

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
DOUTORADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
ASSOCIAÇÃO PLENA EM REDE



**ACESSO, GESTÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM REGIÕES
SEMIÁRIDAS: ESTUDO NO VALE DO RIO GUARIBAS, PIAUÍ**

FRANCISCO ANTÔNIO GONÇALVES DE CARVALHO

TERESINA,PIAUÍ

2025

FRANCISCO ANTÔNIO GONÇALVES DE CARVALHO

ACESSO, GESTÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM REGIÕES SEMIÁRIDAS:
ESTUDO NO VALE DO RIO GUARIBAS, PIAUÍ

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Associação Plena em Rede, da Universidade Federal do Piauí (UFPI) como requisito para a obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente. Linha de pesquisa: Planejamento, gestão e políticas socioambientais.

Orientadora: Wilza Gomes Reis Lopes
Coorientadora: Sammya Vanessa Vieira Chaves

TERESINA, PIAUÍ
2025

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Sistema de Bibliotecas UFPI - SIBi/UFPI
Biblioteca Setorial do CCN

- C331a Carvalho, Francisco Antônio Gonçalves de.
 Acesso, gestão e distribuição de água em regiões semiáridas:
 estudo no Vale do Rio Guaribas, Piauí / Francisco Antônio Gonçalves
 de Carvalho. -- 2025.
 231 f. : color.
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Piauí. Centro de
 Ciências da Natureza. Programa de Pós-Graduação em
 Desenvolvimento e Meio Ambiente, Teresina, 2025.
 “Orientadora: Profa. Dra. Wilza Gomes Reis Lopes.
 Coorientadora: Profa. Dra. Sammya Vanessa Vieira Chaves”.
1. Água - Abastecimento. 2. Água potável. 3. Saneamento básico.
 4. Semiárido Nordeste. I. Lopes, Wilza Gomes Reis. II. Chaves,
 Sammya Vanessa Vieira. III. Título.
- CDD 628.1

Bibliotecária: Caryne Maria da Silva Gomes - CRB3/1461

FRANCISCO ANTÔNIO GONÇALVES DE CARVALHO

Acesso, gestão e distribuição de água em regiões semiáridas: estudo no Vale do Rio Guaribas, Piauí

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Associação Plena em Rede, da Universidade Federal do Piauí (UFPI) como requisito para a obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente. Linha de pesquisa: Planejamento, gestão e políticas socioambientais.

Orientadora: Wilza Gomes Reis Lopes
Coorientadora: Sammya Vanessa Vieira Chaves

Defendida em: 23/05/2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **WILZA GOMES REIS LOPES**
Data: 11/07/2025 11:57:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dra Wilza Gomes Reis Lopes (PRODEMA/UFPI)
Orientadora

Documento assinado digitalmente
 **ANA KEULY LUZ BEZERRA**
Data: 08/07/2025 21:41:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Ana Keuly Luz Bezerra (IFPI)
Examinadora Externa à UFPI

Documento assinado digitalmente
 **ANTONIO CARDOSO FACANHA**
Data: 08/07/2025 20:58:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Antônio Cardoso Façanha (UFPI)
Examinador Externo ao Programa

Documento assinado digitalmente
 **PATRICIA VERONICA PINHEIRO SALES LIMA**
Data: 08/07/2025 20:11:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Patricia Verônica Pinheiro Sales Lima (PRODEMA/UFC)
Examinadora externa à UFPI

Documento assinado digitalmente
 **LEONARDO SILVA SOARES**
Data: 08/07/2025 18:47:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Leonardo Silva Soares (PRODEMA/UFPI)
Examinador Interno ao Programa

TERESINA, PIAUÍ
2025

Aos meus Pais que são os maiores exemplos de força e
inspiração em minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida, por me dar forças em meio aos dias nublados para que eu conseguisse realizar esse sonho. Obrigado meu pai por estar comigo todos os dias, em cada momento, em cada lágrima, em cada medo. