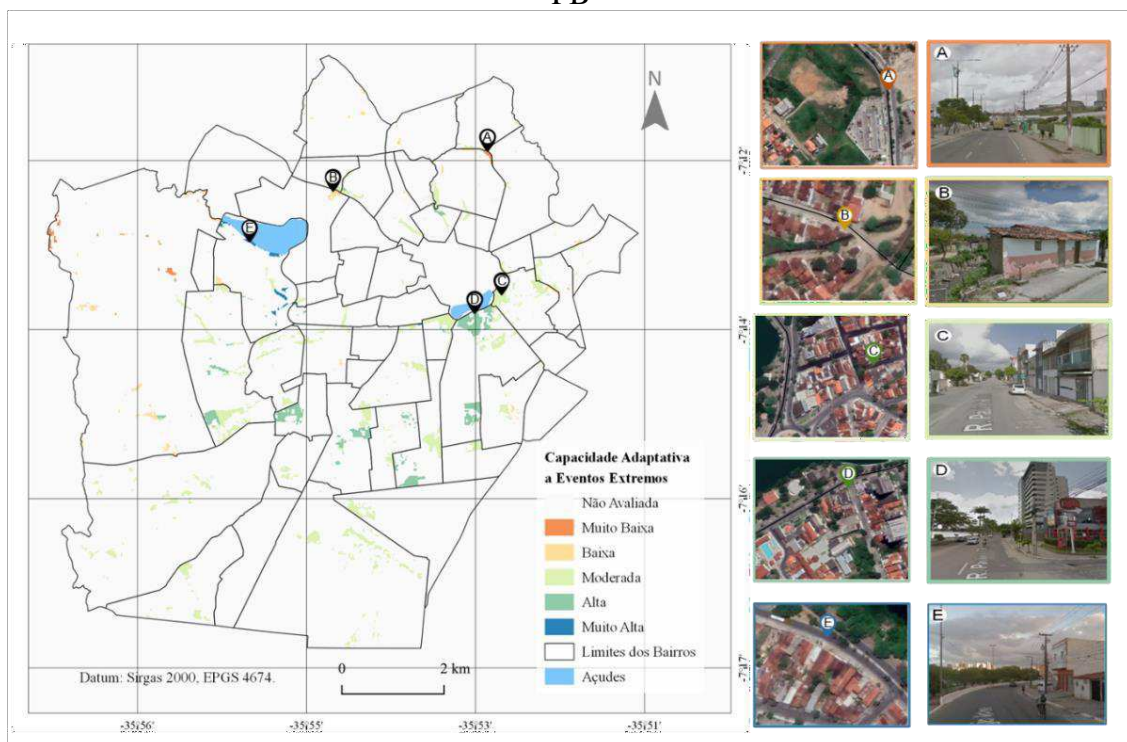
Os bairros periféricos situados ao norte e a oeste concentram os maiores valores do IVS. Vale ressaltar que os dados para a elaboração do IVS são provenientes do Censo Demográfico 2010, de modo que o processo de formação e ocupação das áreas periféricas ainda se encontram em processo de consolidação, evidenciando um fator limitante nessa pesquisa.

A partir do entendimento de que maior vulnerabilidade social implica em menor

capacidade adaptativa, foi desenvolvida a análise cruzada entre a suscetibilidade aos eventos extremos e a vulnerabilidade social para o caso estudado. A métrica resultante pode ser interpretada como a capacidade adaptativa a extremos, uma vez que uma maior exposição da população vulnerável aos efeitos negativos dos eventos analisados, implicam em uma menor capacidade adaptativa na grande maioria dos casos. Partindo desse pressuposto, a sobreposição do modelo de suscetibilidade e do índice de vulnerabilidade social revela a variação da capacidade adaptativa para o caso de estudo, Figura 28.

Para ilustrar as áreas avaliadas, fotografias do local foram obtidas para as cinco categorias de resiliência a eventos extremos. Conforme os pontos variam, diminuindo o índice de capacidade adaptativa, observa-se que há uma diminuição nos padrões constitutivos das edificações, infraestrutura urbana e de planejamento, enquanto que se evidenciam características de maior vulnerabilidade social, conforme previsto nas concepções teórico metodológicas.

Figura 28: Mapeamento da capacidade adaptativa a eventos extremos em Campina Grande-PB



Fonte: Aatoria Própria, 2021.

O ponto A, representando uma capacidade adaptativa muito baixa, está situado no bairro Alto Branco em um trecho de Avenida Manoel Tavares, na qual, a ocupação se dá majoritariamente por atividades comerciais e de serviços de saúde pela Unidade de Pronto Atendimento do bairro. O ponto B, que ilustra uma baixa capacidade desvela uma residência

simples ao lado de um canal de drenagem, está situado no Bairro Universitário, em uma área fronteira com os bairros Araxá e Jeremias, os quais estão em uma área mais periférica da cidade e são predominantemente de ocupação residencial por uma população em situação de vulnerabilidade.

O ponto C, que exemplifica uma área com moderada capacidade adaptativa está situado no bairro José Pinheiro, em uma área de ocupação residencial. Esse é um bairro histórico da cidade, que representa uma nova centralidade por concentrar a oferta de diversos comércios e serviços (OLIVEIRA, 2016).

O ponto D, localiza-se no bairro do Catolé às margens do setor sul do Açude Velho, de residências multifamiliares, pontos comerciais e de serviços. Esse é um reservatório de água que tem grande importância histórica para a cidade, haja visto seus vários processos de reestruturação que contribuíram para denotar atualmente a esse espaço grande valor turístico e de modificação da paisagem, de modo que atualmente o ponto turístico mais conhecido da cidade, tornando-se atrativo para uma maior concentração de investimentos em infraestruturas (SANDER et al., 2019), o que justifica a alta capacidade adaptativa.

O ponto E, por sua vez, traz um exemplo de uma capacidade adaptativa muito alta, está próximo ao Açude de Bodocongó, situado no bairro de nome homônimo. É válido considerar que apesar desse setor apresentar uma ocupação residencial unifamiliar de baixa renda (SANDER, et. al., 2019), há presença de equipamentos e infraestrutura de saneamento, presença de instituições de educação de saúde, que contribuem para a diminuição do índice de vulnerabilidade social, e logo aumentando a sua capacidade adaptativa.

Diante da espacialização de suscetibilidade e capacidade adaptativa, foi realizada uma análise conceitual do resultado da tabulação cruzada dos modelos de susceptibilidade a alagamentos e de risco a desabastecimento humano, Figura 29. As hipóteses apontadas, apesar de baseadas no caso estudado, são aplicáveis a qualquer outra área urbana semelhante com alta exposição aos desastres analisados (secas e chuvas). A partir das hipóteses que configuram a suscetibilidade a ambos os eventos extremos são determinados os níveis de criticidade para as áreas da cidade, bem como as medidas aplicáveis para cada realidade. Assim, as medidas elencadas vão desde intervenções nas infraestruturas de abastecimento e drenagem urbana (medidas estruturais), até ações de monitoramento e planejamento que implicam na melhoria da governança, por meio da ação colaborativa entre gestores e população para a redução dos impactos associados a secas e cheias (medidas não estruturais) (TRAVASSOS et al., 2021; LEAL FILHO et al., 2019, BRUNETTA e SALATA, 2019; BERNAT, 2019).

Figura 29: Hipóteses e ações mitigadoras para a suscetibilidade crítica a eventos extremos.



Fonte: Autoria própria (2021).

As ações mitigadoras aqui propostas estão de acordo com os princípios de saneamento básico alterados pelo recente marco legal de saneamento no Brasil, a Lei N° 14.026/2020. Dessa maneira, são necessárias a planos de gerenciamento e gestão de recursos hídricos no âmbito do abastecimento urbano e no âmbito do controle de inundações urbanas (drenagem). Entretanto, ressalta-se a importância de uma observação destas ações a luz de outro aspecto importante: a

vulnerabilidade social do espaço urbano. Como mencionado anteriormente, esta vulnerabilidade reflete um contexto de exclusão, pobreza e desigualdades sociais no que se refere ao acesso e a oferta de determinadas infraestruturas e serviços (MORSUT et al., 2022; IPEA,2015; ANA, 2016; IPCC, 2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maior parte da população paraibana mora em centros urbanos, sendo que no estado, a rede urbana tem um grande número de cidades pequenas que têm nas cidades médias, polos regionais importantes. Além disso, há também as grandes cidades e metrópoles que se destacam no país. De maneira análoga as demais cidades brasileiras, as cidades do estado da Paraíba, cresceram sem o planejamento urbano adequado, o que contribui para intensificar os impactos dos eventos extremos em estudo.

O estudo realizado permitiu verificar que dentre os eventos extremos que podem acontecer na Paraíba, as secas e chuvas intensas apresentam recorrência na história do estado e tendem a aumentar de frequência e intensidade, assim como nas demais localidades do mundo. O desenvolvimento do IRICC a partir de indicadores temáticos e dimensões de análise semelhantes as que foram utilizadas para o IRICS pelo Adapta Brasil contribuiu para a rigidez metodológica e robustez do índice final. Os 12 indicadores selecionados para compor as dimensões de sensibilidade, capacidade de drenagem, capacidade socioeconômica da população, exposição e ameaça climática foram indispensáveis para que o IRICC se tornasse capaz de retratar a realidade analisada.

Os impactos das secas e chuvas extremas trazem danos econômicos, sociais e ambientais para a região, tornando imprescindível a adoção de planejamento e medidas mitigação, com base em abordagem proativa, que visem a melhoria da capacidade adaptativa.

A espacialização dos índices de risco de impacto climático à secas e a cheias permitiu identificar a suscetibilidade a eventos extremos composto no estado da Paraíba. O risco à seca aumenta a medida que o efeito da continentalidade atua do Litoral para o interior do estado, caracterizada pela concentração de maior risco de impacto em municípios localizados entre as regiões do Cariri e Sertão. Enquanto isso, o aumento do risco de impacto climático à cheias cresce do interior do estado no sentido ao litoral. Vale ressaltar que a região costeira e as áreas baixas do estado são mais sensíveis a inundações, devido à sua localização geográfica e ao fato de que muitas vezes são áreas urbanas densamente povoadas.

A sobreposição dos dois indicadores, IRICS e IRICC ressaltou três níveis diferentes de suscetibilidade a eventos extremos compostos de secas e cheias na Paraíba: moderada, severa, excepcional. A suscetibilidade moderada se concentrou em município do Alto

Sertão, Sertão, Brejo e parte do Cariri, onde são notáveis altas vulnerabilidades socioeconômica, menores indicadores de prosperidade social, baixo investimento em infraestrutura de drenagem e esgotamento sanitário e deficiências nos sistemas de abastecimento. Apesar disso, são municípios que disponibilizam de maior cobertura vegetal natural, apresentam áreas urbanas menos densas, com menores percentuais de impermeabilização e maior conservação de de cobertura vegetal.

Os municípios que apresentaram médio e alto risco a um dos eventos estudados estão mais concentrados no sul do Agreste e Litoral, regiões que disponibilizam de regimes pluviométricos mais altos do que os observados para o interior do estado, mas ainda são regimes baixos, refletindo a própria inserção regional da Paraíba, que é o Nordeste. Sendo assim, essa situação configurou a classe de suscetibilidade moderada, indicando que há um maior risco de impacto aos eventos extremos compostos analisados. Os únicos municípios que apresentaram classe severa de suscetibilidade ao risco de eventos extremos compostos foram São José do Sabuji, Livramento e Prata, os quais obtiveram classes alta ou muito alta para ambos os eventos estudados e estão localizados na região fronteira entre o Cariri e o Sertão.

As causas para o crescimento da suscetibilidade aos EEC evidenciaram o quanto que a vulnerabilidade social e a baixa capacidade de infraestrutura e de planejamento de cada localidade representam dimensões importantes para a composição do risco climático para além dos fatores biofísicos e influência de outros eventos climáticos. Ressaltando a importância de melhorias em capacidade adaptativa para o aumento da resiliência frente as mudanças climáticas em curso.

De maneira semelhante ao estado da Paraíba, foi observado que na cidade de Campina Grande os eventos de seca se reverberam em áreas com desabastecimento, enquanto que nos períodos de chuva é comum a ocorrência de inundações em determinadas áreas da cidade. As inundações e o desabastecimento causam impactos sociais, ambientais e econômicos. Esses efeitos estão relacionados com as fragilidades de planejamento urbano, políticas públicas e gestão dos recursos hídricos.

Nesse sentido, a simultaneidade de risco a inundações e ao desabastecimento aumenta a suscetibilidade das áreas urbanas analisadas aos eventos extremos em estudo, fazendo com que elas tenham uma maior necessidade de elementos que contribuam para a melhoria da sua capacidade adaptativa, e por consequência construir resiliência urbana aos eventos extremos.

Para tanto, faz-se necessária a aplicação de ações mitigadoras de curto, médio e longo prazo que são estabelecidas de acordo com as peculiaridades e a criticidade de cada área, as quais incluem intervenções não apenas com base em critérios hidráulicos, mas também sob a ótica do planejamento e monitoração. Além disso, vale ressaltar que a análise especializada é imprescindível para que a localização dos diferentes níveis de suscetibilidade e de capacidade adaptativa a eventos extremos, facilitando a identificação das áreas prioritárias para que assim sejam melhor direcionadas as ações de planejamento e de gestão. Verifica-se ainda que as propostas e análises realizadas estão de acordo com os princípios de saneamento básico elencados pela Lei 14.026/2020, que atualiza o marco legal de saneamento básico no Brasil (UNDP, 2020), mais especificamente daqueles relacionados ao crescimento socioeconômico (Objetivo 8) e a ação climática (Objetivo 13). A adaptação aos eventos extremos, principalmente no contexto de mudanças climáticas, contribui para avanços na qualidade de vida da população, desenvolvimento econômico e preservação ambiental.

Enquanto fatores limitantes que podem ser trabalhados em pesquisas futuras vale ressaltar que há na essência dos índices um grau de incerteza, proveniente da qualidade e precisão das informações disponibilizadas nos bancos de dados, dos métodos utilizadas para modelagem, e até mesmo a carência de informação para elaboração de índices compostos mais robustos. Além disso, a proposição de medidas de planejamento e mitigação pode ser realizada de maneira mais detalhada a partir da interpretação individual de cada indicador que compõem o IRICC e IRICS para os respectivos municípios, podendo ser desenvolvida em pesquisas que façam análise mais regionalizadas para a Paraíba. Quanto ao índice de vulnerabilidade social, caberia uma reavaliação dos pesos utilizados no índice, avaliar em conjunto com a população como se dá a situação de resiliência para que assim, se possa aferir como cada variável analisada no IVS interfere na construção de uma melhor capacidade adaptativa e, portanto, na construção da resiliência dessa população, atualização e inserção de mais variáveis nos dados utilizados no IVS, bem como nos demais modelos utilizados.

Portanto, apesar de tais limitações a aplicação dos procedimentos metodológicos para a elaboração dos índices e posterior análises espaciais e dos critérios selecionados para a identificação das áreas suscetíveis foram satisfatórios e permitiram elaboração de análises, dados e indicadores que podem ser utilizadas como subsídios para a tomada de decisão e replicados para outras áreas, mediante disponibilidade de informações.

Referências

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA - AESA. **Nota Técnica 001/2019**. Atualização das curvas Cota x Área x Volume (CAV) de reservatórios da Paraíba. Campina Grande, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (BRASIL) - ANA. **Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos: avaliações e diretrizes para adaptação**. Brasília: ANA, 2016.

_____. Plano Nacional de Segurança Hídrica. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <https://pnsh.ana.gov.br/home>. Acesso em 10 de outubro de 2021.

_____. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual**. Brasília: ANA, 2020.

_____. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH): Hidroweb**. Brasília: ANA. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em 10 de fevereiro de 2023.

AKAY, Hüseyin. Flood hazards susceptibility mapping using statistical, fuzzy logic, and MCDM methods. **Soft Computing**, v. 25, n. 14, p. 9325-9346, 2021.

ALVES, Priscila BR; DJORDJEVIĆ, Slobodan; JAVADI, Akbar A. Addressing social and institutional vulnerabilities in the context of flood risk mitigation. **Journal of Flood Risk Management**, v. 15, n. 4, p. e12839, 2022.

ALVES, Priscila Barros Ramalho; TSUYUGUCHI, Bárbara Barbosa; RUFINO, Iana Alexandra Alves. q. Mapping of flood susceptibility in Campina Grande county - PB: a spatial multicriteria approach. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 24, n. 1, p. 28-43, 2018.

AL-RUZOUQ, Rami; YILMAZ, Abdullah Gokhan; SHANABLEH, Abdallah, BOHAROUN, Zulfa Abdullah; Khalil, Mohamad Ali; IMTEAZ, Monzur Alam. Spatio-temporal analysis of urban growth and its impact on floods in Ajman City, UAE. **Environmental monitoring and assessment**, v. 191, n. 11, p. 656, 2019.

ARABAMERI, A., CHANDRA Pal, S., SANTOSH, M., CHAKRABORTTY, R., Roy, P., MOAYEDI, H.. Drought risk assessment: integrating meteorological, hydrological, agricultural and socio-economic factors using ensemble models and geospatial techniques. **Geocarto International**, v. 37, n. 21, p. 6087-6115, 2022.

ARAYA-MUÑOZ, Dahyann; METZGER, Marc J.; STUART, Neil; WILSON, A. Meriwether; ALVAREZ, Luis. Assessing urban adaptive capacity to climate change. **Journal of environmental management**, v. 183, p. 314-324, 2016.

ARAÚJO, de Lincoln Eloi; MORAES NETO, João Miguel de; SOUSA, Francisco de Assis Salviano de. Classificação da precipitação anual e da quadra chuvosa da bacia do rio Paraíba utilizando índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 3, p. 93-110, 2009.

ARAÚJO, José de Arimatéia da Silva. A consolidação de um polo regional: Serviços de saúde

e centralidade em Campina Grande, Paraíba. **Revista Política e Planejamento Regional**, v. 3, n. 2, p. 205 a 220. 2016.

ARAÚJO, Matheus Duarte de; MAIA ARAÚJO DE BRITO, Yáscara; DE OLIVEIRA, Rui. Spatial multicriteria approach to water scarcity vulnerability and analysis of criteria weighting techniques: a case study in São Francisco River, Brazil. **GeoJournal**, v. 87, n. Suppl 4, p. 951-972, 2022.

ARAÚJO, Maressa Oliveira Lopes et al. PARTICIPAÇÃO SOCIAL PARA AÇÕES DE REDUÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES NA COMUNIDADE TITO SILVA, JOÃO PESSOA-PB. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 13, n. 1, p. 45-55, 2019.

BAE, H., JI, H., LIM, Y. J., RYU, Y., KIM, M. H., & KIM, B. J.. Characteristics of drought propagation in South Korea: Relationship between meteorological, agricultural, and hydrological droughts. **Natural Hazards**, v. 99, n. 1, p. 1-16, 2019.

BAYISSA, Y., MOGES, S., MELESSE, A., TADESSE, T., ABIY, A. Z., & WORQLUL, A. Multi-Dimensional Drought Assessment in Abbay/Upper Blue Nile Basin: The Importance of Shared Management and Regional Coordination Efforts for Mitigation. **Remote Sensing**, v. 13, n. 9, p. 1835, 2021.

BATALINI, Marina de Macedo et al. Low Impact Development practices in the context of United Nations Sustainable Development Goals: A new concept, lessons learned and challenges. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 52, n. 14, p. 2538-2581, 2021.

BHARDWAJ, K., SHAH, D., AADHAR, S., MISHRA, V.. Propagation of meteorological to hydrological droughts in India. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 125, n. 22, p. e2020JD033455, 2020.

BELL, Jesse E. et al. Changes in extreme events and the potential impacts on human health. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 68, n. 4, p. 265-287, 2018.

BERNAT, Gisele Blak; QUALHARINI, Eduardo Linhares. A Resiliência Urbana como uma Alternativa Complementar na Cidade do Rio de Janeiro. **Gestão e Gerenciamento**, v. 1, n. 5, 2017.

BEZERRA, Josué Alencar. Rede urbana interiorizada: novas conformações do território no Nordeste Brasileiro. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 373-383, 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. **Atlas Digital de Desastres no Brasil**. Brasília: MDR, 2022.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS**. Brasília: Ministério de Integração e do Desenvolvimento Regional, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis>. Acesso em 10 de fevereiro de 2023.

BRASIL. Paralisação da operação do Eixo Leste do PISF para finalização das obras de recuperação nos reservatórios Poções e Camalaú. **Nota Técnica nº**

06/2018/CGAOH/DPE/SIH. Ministério da Integração Nacional, Brasília, 2018, 3 p.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000 (...). Brasília, 2020.

BRASIL. **Portaria nº 3.896, de 16 de outubro de 2020**. Institui a estrutura de governança do Adapta Brasil MCTI - Contribuição da Ciência para Medidas de Adaptação. Brasília, 2020.

BRITO, S. S. B., CUNHA, A. P. M., CUNNINGHAM, C. C., Alvalá, R. C., MARENGO, J. A., & CARVALHO, M. A. . Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 2, p.517-529, 2018.

BRITO, Yáscara Maia Araújo de et al. Panorama da seca plurianual 2012–2018 no semiárido brasileiro: impactos hidrológicos, agrícolas e medidas de convivência. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 58, 2021.

BROSKA, Lisa Hanna; POGANIETZ, Witold-Roger; VÖGELE, Stefan. Extreme events defined—A conceptual discussion applying a complex systems approach. **Futures**, v. 115, p. 102490, 2020.

BROSKA, Lisa Hanna; POGANIETZ, Witold-Roger; VÖGELE, Stefan. Extreme events defined—a conceptual discussion applying a complex systems approach. **Futures**, v. 115, p. 102490, 2020.

BRUNETTA, G., et al. Territorial resilience: Toward a proactive meaning for spatial planning. **Sustainability**, v. 11, n. 8, p. 2286, 2019.

CABRAL NETO, Antônio; ARAÚJO, Maize Sousa Virgolino. Expansão da educação superior no instituto federal de educação, ciência e tecnologia da paraíba: os delineamentos no período 2008-2015. **HOLOS**, v. 4, p. 1-21, 2020.

CAI, W., MCPHADEN, M. J., GRIMM, A. M., RODRIGUES, R. R., TASCHETTO, A. S., GARREAU, R. D., ... VERA, C. Climate impacts of the El Niño–southernoscillation on South America. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 1, n. 4, p. 215-231, 2020.

CARROLL, Charles JW et al. Is a drought a drought in grasslands? Productivity responses to different types of drought. **Oecologia**, v. 197, n. 4, p. 1017-1026, 2021.

CARVALHO, M. Â. C. C. D., et at.. Drought Monitoring Based on Remote Sensing in a Grain-Producing Region in the Cerrado–Amazon Transition, Brazil. **Water**, v. 12, n. 12, p. 3366, 2020.

CATTIAUX, Julien; RIBES, Aurélien. Defining single extreme weather events in a climate perspective. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 99, n. 8, p. 1557-1568, 2018.

CHANG, Tzu-Yin et al. An operational high-performance forecasting system for city- scale pluvial flash floods in the southwestern plain areas of Taiwan. **Water**, v. 13, n. 4, p. 405, 2021.

CHAVES, Henrique. Assessing water security with appropriate indicators: challenges and recommendations. In: **Proceedings from the GWP Workshop: Assessing Water Security with Appropriate Indicators**. 2014.

CHAE, Seung Taek; CHUNG, Eun-Sung; JIANG, Jiping. Robust siting of permeable pavement in highly urbanized watersheds considering climate change using a combination of fuzzy-TOPSIS and the VIKOR method. **Water Resources Management**, v. 36, n. 3, p. 951-969, 2022.

CHEN, Xiaobo et al. Urban Flood Resilience Assessment Based on VIKOR-GRA: A Case Study in Chongqing, China. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 26, n. 9, p. 4178-4194, 2022.

CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS (CRED), UN OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. The Human Cost of Disasters: An Overview of the Last 20 Years (2000–2019). 2020.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN. **Anuário da sala de situação do CEMADEN**, 2017, v. 1, n.1, São José dos Campos: CEMADEN, 2019. 52 p.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN. **Boletim da sala de situação - 1º trimestre de 2020**, 2020,v.1, n.1, São José dos Campos: CEMADEN, 2020. 71 p.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN. **Boletim da sala de situação – 2º trimestre de 2020**, 2020,v.1, n.1, São José dos Campos: CEMADEN, 2020. 24 p.

COSTA, Micejane da Silva et al. Rainfall extremes and drought in Northeast Brazil and its relationship with El Niño–Southern Oscillation. **International Journal of Climatology**, v. 41, p. E2111-E2135, 2021.

CUNHA, Ana Paula; ZERI, M.; LEAL, K. D.; COSTA, L.; CUARTAS, L. A.; MARENGO, J. A.; VIEIRA, R. M.; BARBOSA, A. A.; CHRISTOPHER, CUNNINGHAM, C., GARCIA, J. V. C.; BROEDEL, E.; ALVALÁ, R., RIBEIRO-NETO, G. Extreme drought events over Brazil from 2011 to 2019. **Atmosphere**, v. 10, n. 11, p. 642, 2019.

CORDÃO, Maria José de Sousa et al. Water shortage risk mapping: a GIS-MCDA approach for a medium-sized city in the Brazilian semi-arid region. **Urban Water Journal**, v. 17, n. 7, p. 642-655, 2020.

DANO, Umar Lawal et al. A multi-criteria assessment of climate change impacts on urban sustainability in Dammam Metropolitan Area, Saudi Arabia. **Ain Shams Engineering Journal**, p. 102062, 2022.

DANTAS, Leydson Galvêncio; SANTOS, Carlos Antonio Costa dos; OLINDA, Ricardo Alves de. Tendências anuais e sazonais nos extremos de temperatura do ar e precipitação em Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, p. 423-434, 2015.

DEL GRANDE, Maria Helena; GALVÃO, Carlos de Oliveira; MIRANDA, Livia Izabel Bezerra de; SOBRINHO, Lemuel Dourado Guerra. A percepção de usuários sobre os impactos do racionamento de água em suas rotinas domiciliares. **Ambiente & Sociedade**,v. 19, n. 1, p.

165-184, 2016.

DELANEY, John T. et al. Mapping climate change vulnerability of aquatic-riparian ecosystems using decision-relevant indicators. **Ecological Indicators**, v. 125, p. 107581, 2021.

DHIMAN, R., VISHNURADHAN, R., ELDHO, T. I., & INAMDAR, A. Flood risk and adaptation in Indian coastal cities: recent scenarios. **Applied Water Science**, v. 9, n. 1, p. 1-16, 2019.

DILLING, Lisa et al. Drought in urban water systems: Learning lessons for climate adaptive capacity. **Climate Risk Management**, v. 23, p. 32-42, 2019.

DINIZ, T. G. Vulnerabilidade ao desabastecimento em situação de intermitência no abastecimento de água. 2019. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2019.

DONG, Xin; GUO, Hao; ZENG, Siyu. Enhancing future resilience in urban drainage system: Green versus grey infrastructure. **Water research**, v. 124, p. 280-289, 2017.

DUARTE, Julian Gomes Pedrosa et al. Secas e Impactos na Agropecuária no Município de Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, p. 289-297, 2018.

DUBREUIL, V., FANTE, K. P., PLANCHON, O., SANT'ANNA NETO, J. L. Climate change evidence in Brazil from Köppen's climate annual types frequency. **International Journal of Climatology**, v. 39, n. 3, p. 1446-1456, 2019.

EDMONDS, D. A., CALDWELL, R. L., BRONDIZIO, E. S., & SIANI, S. M. Coastal flooding will disproportionately impact people on river deltas. **Nature communications**, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2020.

EBI, K. L., VANOS, J., BALDWIN, J. W., BELL, J. E., HONDULA, D. M., ERRETT, N. A., ... & BERRY, P.. Extreme weather and climate change: population health and health system implications. **Annual review of public health**, v. 42, p. 293, 2021.

ENGSTRÖM, Johanna; JAFARZADEGAN, Keighobad; MORADKHANI, Hamid. Drought vulnerability in the United States: An integrated assessment. **Water**, v. 12, n. 7, p. 2033, 2020.

EYRING, Veronika et al. Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. **Geoscientific Model Development**, v. 9, n. 5, p. 1937-1958, 2016.

FARIAS, M. P. **Potencial de captação de água de chuva como alternativa para o desenvolvimento das localidades mais secas da microrregião do cariri da Paraíba**. 2015. 87f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional - PPGDR)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.

FISCHER, E. M.; SIPPEL, Sebastian; KNUTTI, Reto. Increasing probability of record-shattering climate extremes. **Nature Climate Change**, v. 11, n. 8, p. 689-695, 2021.

FIGUEIREDO, J. B. de, AMARAL, E. D., dos Santos, R. M., DE OLIVEIRA, R. L., VICENTE, M. R. Suscetibilidade à desertificação na microrregião de salinas, norte de Minas Gerais. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 38, n.2, 2021.

FIGUEIREDO, Lorena; HONIDEN, Taku; SCHUMANN, Abel. Indicators for resilient cities - OECD Regional Development Working Papers. Paris: OECD Publishing, 2018.

FOLHAPATOENSE. **Ruas de Campina Grande ficam alagadas após fortes chuvas; Açude Velho transbordou.** Disponível em: <http://www.folhapatoense.com/2020/01/21/ruas-de-campina-grande-ficam-alagadas-apos-fortes-chuvas-acude-velho-transbordou/>. Acesso em 27 de outubro de 2022.

FREITAS, C. M.; SILVA, D. R. X.; SENA, A. R. M. de; SILVA, E. L.; SALES; L. B. F.; CARVALHO, M. L. de. Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 3645-3656, 2014.

FREIRE, Neison Cabral Ferreira; BONFIM, Cristine Vieira do; NATENZON, Claudia Eleonor. Vulnerabilidade socioambiental, inundações e repercussões na Saúde em regiões periféricas: o caso de Alagoas, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 3755-3762, 2014.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. Produto C - Diagnóstico técnico-participativo do Plano Municipal de Saneamento Básico. 2022. Disponível em: Página Inicial - PMSB PB (ufcg.edu.br). Acesso em 10 de fevereiro de 2023.

GETIRANA, Augusto; LIBONATI, Renata; CATALDI, Marcio. Brazil is in water crisis—it needs a drought plan. **Comment**. 2021.

GIBARI, Samira El; GÓMEZ, Trinidad; RUIZ, Francisco. Building composite indicators using multicriteria methods: a review. **Journal of Business Economics**, v. 89, n. 1, p. 1-24, 2019.

GIMENO-SOTELO, Luis; GIMENO, Luis. Concurrent extreme events of atmospheric moisture transport and continental precipitation: The role of landfalling atmospheric rivers. **Atmospheric Research**, v. 278, p. 106356, 2022.

GIMENO, Luis et al. Extreme precipitation events. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water**, p. e1611, 2022.

G1. **Chuva e ventos causam estragos e alagamentos em Campina Grande.** 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2017/03/chuva-e-ventos-fortes-causam-estragos-em-campina-grande.html>. Acesso em 27 de outubro de 2022.

G1. **Campina Grande decreta calamidade pública após seis dias de desabastecimento de água.** Disponível em: <https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2019/03/21/campina-grande-decreta-calamidade-publica-apos-seis-dias-de-desabastecimento-de-agua.ghtml>. Acesso em 27 de outubro de 2022.

G1. **Falta água em quatro localidades de João Pessoa nesta terça-feira (6). 2022.** Disponível em: <https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2022/09/05/falta-agua-em-quatro-localidades-de-joao-pessoa-nesta-terca-feira-6.ghtml>. Acesso em 08 de março de 2022.

GIULIO, Gabriela Marques Di et al. Extreme events, climate change and adaptation in the state of São Paulo. **Ambiente & Sociedade**, v. 22, 2019.

GIRÃO, Ítalo Renan Ferreira; RABELO, Davi Rodrigues; ZANELLA, Maria Elisa. Análise teórica dos conceitos: Riscos Socioambientais, Vulnerabilidade e Suscetibilidade. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, p. 71-83, 2018.

GONDIM, Joaquim; FIOREZE, Ana Paula, ALVES, Rodrigo Flecha Ferreira, SOUZA, Wesley Gabrieli. A seca atual no Semiárido nordestino – Impactos sobre os recursos hídricos. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 277-300, 2017.

GONÇALVES, Suellen Teixeira Nobre et al. Índices e metodologias de monitoramento de secas: uma revisão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, p. 495-511, 2021.

GUERRA, Franciele Caroline; ZACHARIAS, Andréa Aparecida. Mapeamento das áreas de riscos hidrológicos e as políticas públicas de sustentabilidade: o caso de Ourinhos/SP. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 4, n. 26, 2016.

HALLIL, Abdelkader; REDJEM, Ali. Assessment of Urban Vulnerability to Flooding Using Multi-Criteria Analysis: The Case Study of El Bayadh City, Algeria. **Engineering, Technology & Applied Science Research**, v. 12, n. 2, p. 8467-8472, 2022.

HAGGAG, M., EZZELDIN, M., EL-DAKHAKHNI, W., HASSINI, E.. Resilient cities critical infrastructure interdependence: a meta-research. **Sustainable and Resilient Infrastructure**, p. 1-22, 2020.

HAMMOND, Michael J.; CHEN, As., DJORDJEVIĆ, S., BUTLER, D., MARK, O. Urban flood impact assessment: A state-of-the-art review. **Urban Water Journal**, v. 12, n. 1, p. 14-29, 2015.

HAMSTEAD, Zoé; COSEO, Paul. Building policies, plans, and cities to manage extreme weather events: Perspectives from urban planning and landscape architecture. In: **Transforming global health**. Springer, Cham, 2020. p. 261-283.

HE, H., DELANG, C. O., ZHOU, J., Li, Y., HE, W. Simulation of social resilience affected by extreme events in ancient China. **Climatic Change**, v. 166, n. 3, p. 1-23, 2021.

HE, Xiaogang; SHEFFIELD, Justin. Lagged compound occurrence of droughts and pluvials globally over the past seven decades. **Geophysical Research Letters**, v. 47, n. 14, p. e2020GL087924, 2020.

HEROLD, N. et al. Projected changes in the frequency of climate extremes over southeast Australia. **Environmental Research Communications**, v. 3, n. 1, p. 011001, 2021.

HU, Qiangsheng; HE, Xiaorong. An integrated approach to evaluate urban adaptive capacity to climate change. **Sustainability**, v. 10, n. 4, p. 1272, 2018.

GAO, Tao; ZHANG, Qiang; LUO, Ming. Intensifying effects of El Niño events on winter precipitation extremes in southeastern China. **Climate Dynamics**, v. 54, n. 1, p. 631-648, 2020.

IHINEGBU, Christopher; OGUNWUMI, Taiwo. Multi-criteria modelling of drought: a study

of Brandenburg Federal State, Germany. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 8, n. 2, p. 2035-2049, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ECONOMIA – IBGE. **Mapa de Climas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. Disponível em: < http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/Map_BR_c lima_2002.pdf >. Acesso em 10 de outubro de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ECONOMIA - IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/25089-censo-1991-6.html?=&t=o-que-e> >. Acesso em 25 de junho de 2020.

_____. **Regiões de influência das cidades: 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101728.pdf>>. Acesso em 25 de junho de 2020.

_____. **Estimativas da população residente no Brasil e Unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2021**. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2021/estimativa_dou_2021.pdf. Acesso em 01 de outubro de 2021.

_____. **Áreas Urbanas do Brasil 2019**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMIA APLICADA - IPEA. **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros**. Brasília: IPEA, 2015.

_____. **Avaliação de políticas públicas no Brasil : uma análise do semiárido**. Brasília: Ipea, 2019.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Geneva: IPCC, 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Geneva: IPCC, 2021. Disponível em: < [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.p df](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf)>. Acesso em 20 de outubro de 2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Geneva: IPCC, 2022. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf. Acesso em 10 de fev. de 2023.

JAMALI, B., LÖWE, R., BACH, P. M., URICH, C., ARNBJERG-NIELSEN, K., & DELETIC, A. A rapid urban flood inundation and damage assessment model. **Journal of Hydrology**, v. 564, p. 1085-1098, 2018.

JOHANNESSEN, Åse; WAMSLER, Christine. What does resilience mean for urbanwater services?. **Ecology and Society**, v. 22, n. 1, 2017.

JONG, P., BARRETO de, T. B., TANAJURA, C. A., KOULOUKOU, D., OLIVEIRA-ESQUERRE, K. P., KIPERSTOK, A., TORRES, E. A.. Estimating the impact of climate change on wind and solar energy in Brazil using a South American regional climate model. **Renewable energy**, v. 141, p. 390-401, 2019.

JONAS, Seth; FRONCZYK, Kassandra; PRATT, Lucas M. A framework to understand extreme space weather event probability. **Risk Analysis**, v. 38, n. 8, p. 1534-1540, 2018.

KIM, Hyowon; A. Assessing urban water management sustainability of a megacity: Case study of Seoul, South Korea. **Water**, v. 10, n. 6, p. 682, 2018.

KING, Martin P.; YU, Entao; SILLMANN, Jana. Impact of strong and extreme El Niño on European hydroclimate. **Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography**, v. 72, n. 1, p. 1-10, 2020.

LANDRUM, Laura; HOLLAND, Marika M. Extremes become routine in an emerging new Arctic. **Nature Climate Change**, v. 10, n. 12, p. 1108-1115, 2020.

LAPOLA, D. M., SILVA, J. M. C. D., BRAGA, D. R., CARPIGIANI, L., OGAWA, F., TORRES, R. R., JOLY, C. A. A climate-change vulnerability and adaptation assessment for Brazil's protected areas. **Conservation biology**, v. 34, n. 2, p. 427-437, 2020.

LENILDO FERREIRA. **Um dado alarmante: Boqueirão tem, no máximo, 5% de água própria para o consumo, confirma Cagepa**. 2016. Disponível em: <http://www.lenildoferreira.com.br/2016/05/um-dado-alarmante-boqueirao-tem-no.html>. Acesso em 27 de outubro de 2022.

LELLYETT, Stephen C.; TRUELOVE, Robert N.; HUDA, Abul KS. Improving Early Warning of Drought in Australia. **Climate**, v. 10, n. 7, p. 91, 2022.

LI, Zongmin et al. A multi-criteria decision making method for urban flood resilience evaluation with hybrid uncertainties. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 36, p. 101140, 2019.

LIMA, Cibele Oliveira; BONETTI, Jarbas. Proposta metodológica para adequação das informações do Censo Demográfico do IBGE na análise da vulnerabilidade social a eventos extremos na zona costeira. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 63, n. 2, p. 122-140, 2018.

LIU, Yujie et al. Global socioeconomic risk of precipitation extremes under climate change. **Earth's future**, v. 8, n. 9, p. e2019EF001331, 2020.

LUCA, P. De, MESSORI, G., WILBY, R. L., MAZZOLENI, M., DI BALDASSARRE, G. CONCURRENT wet and dry hydrological extremes at the global scale. **Earth System Dynamics**, v. 11, n. 1, p. 251-266, 2020.

LEAL FILHO, Walter et al. Assessing the impacts of climate change in cities and their adaptive capacity: towards transformative approaches to climate change adaptation and poverty reduction in urban areas in a set of developing countries. **Science of the Total Environment**, v. 692, p. 1175-1190, 2019.

LUO, Ming; LAU, Ngar-Cheung. Summer heat extremes in northern continents linked to

developing ENSO events. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 7, p. 074042, 2020.

LIANG, Shijing et al. Madden–Julian Oscillation-induced extreme rainfalls constrained by global warming mitigation. **npj Climate and Atmospheric Science**, v. 5, n. 1, p. 1-9, 2022.

JIANG, T., SU, X., SINGH, V. P., ZHANG, G. A novel index for ecological drought monitoring based on ecological water deficit. **Ecological Indicators**, v. 129, p. 107804, 2021.

JI, T., YAO, Y., DOU, Y., DENG, S., YU, S., ZHU, Y., LIAO, H.. The Impact of Climate Change on Urban Transportation Resilience to Compound Extreme Events. **Sustainability**, v. 14, n. 7, p. 3880, 2022.

LI, Zongmin et al. A multi-criteria decision making method for urban flood resilience evaluation with hybrid uncertainties. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 36, p. 101140, 2019.

MAI, T., MUSHTAQ, S., REARDON-SMITH, K., WEBB, P., STONE, R., KATH, J., An-Vo, D. A. Defining flood risk management strategies: A systems approach. **International journal of disaster risk reduction**, v. 47, p. 101550, 2020.

MAGALHÃES, Antônio. Vida e seca no Brasil. In: DE NYS, E.; ENGLE, N.L.; MAGALHÃES, A.R. (orgs.). Secas no Brasil: política e gestão proativas. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos- CGEE; Banco Mundial, 2016. 292 p. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/seca_brasil-web.pdf. Acesso em 10 de ago. de 2021.

MADANI, Kaveh. The value of extreme events: What doesn't exterminate your water system makes it more resilient. **Journal of Hydrology**, v. 575, p. 269-272, 2019.

MAI, T., MUSHTAQ, S., REARDON-SMITH, K., WEBB, P., STONE, R., KATH, J., An-Vo, D. A.. Defining flood risk management strategies: A systems approach. **International journal of disaster risk reduction**, v. 47, p. 101550, 2020.

MALEKIAN, Arash; AZARNIVAND, Ali. Application of integrated Shannon's entropy and VIKOR techniques in prioritization of flood risk in the Shemshak watershed, Iran. **Water Resources Management**, v. 30, p. 409-425, 2016.

MARENGO, José A. Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil. **Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS)**. Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. Disponível em: <http://www.fbds.org.br/fbds/IMG/pdf/doc-504.pdf>. Acesso em, v. 24, 2009.

MARENGO, J. A., ALVES, L. M., SOARES, W. R., RODRIGUEZ, D. A., Camargo, H., Riveros, M. P., & Pabló, A. D. (2013). Two contrasting severe seasonal extremes in tropical South America in 2012: flood in Amazonia and drought in northeast Brazil. **Journal of climate**, v. 26, n. 22, p. 9137-9154, 2013.

MARJANI, Sajedeh; ALIZADEH-CHOOBARI, Omid; IRANNEJAD, Parviz. Frequency of extreme El Niño and La Niña events under global warming. **Climate Dynamics**, v. 53, n. 9, p. 5799-5813, 2019.

MARQUES, Ailson de LIMA; SILVA, Janaína Barbosa da; SILVA, Danielle Gomes. Refúgios úmidos do Semiárido: um estudo sobre o brejo de altitude de Areia-PB. **Revista Geotemas**, v. 4, n. 2, p. 17-31, 2014.

MARTÍN, Yago; PANEQUE, Pilar. Moving from adaptation capacities to implementing adaptation to extreme heat events in urban areas of the European Union: Introducing the U-ADAPT! research approach. **Journal of Environmental Management**, v. 310, p. 114773, 2022.

MAPBIOMAS. “Projeto MapBiomass – Coleção 2 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em 11 de março de 2023.

MAISONNAVE, F.; PRADO, A. Nordeste: Seca histórica já dura seis anos e ameaça tornar-se regra no semiárido. Folha de São Paulo, São Paulo, 24 abr. 2018, 02:00. Disponível em: <https://arte.folha.uol.com.br/ciencia/2018/crise-doclima/nordeste/seca-historica-ja-dura-seis-anos-e-ameaca-tornar-se-regra-nosemiarido/>. Acesso em: 24 abr. 2021.

MCPHEARSON, Timon. Transforming cities and science for climate change resilience in the anthropocene. In: **Transformative Climate Governance**. Palgrave Macmillan, Cham, 2020. p. 99-111.

MC. PHILLIPS, Lauren E. et al. Defining extreme events: A cross-disciplinary review. **Earth's Future**, v. 6, n. 3, p. 441-455, 2018.

MEDEIROS, Marysol Dantas; ZANELLA, Maria Elisa. Estudo das vazões e estimativas de inundações no Baixo-Açu-RN. **Geo UERJ**, n. 34, p. 40946, 2019.

MELO, Valneli da Silva. **Estudo da precipitação no estado da Paraíba usando análises de séries temporais**. 2021. 122 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pósgraduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, na Área de Qualidade de Sistemas Ambientais, Curso de Doutorado em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade do Estado da Paraíba, Campina Grande, 2021.

METCALFE, S. E., SCHMOOK, B., BOYD, D. S., De la BARREDA-BAUTISTA, B., ENDFIELD, G. E., MARDERO, S., PEREA, A. Community perception, adaptation and resilience to extreme weather in the Yucatan Peninsula, Mexico. **Regional Environmental Change**, v. 20, n. 1, p. 1-15, 2020.

MEZA, I.; HAGENLOCHER, M.; NAUMANN, G.; VOGT, J.; FRISCHEN, J. Drought vulnerability indicators for global-scale drought risk assessments. **Publications Office of the European Union**, 2019, v. 34, p.223-252, 2019. doi:10.2760/73844.

MISHRA, Ashok K.; SINGH, Vijay P. A review of drought concepts. **Journal of hydrology**, v. 391, n. 1-2, p. 202-216, 2010.

MEHRAN, Ali; MAZDIYASNI, Omid; AGHAKOUCHAK, Amir. A hybrid framework for assessing socioeconomic drought: Linking climate variability, local resilience, and demand. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 120, n. 15, p. 7520-7533, 2015.

MINUTI, Jay J., Byrne, M., Hemraj, D. A., Russell, B. D. Capacity of an ecologically key urchin to recover from extreme events: Physiological impacts of heatwaves and the road to recovery. **Science of The Total Environment**, v. 785, p. 147281, 2021.

Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação - MCTI. **Documento teórico-metodológico para avaliação de risco de impacto de mudança climática nos setores estratégicos de recursos hídricos e segurança alimentar da plataforma Adapta Brasil MCTI Versão 1.1**. Brasília: McTi, 2022.

_____. **Sistema de Informações e Análises sobre Impactos das Mudanças Climáticas (AdaptaBrasil MCTI)**. Disponível em: <<https://adaptabrasil.mcti.gov.br/>>. Acesso em 10 de outubro de 2021.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Sistema Integrado de Informações sobre Desastres S2Id**. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/index.xhtml>>. Acesso em 17 de outubro de 2021.

MITRA, Rajib; DAS, Jayanta. A comparative assessment of flood susceptibility modelling of GIS-based TOPSIS, VIKOR, and EDAS techniques in the Sub-Himalayan foothills region of Eastern India. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-32, 2023.

MOKARRAM, M., POURGHASEMI, H. R., HU, M., & ZHANG, H. (2021). Determining and forecasting drought susceptibility in southwestern Iran using multi-criteria decision-making (MCDM) coupled with CA-Markov model. **Science of The Total Environment**, v. 781, p. 146703, 2021.

MOURA, Marks Melo et al. Relation of El Niño and La Niña phenomena to precipitation, evapotranspiration and temperature in the Amazon basin. **Science of the Total Environment**, v. 651, p. 1639-1651, 2019.

MORELLI, André Borgato; CUNHA, André Luiz. Measuring urban road network vulnerability to extreme events: an application for urban floods. **Transportation research part D: transport and environment**, v. 93, p. 102770, 2021.

MORSUT, Claudia et al. Linking resilience, vulnerability, social capital and risk awareness for crisis and disaster research. **Journal of Contingencies and Crisis Management**, v. 30, n. 2, p. 137-147, 2022.

NASHWAN, Mohamed Salem et al. Development of climate-based index for hydrological hazard susceptibility. **Sustainability**, v. 10, n. 7, p. 2182, 2018.

NASCIMENTO, Alexandre Sabino do. “Campina 2035”, cidade inteligente? Uma análise do processo de reestruturação urbano-regional da rm de campina Grande via “complexo aluízio campos”. In: **Anais do XVIII ENANPUR 2019**, Natal: Enanpur, 2019. p. 1 - 28. Disponível em: <<http://anpur.org.br/xviiienganpur/anaisadmin/capapdf.php?reqid=1200>>. Acesso em: 09 nov. 2019.

NASCIMENTO, Maxsuel Bezerra do; ALMEIDA, Nadjacleia Vilar; DE ARAUJO, Lincoln Eloi. Análise da variabilidade da precipitação pluviométrica na microrregião de Umbuzeiro, Paraíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020.

NASCIMENTO, Maxsuel Bezerra do; MEDEIROS, Marysol Dantas de. INDICES DE SEVERIDADE DA SECA NO SEMIÁRIDO, PARAÍBA. **Mercator**, v. 21, 2023.

NDAYIRAGIJE, Jean Marie; LI, Fan. Effectiveness of Drought Indices in the Assessment of Different Types of Droughts, Managing and Mitigating Their Effects. **Climate**, v. 10, n. 9, p. 125, 2022.

NOBRE, Gabriela Guimarães et al. Achieving the reduction of disaster risk by better predicting impacts of El Niño and La Niña. **Progress in Disaster Science**, v. 2, p. 100022, 2019.

NOWAK, Maciej M. et al. Mobile GIS applications for environmental field surveys: A state of the art. **Global Ecology and Conservation**, v. 23, p. e01089, 2020.

O'DONNELL, Emily C.; THORNE, Colin R. Drivers of future urban flood risk. **Philosophical Transactions of the Royal Society A**, v. 378, n. 2168, p. 20190216, 2020.

OCDE. **Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide**. 1. ed. Washington D.C.: Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD), 2008.

OLIVEIRA, Camila Andrade de; DE ARAÚJO FALCÃO, Hanna Barreto; SOARES, Fabio Lopes. Mapping of Risk Areas in Communities of João Pessoa, Paraíba, Brazil. In: **Proceedings of the 8th International Congress on Environmental Geotechnics Volume 3: Towards a Sustainable Geoenvironment 8th**. Springer Singapore, 2019. p. 489-496.

OLIVEIRA, Taynan Araújo de. A conformação de novas áreas centrais em Campina Grande-PB: processo e morfologia urbana. In: XVII Encontro Nacional De Geógrafos, 18., 2016, São Luiz. **Anais [...]**. São Luiz: Encontro Nacional de Geógrafos, 2016. 1-11. Disponível em: http://www.eng2016.agb.org.br/resources/anais/7/1467256030_ARQUIVO_ENG_Taynan_Trabalho_Completo.pdf. Acesso em 10 de outubro de 2022.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE - OPS. **Atuação do setor saúde frente a situações de seca**. DF: OPAS, Ministério da Saúde, 2015. 52 p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Relatório Mundial das Cidades 2020: The Value of Sustainable Urbanization**. ONU: UN-Habitat, 2020, 418 p.

_____. **Relatório do Desenvolvimento Humano de 2021/2022**. 2022. Disponível em: <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2021-22>. Acesso em 10 de fevereiro de 2023.

OSAKA, Shannon; BELLAMY, Rob. Natural variability or climate change? Stakeholder and citizen perceptions of extreme event attribution. **Global Environmental Change**, v. 62, p. 102070, 2020.

OTTO, Friederike EL et al. Attributing high-impact extreme events across timescales— a case study of four different types of events. **Climatic Change**, v. 149, n. 3, p. 399-412, 2018.

OWEN, Gigi. What makes climate change adaptation effective? A systematic review of the

literature. **Global Environmental Change**, v. 62, p. 102071, 2020.

PAGE, Matthew J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **International journal of surgery**, v. 88, p. 105906, 2021.

PAGANO, A., PLUCHINOTTA, I., GIORDANO, R., PETRANGELI, A. B., FRATINO, U., & VURRO, M.. Dealing with uncertainty in decision-making for drinking water supply systems exposed to extreme events. **Water Resources Management**, v. 32, n. 6, p. 2131-2145, 2018.

PATERSON, David L.; WRIGHT, Hugh; HARRIS, Patrick NA. Health risks of flood disasters. **Clinical Infectious Diseases**, v. 67, n. 9, p. 1450-1454, 2018.

PELLING, Mark; GARSCHAGEN, Matthias. Put equity first in climate adaptation. 2019.

PENDERGRASS, A. G., MEEHL, G. A., PULWARTY, R., HOBBS, M., HOELL, A., AGHAKOUCHAK, A., ... Woodhouse. Flash droughts present a new challenge for subseasonal-to-seasonal prediction. **Nature Climate Change**, v. 10, n. 3, p. 191-199, 2020.

PEREIRA, Jeferson Oldair de Lima. **Geomorfologia fluvial e ação antrópica no município de Prata-PB: estudo do trecho do Riacho Acauã**. 2022. 20 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Centro de Humanidades, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2022.

PEREIRA, Susana C.; CARVALHO, David; ROCHA, Alfredo. Temperature and Precipitation Extremes over the Iberian Peninsula under Climate Change Scenarios: A Review. **Climate**, v. 9, n. 9, p. 139, 2021.

PERKINS-KIRKPATRICK, Sarah; PITMAN, Andy. Extreme events in the context of climate change. **Public Health Res. Pract**, v. 28, p. e2841825, 2018.

PHILLIPS, Helen. The capacity to adapt to climate change at heritage sites—The development of a conceptual framework. **Environmental Science & Policy**, v. 47, p. 118-125, 2015.

PONTES FILHO, J. D., SOUZA FILHO, F. D. A., MARTINS, E. S. P. R., STUDART, T. M. D. C. Copula-based multivariate frequency analysis of the 2012–2018 drought in Northeast Brazil. **Water**, v. 12, n. 3, p. 834, 2020.

PONTIUS JR, Robert Gilmore; CHEUK, Mang Lung. A generalized cross-tabulation matrix to compare soft-classified maps at multiple resolutions. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 20, n. 1, p. 1-30, 2006.

PORTAL CORREIO. **Inmet faz alerta de perigo por chuvas para 73 cidades da Paraíba**. 2021. Disponível em: <https://portalcorreio.com.br/inmet-faz-alerta-de-perigo-por-chuvas-para-73-cidades-da-paraiba/> . Acesso em 08 de março de 2023.

PORTAL CORREIO. **Alertas de chuvas são prorrogados e ampliados para toda a PB**. 2020. Disponível em: <https://portalcorreio.com.br/alertas-de-chuvas-fortes-sao-prorrogados-e-ampliados-para-toda-a-pb/> . Acesso em 08 de março de 2023.

POUR, Sahar Hadi et al. Low impact development techniques to mitigate the impacts of climate-change-induced urban floods: Current trends, issues and challenges. **Sustainable Cities and Society**, v. 62, p. 102373, 2020.

QUEIROGA, Amanda Lopes. **Análise das áreas propensas a inundação e a expansão urbana no município de João Pessoa, Paraíba, Brasil**. 2021. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021.

RAJABI, Ahmad et al. Exploring the sample size and replications scenarios effect on spatial prediction of flood, using MARS and MaxEnt methods case study: saliantape catchment, Golestan, Iran. **Natural Hazards**, v. 109, n. 1, p. 871-901, 2021.

RANI, WNM Wan Mohd et al. Measuring Urban Resilience Using Climate Disaster Resilience Index (cdri). **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 42, n. 4/W9, 2018.

RAMOS FILHO, Rivaildo da Silva. **Cenários de projeção do risco a inundações no estado da Paraíba**. 2022. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2022.

RIPPLE, W. J., WOLF, C., NEWSOME, T. M., GREGG, J. W., LENTON, T. M., PALOMO, I., ... ROCKSTRÖM, J. World scientists' warning of a climate emergency 2021. **BioScience**, v. 71, n. 9, p. 894-898, 2021.

RODRIGUES, Layane Moura. **Avaliação dos desastres naturais no Estado da Paraíba entre 2010 e 2020**. 2020. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Profágua, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2020.

ROOY, M. P. V. A rainfall anomaly index independent of time and space. **Notos** 14, 43-48. 1965.

ROSSI, Júlia Brusso et al. Análise comparativa de secas no Brasil a partir de sensoriamento remoto. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (24.: 2021: Belo Horizonte)**. **Anais [recurso eletrônico]**. Porto Alegre: ABRHidro, 2021, 2021.

SAATY, Thomas L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of mathematical psychology**, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977.

SANDER, Rafaela Cristina; FERREIRA, Yuri Vieira Brandão; CARVALHO, Shalana Santos; BARROS FILHO, Mauro Normando Macedo. Áreas Urbanas Em Beira D`Água Análise de Integração dos Açudes Velho e de Bodocongó com a Cidade de Campina Grande, PB. In: Encontro Nacional Da Associação Nacional De Pós-Graduação E Pesquisa em Planejamento Urbano E Regional - ENANPUR, 18., 2019, Natal. Anais XVIII ENANPUR 2019. Natal: Enanpur, 2019. p. 1-20.

SANTOS, Ana Carolina Nogueira; CARVALHO, Luiz Eugênio Pereira. Mapeamento dos

municípios paraibanos atingidos por enchentes/inundações e levantamento dos instrumentos e/ou medidas de gestão de riscos: uma Interpretação a partir do MUNIC/IBGE/2013. **Revista GeoSertões**, v. 2, n. 3, p. 51-74, 2018.

SANTOS, Jader de Oliveira. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. **Mercator (Fortaleza)**, v. 14, n. 2, p. 75-90, 2015. DOI: 10.4215/RM2015.1402.0005.

SANTOS, P. dos(a), SANTOS, A. M. dos, FERREIRA, J. M. S., dos Santos Ferreira, H., GALVÍCIO, J. D.. Análise da suscetibilidade a desertificação na bacia hidrográfica do rio pontal–Pernambuco-Brasil. *Investigaciones Geográficas*, (53), 37-50.. Análise da suscetibilidade a desertificação na bacia hidrográfica do rio pontal–Pernambuco- Brasil. **Investigaciones Geográficas**, n. 53, p. 37-50, 2017a.

SANTOS FILHO, Josenildo Isidro dos et al. Elaboração de escala de favorabilidade para locação de poços na região do município de Algodão De Jandaíra–PB, através da interpretação de imagens de satélite. **Águas Subterrâneas**, 2018.

SANTOS, Sérgio Rodrigo Quadros dos; Sansigolo, Clovis Angeli; NEVES, Theomar Trindade de Tiburtino Araújo; CAMPOS, Thamiris Luisa de Oliveira Brandão. Frequências dos eventos extremos de seca e chuva na Amazônia utilizando diferentes bancos de dados de precipitação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 2, p.468-478, 2017b.

SANTOS, Cárliton Vieira dos; OLIVEIRA, Aryeverton Fortes de; FERREIRA FILHO, Joaquim Bento de Souza. Potential impacts of climate change on agriculture and the economy in different regions of Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60,2021.

SARKODIE, Samuel Asumadu; STREZOV, Vladimir. Economic, social and governance adaptation readiness for mitigation of climate change vulnerability: Evidence from 192 countries. **Science of the Total Environment**, v. 656, p. 150-164, 2019.

SENA, Aderita Ricarda de Martins; BARCELLOS, Christovam. Informação sobre secas e saúde: subsídio para ações preventivas. **P2P e Inovação**, v. 6, n. 1, p. 16-32, 2019.

SENEVIRATNE, Sonia I. et al. Climate extremes, land–climate feedbacks and land-use forcing at 1.5 C. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 376, n. 2119, p. 20160450, 2018.

SILVA, Rejane do Nascimento da et al. VULNERABILIDADE SOCIAL E INFRAESTRUTURAL NA ÁREA URBANA DE CAMPINA GRANDE, PARAÍBA, BRASIL. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 6, n. 2, p. 54-64, 2020a.

SILVA, Michele Lins Aracaty et al. Vulnerabilidade social, fome e pobreza nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil. **Políticas públicas, educação e diversidade: uma compreensão científica do real**, v. 1, n. 1, p. 1083-1105, 2020b.

SILVA, MCL da; BRITO, J. I. B.; COSTA, A. M. N. Proposta de monitoramento da precipitação pluvial no Estado da Paraíba utilizando a técnica dos quantis. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**. 2004.

SILVA, J. L. S. E., CRUZ-NETO, O., PERES, C. A., TABARELLI, M., & LOPES, A. V.. Climate change will reduce suitable Caatinga dry forest habitat for endemic plants with

disproportionate impacts on specialized reproductive strategies. **PloS one**, v. 14, n. 5, p. e0217028, 2019.

SILVA, Eduardo Almeida da et al. Determinação de limiares para a precipitação mensal das regiões homogêneas da Paraíba usando quantis. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, p. 92-111, 2022.

SICHE, R., AGOSTINHO, F., ORTEGA, E., ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & sociedade**, v. 10, p. 137-148, 2007.

SHANNON, Claude E. Prediction and entropy of printed English. **Bell system technical journal**, v. 30, n. 1, p. 50-64, 1951.

SHARIFI, Ayyoob; ROOSTA, Maryam; JAVADPOOR, Masoud. Urban form resilience: A comparative analysis of traditional, semi-planned, and planned neighborhoods in Shiraz, Iran. **Urban Science**, v. 5, n. 1, p. 18, 2021.

SCHEIHING, Konstantin W.; KÜBECK, Christine; SÜTERING, Uwe. GIS-AHP Ensembles for Multi-Actor Multi-Criteria Site Selection Processes: Application to Groundwater Management under Climate Change. **Water**, v. 14, n. 11, p. 1793, 2022.

SHI, X., CHEN, J., GU, L., XU, C. Y., CHEN, H., ZHANG, L.. Impacts and socioeconomic exposures of global extreme precipitation events in 1.5 and 2.0° C warmer climates. **Science of The Total Environment**, v. 766, p. 142665, 2021.

SHIELDS, Deborah J.; ŠOLAR, Slavko V.; MARTIN, Wade E. The role of values and objectives in communicating indicators of sustainability. **Ecological Indicators**, v. 2, n. 1-2, p. 149-160, 2002.

SOUZA, Caylanne Mendes de; SOUZA, Joseneto de. **Análise de risco e prevenção de alagamentos e inundações em Cajazeiras-PB**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso.

SOARES, Debora Rodrigues et al. Estimativa do grau de impermeabilização das bacias urbanas da cidade de campina grande. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e479974377-e479974377, 2020.

SOUZA, Fernanda Abreu Oliveira; OLIVEIRA, Mauro Márcio. Panorama dos danos humanos provocados por secas e cheias no Brasil e uma proposta de regionalização de investimentos na gestão de riscos. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 51, 2019.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE - SUDENE. **Delimitação do Semiárido**. Disponível em: <<https://www.gov.br/sudene/pt-br/assuntos/projetos-e-iniciativas/delimitacao-do-semiarido>>. Acesso em 16 de novembro de 2021.

SWAIN, D. L., SINGH, D., TOUMA, D., DIFFENBAUGH, N. S.. Attributing extreme events to climate change: a new frontier in a warming world. **One Earth**, v. 2, n. 6, p. 522-527, 2020.

THOMAS, B. F., FAMIGLIETTI, J. S., LANDERER, F. W., WIESE, D. N.,

MOLOTCH, N. P., & ARGUS, D. F. GRACE groundwater drought index: Evaluation of California Central Valley groundwater drought. **Remote Sensing of Environment**, v. 198, p. 384-392, 2017.

TAHROUDI, Mohammad Nazeri; POURREZA-BILONDI, Mohsen; RAMEZANI, Yousef. Toward coupling hydrological and meteorological drought characteristics in Lake Urmia Basin, Iran. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 138, n. 3, p. 1511- 1523, 2019.

TEAM, R. C. et al. R: A language and environment for statistical computing. 2013.

THIRUMURTHY, S. et al. Multi-criteria coastal environmental vulnerability assessment using analytic hierarchy process based uncertainty analysis integrated into GIS. **Journal of Environmental Management**, v. 313, p. 114941, 2022.

TIMOTHEO, Karinthea Karla Silva. **Avaliação das ocorrências de desastres hidrometeorológicos na região semiárida do Brasil no período de 2003 a 2017**. 2020. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021.

TORRES, Pedro Henrique Campello; JACOBI, Pedro Roberto; LEONEL, Ana Lia. Nemleigos nem peritos: o semeador e as mudanças climáticas no Brasil. **Política & Sociedade**, v. 19, n. 44, p. 17-38, 2020.

TRAVASSOS, Luciana et al. Why do extreme events still kill in the São Paulo Macro Metropolis Region? Chronicle of a death foretold in the global south. **International Journal of Urban Sustainable Development**, v. 13, n. 1, p. 1-16, 2021.

United Nations International Strategy for Disaster Reduction. Terminology on Disaster Risk Reduction. Geneva, Switzerland. 2017.

VALENTE, Omar Fernando. Reflexões hidrológicas sobre inundações e alagamentos urbanos. **Cidades do Brasil**, p. 270, 2009.

VAN HATEREN, T. C., CHINI, M., MATGEN, P., & TEULING, A. J. Ambiguous Agricultural Drought: Characterising Soil Moisture and Vegetation Droughts in Europe from Earth Observation. **Remote Sensing**, v. 13, n. 10, p. 1990, 2021.

VIEIRA, R. M. D., TOMASELLA, J., BARBOSA, A. A., MARTINS, M. A., RODRIGUEZ, D. A., REZENDE, F. S., SANTANA, M. D. Desertification risk assessment in Northeast Brazil: Current trends and future scenarios. **Land Degradation & Development**, v. 32, n. 1, p. 224-240, 2021.

VOGEL, Martha M.; HAUSER, Mathias; SENEVIRATNE, Sonia I. Projected changes in hot, dry and wet extreme events' clusters in CMIP6 multi-model ensemble. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 9, p. 094021, 2020.

WIEL, Karin Van Der; BINTANJA, Richard. Contribution of climatic changes in mean and variability to monthly temperature and precipitation extremes. **Communications Earth & Environment**, v. 2, n. 1, p. 1, 2021.

WLOSTOWSKI, A. N., JENNINGS, K. S., BASH, R. E., BURKHARDT, J., WOBUS, C. W., & AGGETT, G. Dry landscapes and parched economies: A review of how drought impacts

nonagricultural socioeconomic sectors in the US Intermountain West. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water**, v. 9, n. 1, p. e1571, 2022.

WILHITE, D.A.; GLANTZ, M.H. Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. **Water International**, [s.l.], v.10, n.3, p. 111–120, 1985.

WU, Jinru; CHEN, Xiaoling; LU, Jianzhong. Assessment of long and short-term flood risk using the multi-criteria analysis model with the AHP-Entropy method in Poyang Lake basin. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 75, p. 102968, 2022.

XU, Jing et al. A New Framework for Assessment of Offshore Wind Farm Location. **Energies**, v. 15, n. 18, p. 6758, 2022.

YU, Po-Lung. A class of solutions for group decision problems. **Management science**, v. 19, n. 8, p. 936-946, 1973.

ZENG, Z., LI, Y., LAN, J., & HAMIDI, A. R.. Utilizing User-Generated Content and GIS for Flood Susceptibility Modeling in Mountainous Areas: A Case Study of Jian City in China. **Sustainability**, v. 13, n. 12, p. 6929, 2021

ZHAI, P., YUAN, Y., YU, R., GUO, J.. Climate change and sustainable development for cities. *Chinese Science Bulletin*, 64(19), 1995-2001.. Climate change and sustainable development for cities. **Chinese Science Bulletin**, v. 64, n. 19, p. 1995-2001, 2019.

ZHANG, Y., Li, Q., GE, Y., DU, X., WANG, H.. Growing prevalence of heat over cold extremes with overall milder extremes and multiple successive events. **Communications Earth & Environment**, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2022.

ZHANG, Y., HAO, Z., FENG, S., ZHANG, X., XU, Y., HAO, F. Agricultural drought prediction in China based on drought propagation and large-scale drivers. **Agricultural Water Management**, v. 255, p. 107028, 2021.

ZHAO, G., PANG, B., XU, Z., CUI, L., WANG, J., ZUO, D., PENG, D. (2021). Improving urban flood susceptibility mapping using transfer learning. **Journal of Hydrology**, v. 602, p. 126777, 2021.

ZILLI, M., SCARABELLO, M., SOTERRONI, A. C., VALIN, H., MOSNIER, A., LECLÈRE, D., RAMOS, F. M. The impact of climate change on Brazil's agriculture. **Science of the Total Environment**, v. 740, p. 139384, 2020.

ZHUANG, X., HAO, Z., SINGH, V. P., ZHANG, Y., FENG, S., XU, Y., & HAO, F. . Drought propagation under global warming: Characteristics, approaches, processes, and controlling factors. **Science of The Total Environment**, p. 156021, 2022.

ZHU, Shiyao et al. Enhancing urban flood resilience: A holistic framework incorporating historic worst flood to Yangtze River Delta, China. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 61, p. 102355, 2021.

ZSCHEISCHLER, Jakob et al. A typology of compound weather and climate events. **Nature reviews earth & environment**, v. 1, n. 7, p. 333-347, 2020.

APÉNDICE A

Tabela de Valores Brutos dos indicadores do índice de risco de impacto climático a cheias

Código do IBGE	Nome do Município	DMT	SESG	COBVEG	COBRED	POPAD	PROSP	DHT	COBPAV	VULP	AURBD	ACC	ODC
2500106	Água Branca	162625,06	85,84	73,35	25,22	35,93	1,00	74,55	51,46	85,66	0,82	35,00	2,00
2500205	Aguiar	25035,52	88,78	84,57	42,48	24,71	2,00	1,79	68,16	82,27	0,61	25,00	1,00
2500304	Alagoa Grande	127181,60	79,58	51,20	5,10	56,09	1,00	61,59	24,46	82,35	3,73	20,00	2,00
2500403	Alagoa Nova	52942,09	81,47	60,02	0,00	41,13	1,00	13,10	0,00	81,98	1,40	25,00	1,00
2500502	Alagoinha	448704,78	98,37	42,33	0,00	5,91	1,00	171,72	46,48	82,58	1,20	25,00	2,00
2500536	Alcantil	0,00	96,71	55,59	1,00	35,68	1,00	0,00	58,58	81,58	0,76	0,00	0,00
2500577	Algodão de Jandaíra	0,00	92,45	50,80	0,00	18,84	1,00	0,00	62,04	86,25	0,41	25,00	0,00
2500601	Alhandra	74647,20	99,20	13,48	3,06	8,91	1,00	5,76	21,24	81,26	3,74	25,00	1,00
2500734	Amparo	50734,20	93,79	76,12	18,00	14,67	2,00	0,00	36,00	85,13	0,33	0,00	2,00
2500775	Aparecida	242052,25	97,69	68,87	6,66	7,24	1,00	141,86	41,80	80,81	0,98	30,00	2,00
2500809	Araçagi	212882,32	92,45	38,09	0,00	21,47	1,00	290,48	31,56	84,86	1,90	25,00	1,00
2500908	Arara	51764,96	77,54	47,47	40,38	51,29	1,00	14,97	60,00	79,92	1,22	25,00	2,00
2501005	Araruna	0,00	78,13	40,62	0,48	51,94	1,00	0,00	32,28	81,51	2,53	30,00	0,00
2501104	Areia	58569,34	85,09	61,38	32,32	46,83	1,00	9,72	83,54	78,83	2,39	25,00	2,00
2501153	Areia de Baraúnas	33185,62	79,74	68,08	0,26	36,41	1,00	6,24	60,34	84,16	0,37	0,00	1,00
2501203	Areial	0,00	77,24	7,32	0,00	50,89	2,00	0,00	0,00	77,40	1,02	30,00	0,00
2501302	Aroeiras	154051,28	87,44	63,40	7,06	26,01	1,00	566,93	92,16	84,30	2,28	20,00	4,00
2501351	Assunção	20327,01	82,85	54,23	0,00	35,68	2,00	0,86	0,00	81,03	0,60	0,00	1,00
2501401	Baía da Traição	0,00	99,81	16,69	0,00	8,65	1,00	0,00	0,00	85,11	1,75	35,00	0,00
2501500	Bananeiras	85557,17	93,93	48,60	0,00	37,22	1,00	4,03	0,00	83,02	3,13	30,00	1,00
2501534	Baraúna	47762,72	87,48	17,05	0,00	35,68	1,00	56,38	73,34	83,78	0,59	0,00	4,00
2501609	Barra de Santa Rosa	23178,77	72,79	58,24	6,00	60,48	1,00	0,00	53,76	83,18	1,84	25,00	1,00

Código do IBGE	Nome do Município	DMT	SESG	COBVEG	COBRED	POPAD	PROSP	DHT	COBPAV	VULP	AURBD	ACC	ODC
2501575	Barra de Santana	102583,71	84,54	43,21	0,00	23,78	1,00	13,79	61,30	83,83	0,72	20,00	3,00
2501708	Barra de São Miguel	0,00	98,56	54,13	0,00	6,87	2,00	0,00	70,34	76,43	0,92	35,00	0,00
2501807	Bayeux	143465,45	95,07	37,53	0,00	31,02	2,00	890,28	20,84	68,55	10,35	30,00	4,00
2501906	Belém	110212,47	71,68	48,58	3,96	63,50	1,00	103,90	41,90	80,81	1,62	20,00	3,00
2502003	Belém do Brejo do Cruz	0,00	83,57	50,26	0,00	49,07	1,00	0,00	47,28	83,05	0,97	25,00	0,00
2502052	Bernardino Batista	60376,99	99,88	73,29	0,00	35,68	1,00	156,00	20,00	86,22	0,73	0,00	3,00
2502102	Boa Ventura	113785,30	98,15	80,70	34,78	10,39	1,00	3,79	52,92	80,86	0,63	0,00	1,00
2502151	Boa Vista	27447,20	95,79	55,33	4,62	14,35	3,00	0,00	47,16	72,38	0,96	25,00	1,00
2502201	Bom Jesus	0,00	99,60	56,01	44,40	1,20	1,00	0,00	77,80	80,01	0,47	0,00	0,00
2502300	Bom Sucesso	0,00	86,06	43,14	0,86	33,36	2,00	0,00	58,00	80,47	0,52	25,00	0,00
2502409	Bonito de Santa Fé	60266,43	82,59	73,73	0,00	45,97	2,00	0,00	27,88	80,84	1,50	25,00	1,00
2502508	Boqueirão	207534,71	79,28	61,91	52,60	52,95	2,00	156,21	94,70	73,98	2,20	25,00	2,00
2502706	Borborema	0,00	81,11	54,52	0,00	44,06	1,00	0,00	16,66	83,54	0,56	25,00	0,00
2502805	Brejo do Cruz	237813,15	76,98	48,56	0,00	51,44	1,00	112,48	62,86	76,83	1,82	25,00	2,00
2502904	Brejo dos Santos	0,00	96,68	54,97	4,00	8,93	2,00	0,00	49,34	80,14	0,87	30,00	0,00
2503001	Caaporã	241167,76	98,68	14,56	2,56	9,42	2,00	233,38	47,52	80,84	3,58	30,00	2,00
2503100	Cabaceiras	116288,85	81,10	62,13	8,06	50,99	3,00	3,24	56,72	75,54	0,56	30,00	1,00
2503209	Cabedelo	541625,44	95,50	25,50	17,98	39,56	5,00	1229,83	72,00	57,80	13,68	0,00	4,00
2503308	Cachoeira dos Índios	13894,79	92,01	69,65	12,00	32,28	2,00	0,00	50,00	80,05	1,06	0,00	2,00
2503407	Cacimba de Areia	31419,19	77,78	53,44	1,22	55,52	1,00	53,62	86,00	82,39	0,35	25,00	2,00
2503506	Cacimba de Dentro	47487,10	94,53	30,82	1,16	18,32	1,00	13,00	34,74	84,30	1,94	25,00	1,00
2503555	Cacimbas	40194,64	74,28	77,46	0,00	70,74	1,00	0,00	64,88	89,23	0,68	0,00	1,00
2503605	Caiçara	0,00	79,29	26,00	0,00	52,57	1,00	0,00	0,00	82,89	0,76	30,00	0,00
2503704	Cajazeiras	160302,56	82,43	71,58	24,06	46,10	4,00	13,07	57,42	66,64	10,78	30,00	1,00
2503753	Cajazeirinhas	8636,32	93,10	81,30	0,00	19,08	2,00	0,00	79,86	84,78	0,24	30,00	1,00
2503803	Caldas Brandão	63507,54	97,49	39,63	0,00	6,78	1,00	0,00	0,00	83,28	0,77	35,00	1,00

Código do IBGE	Nome do Município	DMT	SESG	COBVEG	COBRED	POPAD	PROSP	DHT	COBPAV	VULP	AURBD	ACC	ODC
2503902	Camalaú	157545,07	88,47	44,84	3,10	27,54	1,00	154,45	100,00	82,88	1,10	25,00	3,00
2504009	Campina Grande	567209,51	75,87	37,66	1,40	66,75	5,00	511,69	79,08	57,39	62,56	20,00	5,00
2504033	Capim	0,00	98,15	18,97	0,00	3,98	1,00	0,00	0,00	88,54	1,14	0,00	1,00
2504074	Caraúbas	20671,53	90,05	31,59	1,74	75,10	2,00	0,00	66,82	79,12	0,52	0,00	1,00
2504108	Carrapateira	13754,73	94,45	84,25	0,00	11,12	3,00	0,00	17,18	81,77	0,21	35,00	1,00
2504157	Casserengue	33074,45	82,82	38,32	1,24	47,43	1,00	2,90	52,62	88,89	0,93	25,00	1,00
2504207	Catingueira	158468,10	92,27	86,30	0,00	22,33	1,00	99,52	54,86	82,31	0,46	30,00	2,00
2504306	Catolé do Rocha	0,00	85,59	71,69	26,90	39,44	3,00	0,00	45,00	74,33	4,68	35,00	0,00
2504355	Caturité	0,00	74,80	48,32	6,00	64,96	3,00	0,00	72,00	77,04	0,93	0,00	0,00
2504405	Conceição	67745,20	91,51	81,72	8,70	23,00	1,00	3,83	22,60	81,73	1,98	25,00	1,00
2504504	Condado	0,00	84,88	67,84	0,00	40,83	1,00	0,00	0,00	78,57	1,24	30,00	0,00
2504603	Conde	0,00	99,79	23,96	0,84	7,71	2,00	0,00	16,76	79,43	13,90	30,00	0,00
2504702	Congo	144577,65	82,29	27,47	0,00	49,63	1,00	80,31	69,66	81,39	0,79	35,00	2,00
2504801	Coremas	459105,53	80,43	57,85	0,00	49,30	1,00	722,31	0,00	78,86	2,03	25,00	4,00
2504850	Coxixola	20097,32	75,19	48,63	0,00	65,87	3,00	0,00	36,00	77,40	0,53	30,00	1,00
2504900	Cruz do Espírito Santo	65459,85	91,40	30,03	28,70	20,89	1,00	9,86	38,68	83,97	1,23	20,00	1,00
2505006	Cubati	60633,27	91,21	34,89	0,00	22,09	1,00	109,79	0,08	81,86	1,08	25,00	2,00
2505105	Cuité	0,00	94,53	61,84	1,40	16,75	1,00	0,00	20,90	79,57	2,81	25,00	0,00
2505238	Cuité de Mamanguape	34567,39	99,76	32,27	0,00	0,64	1,00	11,21	45,86	85,59	0,57	0,00	1,00
2505204	Cuitegi	51193,28	98,72	53,38	18,42	2,65	1,00	24,21	54,00	83,44	0,67	15,00	2,00
2505279	Curral de Cima	0,00	99,15	46,16	0,00	2,95	1,00	0,00	0,00	86,55	0,27	0,00	0,00
2505303	Curral Velho	0,00	94,89	91,67	0,00	42,93	2,00	0,00	0,00	81,76	0,27	25,00	0,00
2505352	Damião	89174,69	99,87	43,26	0,00	1,46	1,00	18,97	43,48	89,28	0,62	0,00	1,00
2505402	Desterro	0,00	82,45	78,20	0,00	38,73	1,00	0,00	0,00	83,73	1,08	40,00	0,00
2505600	Diamante	0,00	92,46	91,59	0,00	19,81	1,00	0,00	56,00	86,21	0,72	30,00	0,00
2505709	Dona Inês	0,00	93,04	46,20	14,68	24,87	1,00	0,00	32,22	84,49	0,86	25,00	0,00

Código do IBGE	Nome do Município	DMT	SESG	COBVEG	COBRED	POPAD	PROSP	DHT	COBPAV	VULP	AURBD	ACC	ODC
2505808	Duas Estradas	0,00	91,76	47,57	0,00	21,82	2,00	0,00	0,00	80,33	0,36	20,00	0,00
2505907	Emas	0,00	81,33	79,91	17,08	52,78	2,00	0,00	47,32	85,45	0,34	30,00	0,00
2506004	Esperança	22049,63	77,24	27,87	32,84	68,11	2,00	1,41	61,06	75,55	3,45	20,00	1,00
2506103	Fagundes	0,00	94,47	60,20	0,00	15,57	1,00	0,00	46,12	83,85	1,08	20,00	0,00
2506202	Frei Martinho	78953,77	68,01	41,30	0,00	82,22	3,00	1,41	25,96	74,67	0,49	30,00	2,00
2506251	Gado Bravo	0,00	96,37	55,06	0,00	7,62	1,00	0,00	20,00	89,29	0,54	0,00	0,00
2506301	Guarabira	85557,17	80,05	34,05	3,18	59,33	3,00	12,28	90,08	68,57	6,92	30,00	1,00
2506400	Gurinhém	340207,43	97,89	37,21	0,00	8,71	1,00	40,31	0,00	84,02	1,64	20,00	2,00
2506509	Gurjão	0,00	89,05	28,68	26,22	43,15	3,00	0,00	44,66	77,03	0,60	30,00	0,00
2506608	Ibiara	0,00	97,29	86,69	8,86	5,52	1,00	0,00	85,60	85,43	0,70	30,00	1,00
2502607	Igaracy	108954,50	87,87	59,59	0,00	29,32	3,00	233,83	35,36	81,17	0,73	30,00	3,00
2506707	Imaculada	139923,30	85,64	69,27	0,08	41,30	1,00	14,31	27,84	86,48	1,01	30,00	1,00
2506806	Ingá	78930,80	98,10	42,26	10,84	5,40	1,00	23,28	10,84	78,50	1,99	20,00	2,00
2506905	Itabaiana	304174,00	89,18	31,54	0,00	26,04	2,00	30,10	11,50	76,02	2,53	30,00	4,00
2507002	Itaporanga	4871,90	78,33	72,11	5,14	60,77	3,00	0,21	43,08	74,31	2,42	30,00	2,00
2507101	Itapororoca	0,00	95,38	49,82	6,14	10,80	1,00	0,00	40,14	81,15	1,20	30,00	0,00
2507200	Itatuba	121387,83	93,13	42,07	10,20	13,29	1,00	14,17	51,18	84,03	1,08	35,00	1,00
2507309	Jacaraú	0,00	98,14	31,01	1,06	7,74	1,00	0,00	13,04	83,41	1,34	30,00	0,00
2507408	Jericó	45994,16	84,44	49,92	0,00	47,15	3,00	8,55	20,00	78,36	0,98	30,00	2,00
2507507	João Pessoa	20419026,07	83,19	22,23	26,02	55,13	5,00	1254,41	68,72	44,41	103,32	35,00	10,00
2513653	Joca Claudino	101258,38	99,88	67,61	0,00	2,98	1,00	249,00	4,00	85,07	0,50	0,00	3,00
2507606	Juarez Távora	0,00	96,55	39,86	2,16	8,83	1,00	0,00	33,36	80,30	0,93	20,00	0,00
2507705	Juazeirinho	63852,06	76,00	41,57	2,00	59,45	2,00	4,14	10,00	82,01	1,82	0,00	1,00
2507804	Junco do Seridó	14240,39	76,06	70,56	0,00	76,39	1,00	0,00	50,00	82,93	0,90	25,00	1,00
2507903	Juripiranga	0,00	98,23	1,90	41,64	4,62	1,00	0,00	62,10	85,03	1,06	30,00	0,00
2508000	Juru	83638,57	92,13	81,99	14,20	35,78	1,00	119,72	80,26	83,85	1,12	35,00	2,00

Código do IBGE	Nome do Município	DMT	SESG	COBVEG	COBRED	POPAD	PROSP	DHT	COBPAV	VULP	AURBD	ACC	ODC
2508109	Lagoa	13241,43	90,23	71,05	14,56	20,75	1,00	0,00	22,96	86,25	0,51	25,00	1,00
2508208	Lagoa de Dentro	28595,62	95,17	44,66	2,22	15,64	2,00	22,34	24,44	82,96	1,01	0,00	1,00
2508307	Lagoa Seca	55238,93	83,49	38,54	0,00	58,49	1,00	4,14	0,00	74,72	2,34	20,00	2,00
2508406	Lastro	27455,23	93,63	56,03	12,00	17,65	1,00	44,83	23,52	87,92	0,26	0,00	2,00
2508505	Livramento	274904,05	92,54	47,64	10,00	29,22	1,00	258,34	49,30	86,85	0,84	35,00	3,00
2508554	Logradouro	0,00	77,37	11,87	22,10	59,58	1,00	0,00	45,00	84,71	0,64	0,00	0,00
2508604	Lucena	258519,34	99,74	15,70	0,04	13,80	1,00	71,90	52,56	84,27	4,56	0,00	3,00
2508703	Mãe d'Água	0,00	78,97	80,58	10,70	82,04	3,00	0,00	62,82	87,67	0,54	30,00	0,00
2508802	Malta	5715,76	75,01	77,78	9,18	56,75	1,00	0,00	52,56	75,16	1,72	25,00	1,00
2508901	Mamanguape	105309,97	98,97	29,32	0,56	6,20	1,00	7,07	12,24	78,69	5,47	25,00	1,00
2509008	Manaíra	84533,70	93,30	79,67	0,08	15,96	1,00	7,86	49,56	85,75	1,19	0,00	2,00
2509057	Marcação	0,00	99,89	20,60	15,72	13,82	1,00	0,00	67,30	87,96	1,10	0,00	0,00
2509107	Mari	90727,35	99,83	44,91	0,00	0,72	3,00	132,55	20,00	81,20	2,52	25,00	1,00
2509156	Marizópolis	485755,73	95,24	64,84	0,00	11,53	1,00	123,45	0,00	81,55	1,34	0,00	3,00
2509206	Massaranduba	0,00	88,96	62,99	53,58	45,66	1,00	0,00	82,36	83,25	0,89	0,00	1,00
2509305	Mataraca	1068916,01	99,19	13,45	8,34	1,93	1,00	237,76	52,00	84,98	1,01	25,00	3,00
2509339	Matinhas	0,00	82,26	75,12	24,28	42,63	2,00	0,00	44,56	84,71	0,22	0,00	0,00
2509370	Mato Grosso	12031,42	81,85	59,32	0,00	45,06	1,00	0,00	0,00	82,24	0,27	0,00	1,00
2509396	Maturéia	0,00	90,82	69,76	0,66	26,89	1,00	0,00	84,08	83,44	1,06	0,00	1,00
2509404	Mogeiro	368596,37	99,75	38,32	4,14	1,78	1,00	22,66	34,96	84,43	1,11	15,00	2,00
2509503	Montadas	36277,61	83,81	4,89	2,50	41,03	1,00	72,90	35,00	82,00	0,68	25,00	1,00
2509602	Monte Horebe	27580,51	72,37	77,88	4,00	63,89	3,00	67,31	32,00	80,38	0,49	35,00	1,00
2509701	Monteiro	93481,26	73,35	63,02	0,90	64,48	1,00	81,28	22,98	74,76	6,59	35,00	1,00
2509800	Mulungu	667789,23	97,97	29,28	0,00	9,05	1,00	135,90	0,00	83,51	1,06	20,00	3,00
2509909	Natuba	417229,60	97,69	45,13	0,20	20,87	1,00	15,48	32,00	86,10	0,60	25,00	2,00
2510006	Nazarezinho	81125,91	88,94	73,22	0,00	31,83	2,00	143,07	27,62	85,37	0,62	30,00	2,00

Código do IBGE	Nome do Município	DMT	SESG	COBVEG	COBRED	POPAD	PROSP	DHT	COBPAV	VULP	AURBD	ACC	ODC
2510105	Nova Floresta	111052,06	99,80	45,64	3,42	0,94	1,00	6,03	41,82	78,66	1,60	25,00	1,00
2510204	Nova Olinda	81602,56	89,99	56,01	6,66	35,62	1,00	8,28	61,34	83,87	0,75	20,00	2,00
2510303	Nova Palmeira	0,00	69,47	49,80	0,00	85,65	1,00	0,00	52,00	80,55	0,61	30,00	0,00
2510402	Olho d'Água	0,00	82,60	87,91	15,42	44,29	2,00	0,00	57,94	85,94	0,71	20,00	0,00
2510501	Oliveiros	20464,37	80,07	52,27	0,00	70,05	2,00	0,00	15,38	82,61	0,44	0,00	1,00
2510600	Ouro Velho	0,00	99,12	67,99	33,58	2,05	2,00	0,00	82,60	77,80	0,63	30,00	0,00
2510659	Parari	49956,20	93,85	28,67	0,00	67,34	2,00	0,00	0,00	76,59	0,44	0,00	1,00
2510709	Passagem	116866,59	81,88	55,05	0,00	51,62	5,00	51,83	0,00	79,24	0,43	30,00	2,00
2510808	Patos	2794270,47	75,00	46,20	21,42	60,36	1,00	737,38	52,18	65,01	13,76	25,00	4,00
2510907	Paulista	47521,55	85,31	52,89	0,00	43,10	2,00	6,10	20,00	77,63	0,98	30,00	1,00
2511004	Pedra Branca	27130,78	86,38	76,19	2,88	64,59	1,00	40,76	36,04	84,08	0,45	30,00	2,00
2511103	Pedra Lavrada	27906,57	71,61	48,63	0,00	69,39	1,00	1,10	42,96	83,22	0,75	30,00	1,00
2511202	Pedras de Fogo	314666,64	96,72	9,90	23,04	14,72	1,00	13,79	35,74	81,23	2,60	25,00	2,00
2512721	Pedro Régis	0,00	99,12	62,05	0,52	2,12	2,00	0,00	32,40	86,36	0,38	0,00	0,00
2511301	Piancó	200399,01	82,90	69,26	0,00	47,86	2,00	39,83	0,00	78,07	1,64	30,00	1,00
2511400	Picuí	414059,30	73,23	47,78	0,00	67,22	1,00	6,48	0,00	77,45	2,28	35,00	2,00
2511509	Pilar	84064,23	96,09	40,64	0,00	15,79	1,00	41,45	0,00	84,08	1,80	25,00	2,00
2511608	Pilões	59258,39	95,71	57,92	17,12	11,82	1,00	54,38	57,12	86,09	0,49	30,00	1,00
2511707	Pilõeszinhos	50487,92	91,19	63,64	4,12	28,56	1,00	15,34	36,68	85,82	0,37	15,00	1,00
2511806	Pirpirituba	50530,41	82,13	59,80	5,78	46,23	1,00	111,10	92,62	80,09	0,88	30,00	2,00
2511905	Pitimbu	590629,29	99,69	19,60	0,00	8,59	1,00	79,79	10,00	84,73	6,84	20,00	2,00
2512002	Pocinhos	42606,32	85,65	47,03	0,00	42,83	1,00	19,48	69,90	80,85	1,92	30,00	1,00
2512036	Poço Dantas	146179,76	86,28	73,70	0,00	29,06	3,00	182,79	60,00	89,42	0,52	0,00	4,00
2512077	Poço de José de Moura	130578,06	70,32	31,19	6,20	70,32	3,00	228,34	86,60	78,27	0,42	0,00	2,00
2512101	Pombal	168648,38	79,87	66,72	1,10	53,86	3,00	159,41	69,38	70,71	3,79	30,00	3,00
2512200	Prata	77571,08	99,92	76,43	0,00	0,53	3,00	61,90	84,76	78,73	0,67	30,00	3,00

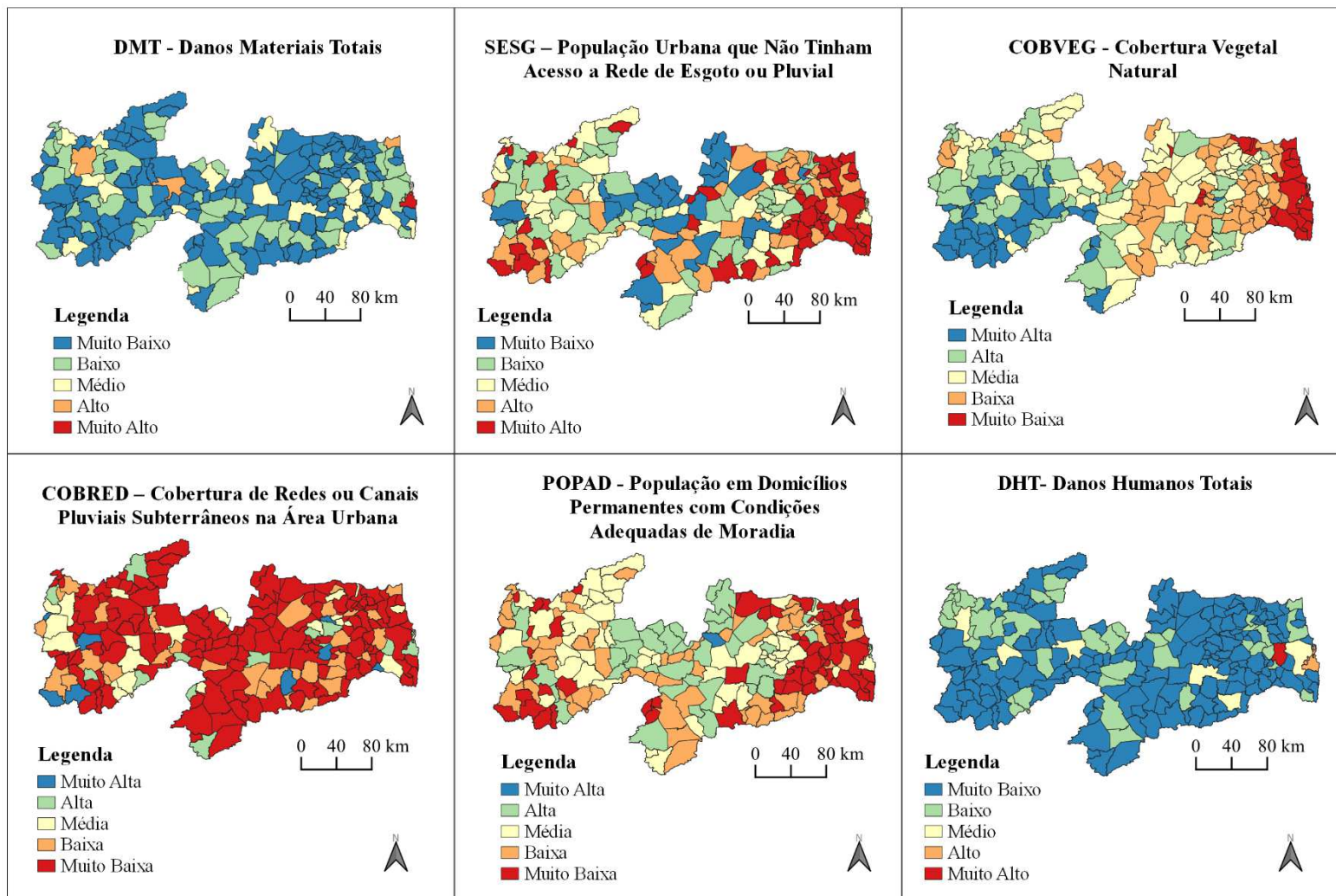
Código do IBGE	Nome do Município	DMT	SESG	COBVEG	COBRED	POPAD	PROSP	DHT	COBPAV	VULP	AURBD	ACC	ODC
2512309	Princesa Isabel	28710,46	77,21	79,02	2,00	61,26	3,00	12,72	41,84	73,87	2,32	30,00	1,00
2512408	Puxinanã	21590,27	92,06	18,49	0,00	107,01	3,00	0,00	0,00	79,49	1,78	20,00	1,00
2512507	Queimadas	0,00	83,77	44,15	10,62	59,16	2,00	0,00	82,30	77,85	5,98	0,00	1,00
2512606	Quixaba	46634,17	76,62	62,80	1,28	52,13	2,00	0,00	75,56	81,91	0,11	25,00	1,00
2512705	Remígio	271256,43	79,23	49,91	17,98	50,37	1,00	6,03	66,34	76,94	2,33	25,00	1,00
2512747	Riachão	57138,65	89,98	36,24	9,70	23,53	1,00	42,07	54,36	87,61	0,79	0,00	2,00
2512754	Riachão do Bacamarte	303837,06	99,89	53,31	0,00	14,70	1,00	17,97	0,00	80,90	0,66	15,00	1,00
2512762	Riachão do Poço	0,00	100,00	41,40	0,00	3,83	1,00	0,00	0,00	84,75	0,40	0,00	0,00
2512788	Riacho de Santo Antônio	69709,00	84,91	69,00	8,34	31,68	1,00	0,00	68,30	81,22	0,22	30,00	1,00
2512804	Riacho dos Cavalos	31945,10	81,02	52,85	1,40	43,61	1,00	116,24	46,20	84,97	0,77	30,00	1,00
2512903	Rio Tinto	221469,26	93,65	25,89	0,00	26,16	1,00	212,00	0,00	78,55	3,51	35,00	2,00
2513000	Salgadinho	28808,65	87,61	60,19	0,86	21,85	1,00	4,14	15,72	85,34	0,47	30,00	1,00
2513109	Salgado de São Félix	0,00	99,64	38,48	0,00	3,31	1,00	0,00	58,66	84,77	0,95	0,00	1,00
2513158	Santa Cecília	0,00	95,40	58,00	10,00	35,68	3,00	0,00	37,86	88,24	0,64	0,00	0,00
2513208	Santa Cruz	466134,21	85,78	67,76	1,50	49,45	3,00	135,86	26,48	77,15	1,21	25,00	2,00
2513307	Santa Helena	0,00	85,31	40,48	16,00	34,04	1,00	124,45	51,48	79,86	0,89	30,00	1,00
2513356	Santa Inês	114382,47	99,51	89,41	52,72	1,49	3,00	8,62	87,12	87,75	0,38	0,00	1,00
2513406	Santa Luzia	318388,29	73,28	41,63	0,00	66,94	2,00	101,14	79,28	71,34	2,13	30,00	2,00
2513703	Santa Rita	236982,52	97,52	24,44	0,00	16,21	3,00	647,41	0,00	73,39	20,30	25,00	5,00
2513802	Santa Teresinha	0,00	73,10	68,58	0,00	68,68	1,00	0,00	12,00	82,30	0,50	35,00	0,00
2513505	Santana de Mangueira	334694,00	96,82	90,95	44,18	6,82	1,00	38,48	71,68	89,75	0,39	25,00	2,00
2513604	Santana dos Garrotes	0,00	93,42	76,33	8,26	14,59	3,00	0,00	76,50	81,73	0,79	30,00	0,00
2513851	Santo André	249657,09	100,00	28,75	0,00	35,68	2,00	69,17	33,80	79,24	0,56	0,00	3,00
2513927	São Bentinho	0,00	84,01	62,82	0,00	38,21	3,00	0,00	46,62	82,40	0,57	0,00	0,00
2513901	São Bento	156391,38	80,52	39,80	1,28	46,61	2,00	282,14	53,42	73,63	4,37	25,00	2,00

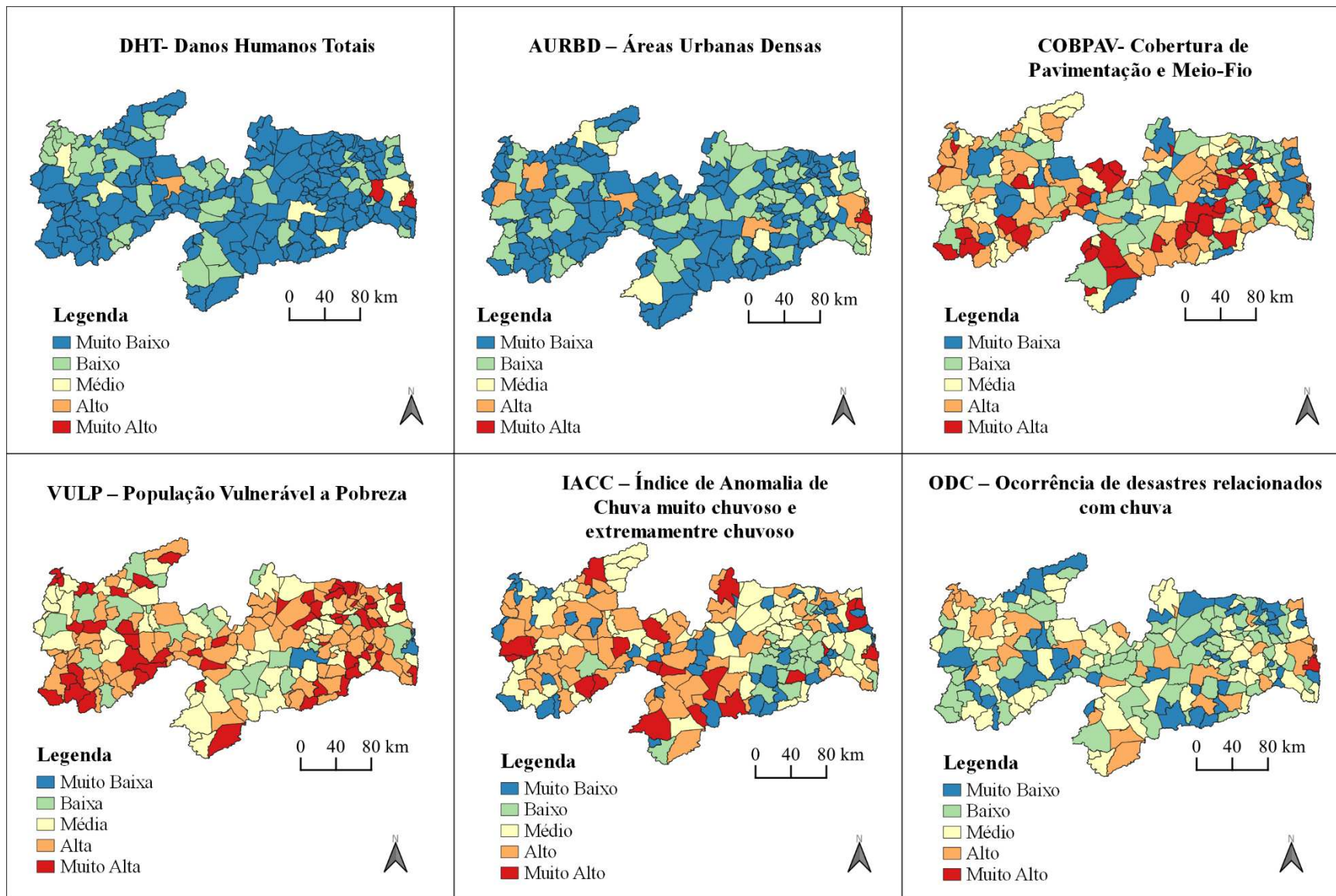
2513968	São Domingos	82819,07	78,57	72,64	2,98	56,93	1,00	19,41	58,22	82,36	0,34	0,00	2,00
Código do IBGE	Nome do Município	DMT	SESG	COBVEG	COBRED	POPAD	PROSP	DHT	COBPAV	VULP	AURBD	ACC	ODC
2513943	São Domingos do Cariri	0,00	76,98	56,65	7,72	57,83	1,00	0,00	81,32	74,28	0,43	30,00	0,00
2513984	São Francisco	101975,34	90,32	74,84	0,00	28,83	2,00	77,66	0,00	83,24	0,27	25,00	2,00
2514008	São João do Cariri	183226,91	75,07	40,35	7,50	69,81	3,00	10,93	13,76	73,35	0,65	35,00	2,00
2500700	São João do Rio do Peixe	137668,23	77,20	46,92	17,00	62,18	3,00	475,31	55,00	79,80	1,83	30,00	2,00
2514107	São João do Tigre	144067,30	76,06	59,27	0,00	25,05	1,00	28,83	0,00	87,24	0,63	30,00	3,00
2514206	São José da Lagoa Tapada	306305,54	88,14	76,97	0,80	26,03	1,00	16,90	16,00	84,82	0,67	30,00	2,00
2514305	São José de Caiana	198050,19	99,93	87,01	0,02	0,74	2,00	0,00	31,62	84,28	0,52	30,00	3,00
2514404	São José de Espinharas	12908,05	77,18	61,79	0,00	61,85	1,00	0,00	0,00	84,13	0,50	30,00	2,00
2514503	São José de Piranhas	0,00	75,53	69,38	24,06	62,24	2,00	0,00	35,96	77,16	2,21	35,00	0,00
2514552	São José de Princesa	0,00	100,00	82,92	0,20	0,32	1,00	0,00	36,00	82,65	0,37	0,00	0,00
2514602	São José do Bonfim	0,00	79,57	59,77	10,18	71,11	1,00	0,00	65,34	83,73	0,39	0,00	0,00
2514651	São José do Brejo do Cruz	7614,82	96,14	48,03	0,00	35,68	1,00	0,00	41,84	85,89	0,28	25,00	1,00
2514701	São José do Sabugi	117692,35	71,58	27,34	16,02	78,49	4,00	99,45	98,06	77,90	0,40	30,00	3,00
2514800	São José dos Cordeiros	69256,26	70,30	67,36	0,00	85,99	1,00	0,00	10,64	83,49	0,36	30,00	2,00
2514453	São José dos Ramos	52138,20	99,96	31,09	7,34	5,11	1,00	14,69	50,66	85,02	0,44	0,00	1,00
2514909	São Mamede	91586,79	70,87	48,68	0,50	71,27	3,00	97,62	44,98	76,73	1,02	35,00	2,00
2515005	São Miguel de Taipu	0,00	80,85	26,45	0,00	43,25	1,00	0,00	54,00	86,52	0,33	25,00	0,00
2515104	São Sebastião de Lagoa de Roça	0,00	82,06	38,22	0,00	39,75	1,00	0,00	48,62	79,29	0,74	20,00	0,00
2515203	São Sebastião do Umbuzeiro	64306,31	83,74	82,30	30,00	40,60	1,00	39,93	42,00	78,78	0,57	20,00	2,00
2515401	São Vicente do Seridó	22008,69	99,87	39,07	0,00	177,32	1,00	104,45	14,00	80,95	1,33	25,00	1,00
2515302	Sapé	233559,88	94,39	32,54	9,72	0,02	1,00	1776,59	49,58	81,54	5,75	25,00	2,00
2515500	Serra Branca	109559,12	91,15	46,43	2,00	28,91	3,00	18,45	24,00	73,80	2,92	30,00	1,00

2515609	Serra da Raiz	17639,71	99,34	55,15	0,00	10,73	2,00	11,55	58,76	86,55	0,64	20,00	1,00
Código do IBGE	Nome do Município	DMT	SESG	COBVEG	COBRED	POPAD	PROSP	DHT	COBPAV	VULP	AURBD	ACC	ODC
2515708	Serra Grande	0,00	83,95	81,39	1,00	41,56	2,00	0,00	26,94	81,36	0,38	20,00	0,00
2515807	Serra Redonda	51104,62	85,50	53,30	0,00	40,13	1,00	1,38	13,34	78,89	0,64	20,00	1,00
2515906	Serraria	83145,49	95,47	57,45	22,00	27,31	1,00	7,31	78,06	85,45	0,50	25,00	1,00
2515930	Sertãozinho	0,00	82,99	52,42	1,82	51,10	3,00	0,00	48,80	82,23	0,54	0,00	0,00
2515971	Sobrado	62800,57	100,00	35,86	0,00	35,68	1,00	236,55	79,36	84,06	0,39	0,00	1,00
2516003	Solânea	154200,60	97,69	51,84	6,66	19,71	1,00	37,03	17,34	77,42	3,17	25,00	2,00
2516102	Soledade	488650,96	79,48	40,35	0,00	54,57	3,00	217,86	0,00	76,58	2,40	25,00	3,00
2516151	Sossêgo	112659,85	88,75	58,74	0,00	35,68	1,00	28,83	0,00	87,02	0,47	25,00	1,00
2516201	Sousa	1746257,05	78,00	60,53	0,00	57,22	3,00	350,93	0,00	69,20	12,48	25,00	3,00
2516300	Sumé	75670,25	89,78	72,01	0,00	23,19	3,00	116,55	87,34	76,02	2,25	30,00	2,00
2516409	Tacima	57076,40	94,14	21,36	0,00	18,06	1,00	17,07	23,14	86,60	0,98	25,00	1,00
2516508	Taperoá	164491,45	73,42	52,80	2,40	67,18	1,00	152,03	14,40	81,51	1,70	30,00	1,00
2516607	Tavares	91966,21	86,87	56,26	18,38	34,60	1,00	182,28	49,22	83,47	2,19	25,00	2,00
2516706	Teixeira	584544,97	86,61	78,03	25,96	34,07	2,00	8,24	53,90	80,57	2,32	30,00	1,00
2516755	Tenório	42506,94	99,82	55,98	0,00	35,68	1,00	3,72	43,02	79,51	0,41	30,00	2,00
2516805	Triunfo	113140,98	86,45	37,55	28,34	36,11	3,00	244,86	53,34	78,81	1,26	30,00	3,00
2516904	Uiraúna	358172,54	77,97	53,97	5,72	55,87	3,00	117,90	48,46	75,97	2,19	25,00	3,00
2517001	Umbuzeiro	23542,58	80,61	70,18	0,00	19,50	1,00	4,90	0,00	83,26	0,64	25,00	1,00
2517100	Várzea	206830,16	70,74	39,73	0,00	73,37	5,00	20,48	90,82	70,67	0,33	25,00	1,00
2517209	Vieirópolis	39756,81	97,89	53,51	3,06	1,41	2,00	95,17	60,00	84,76	0,29	0,00	1,00
2505501	Vista Serrana	40497,68	88,71	63,71	33,32	31,29	1,00	8,62	40,00	71,67	0,34	25,00	2,00
2517407	Zabelê	343590,77	75,75	67,24	0,00	55,14	3,00	0,00	86,76	79,64	0,49	0,00	2,00

APÊNDICE B

Espacialização dos indicadores do IRICC após os dados serem normalizados





APÊNDICE C

Tabela de Valores do Índice de Risco de Impacto Climático IRICC e da Suscetibilidade a Eventos Extremos Compostos na Paraíba - SEECP

Codigo do IBGE	Nome do Município	IRICC	SEECCPB	Codigo do IBGE	Nome do Município	IRICC	SEECCPB
2500106	Água Branca	0,48519	1	2509107	Mari	0,588802	2
2500205	Aguiar	0,395496	1	2509156	Marizópolis	0,442792	1
2500304	Alagoa Grande	0,42102	1	2509206	Massaranduba	0,353378	1
2500403	Alagoa Nova	0,425765	1	2509305	Mataraca	0,619344	1
2500502	Alagoinha	0,570526	2	2509339	Matinhas	0,370059	1
2500536	Alcantil	0,494125	1	2509370	Mato Grosso	0,379033	1
2500577	Algodão de Jandaíra	0,558325	1	2509396	Maturéia	0,494831	1
2500601	Alhandra	0,568904	2	2509404	Mogéiro	0,544981	2
2500734	Amparo	0,435512	1	2509503	Montadas	0,507025	1
2500775	Aparecida	0,528098	1	2509602	Monte Horebe	0,440463	1
2500809	Araçagi	0,537745	1	2509701	Monteiro	0,406298	1
2500908	Arara	0,390552	1	2509800	Mulungu	0,547716	1
2501005	Araruna	0,470573	1	2509909	Natuba	0,560201	1
2501104	Areia	0,465375	1	2510006	Nazarezinho	0,497739	1
2501153	Areia de Baraúnas	0,408851	1	2510105	Nova Floresta	0,548781	2
2501203	Areial	0,481957	1	2510204	Nova Olinda	0,509143	1
2501302	Aroeiras	0,568619	2	2510303	Nova Palmeira	0,422607	1
2501351	Assunção	0,408153	1	2510402	Olho d'Água	0,408016	1
2501401	Baía da Traição	0,625575	2	2510501	Olivedos	0,393062	1
2501500	Bananeiras	0,526486	1	2510600	Ouro Velho	0,549857	2
2501534	Baraúna	0,54792	2	2510659	Parari	0,459538	1
2501609	Barra de Santa Rosa	0,426103	1	2510709	Passagem	0,583761	2
2501575	Barra de Santana	0,516534	2	2510808	Patos	0,402603	1
2501708	Barra de São Miguel	0,624751	2	2510907	Paulista	0,481486	1
2501807	Bayeux	0,557556	2	2511004	Pedra Branca	0,449572	1

2501906	Belém	0,40686	1	2511103	Pedra Lavrada	0,443381	1
2502003	Belém do Brejo do Cruz	0,478972	1	2511202	Pedras de Fogo	0,546434	2
2502052	Bernardino Batista	0,464849	1	2512721	Pedro Régis	0,505003	1
2502102	Boa Ventura	0,385261	1	2511301	Piancó	0,434595	1
2502151	Boa Vista	0,542375	2	2511400	Picuí	0,43684	1
2502201	Bom Jesus	0,445997	1	2511509	Pilar	0,538874	2
2502300	Bom Sucesso	0,527098	2	2511608	Pilões	0,563209	2
2502409	Bonito de Santa Fé	0,422112	1	2511707	Pilõezinhos	0,463463	1
2502508	Boqueirão	0,38132	1	2511806	Pirpirituba	0,550932	2
2502706	Borborema	0,441292	1	2511905	Pitimbu	0,563636	2
2502805	Brejo do Cruz	0,458171	1	2512002	Pocinhos	0,542889	1
2502904	Brejo dos Santos	0,56955	2	2512036	Poço Dantas	0,509739	1
2503001	Caaporã	0,630389	2	2512077	Poço de José de Moura	0,490418	1
2503100	Cabaceiras	0,497315	1	2512101	Pombal	0,498888	1
2503209	Cabedelo	0,647282	2	2512200	Prata	0,635519	3
2503308	Cachoeira dos Índios	0,443144	1	2512309	Princesa Isabel	0,41833	1
2503407	Cacimba de Areia	0,514342	1	2512408	Puxinanã	0,498576	1
2503506	Cacimba de Dentro	0,554402	2	2512507	Queimadas	0,485766	1
2503555	Cacimbas	0,37737	1	2512606	Quixaba	0,48488	1
2503605	Caiçara	0,48227	1	2512705	Remígio	0,45205	1
2503704	Cajazeiras	0,47317	1	2512747	Riachão	0,511763	1
2503753	Cajazeirinhas	0,563512	2	2512754	Riachão do Bacamarte	0,491765	1
2503803	Caldas Brandão	0,588161	2	2512762	Riachão do Poço	0,506597	1
2503902	Camalaú	0,622413	2	2512788	Riacho de Santo Antônio	0,498422	1
2504009	Campina Grande	0,606298	2	2512804	Riacho dos Cavalos	0,495594	1
2504033	Capim	0,534999	2	2512903	Rio Tinto	0,568624	1
2504074	Caraúbas	0,499133	1	2513000	Salgadinho	0,493975	1
2504108	Carrapateira	0,529709	2	2513109	Salgado de São Félix	0,552779	2

2504157	Casserengue	0,523846	1	2513158	Santa Cecília	0,525076	2
2504207	Catingueira	0,481159	1	2513208	Santa Cruz	0,465423	1
2504306	Catolé do Rocha	0,474327	1	2513307	Santa Helena	0,509978	1
2504355	Caturité	0,44921	1	2513356	Santa Inês	0,425819	1
2504405	Conceição	0,427347	1	2513406	Santa Luzia	0,495479	1
2504504	Condado	0,432128	1	2513703	Santa Rita	0,606668	2
2504603	Conde	0,595978	2	2513802	Santa Teresinha	0,411885	1
2504702	Congo	0,57986	2	2513505	Santana de Mangueira	0,43226	1
2504801	Coremas	0,440521	1	2513604	Santana dos Garrotes	0,583813	2
2504850	Coxixola	0,47587	1	2513851	Santo André	0,536728	2
2504900	Cruz do Espírito Santo	0,485685	1	2513927	São Bentinho	0,45571	1
2505006	Cubati	0,51382	1	2513901	São Bento	0,480221	1
2505105	Cuité	0,480903	1	2513968	São Domingos	0,378922	1
2505238	Cuité de Mamanguape	0,546799	1	2513943	São Domingos do Cariri	0,479845	1
2505204	Cuitegi	0,52011	2	2513984	São Francisco	0,461249	1
2505279	Curral de Cima	0,502892	1	2514008	São João do Cariri	0,483437	1
2505303	Curral Velho	0,423179	1	2500700	São João do Rio do Peixe	0,513149	1
2505352	Damião	0,546271	1	2514107	São João do Tigre	0,462096	1
2505402	Desterro	0,472902	1	2514206	São José da Lagoa Tapada	0,460827	1
2505600	Diamante	0,479199	1	2514305	São José de Caiana	0,523107	2
2505709	Dona Inês	0,514717	1	2514404	São José de Espinharas	0,429385	1
2505808	Duas Estradas	0,488557	1	2514503	São José de Piranhas	0,408002	1
2505907	Emas	0,441207	1	2514552	São José de Princesa	0,433498	1
2506004	Esperança	0,412246	1	2514602	São José do Bonfim	0,408584	1
2506103	Fagundes	0,503354	1	2514651	São José do Brejo do Cruz	0,549473	2
2506202	Frei Martinho	0,436512	1	2514701	São José do Sabugi	0,623222	3
2506251	Gado Bravo	0,490913	1	2514800	São José dos Cordeiros	0,37615	1
2506301	Guarabira	0,572932	2	2514453	São José dos Ramos	0,54986	1

2506400	Gurinhém	0,534628	1	2514909	São Mamede	0,492925	1
2506509	Gurjão	0,54101	2	2515005	São Miguel de Taipu	0,520892	2
2506608	Ibiara	0,564073	2	2515104	São Sebastião de Lagoa de Roça	0,463217	1
2502607	Igaracy	0,547553	2	2515203	São Sebastião do Umbuzeiro	0,338625	1
2506707	Imaculada	0,472661	1	2515401	São Vicente do Seridó	0,409494	1
2506806	Ingá	0,504954	1	2515302	Sapé	0,62842	2
2506905	Itabaiana	0,540852	2	2515500	Serra Branca	0,538959	2
2507002	Itaporanga	0,44467	1	2515609	Serra da Raiz	0,58179	1
2507101	Itapororoca	0,547023	2	2515708	Serra Grande	0,393046	1
2507200	Itatuba	0,594432	2	2515807	Serra Redonda	0,428113	1
2507309	Jacaraú	0,576755	2	2515906	Serraria	0,562391	2
2507408	Jericó	0,515586	2	2515930	Sertãozinho	0,467112	1
2507507	João Pessoa	0,838625	2	2515971	Sobrado	0,586308	2
2513653	Joca Claudino	0,474559	1	2516003	Solânea	0,506822	1
2507606	Juarez Távora	0,519836	1	2516102	Soledade	0,479972	1
2507705	Juazeirinho	0,395016	1	2516151	Sossêgo	0,480149	1
2507804	Junco do Seridó	0,399494	1	2516201	Sousa	0,419267	1
2507903	Juripiranga	0,561964	2	2516300	Sumé	0,586079	2
2508000	Juru	0,553198	2	2516409	Tacima	0,560978	1
2508109	Lagoa	0,458649	1	2516508	Taperoá	0,417955	1
2508208	Lagoa de Dentro	0,496463	1	2516607	Tavares	0,481455	1
2508307	Lagoa Seca	0,419924	1	2516706	Teixeira	0,447934	1
2508406	Lastro	0,469528	1	2516755	Tenório	0,556777	2
2508505	Livramento	0,600688	3	2516805	Triunfo	0,54634	2
2508554	Logradouro	0,418071	1	2516904	Uiraúna	0,478087	1
2508604	Lucena	0,571387	2	2517001	Umbuzeiro	0,411996	1
2508703	Mãe d'Água	0,479744	1	2517100	Várzea	0,60114	2
2508802	Malta	0,361501	1	2517209	Vieirópolis	0,541209	2

2508901	Mamanguape	0,544684	2	2505501	Vista Serrana	0,386859	1
2509008	Manáfra	0,439676	1	2517407	Zabelê	0,468473	1
2509057	Marcação	0,583055	2				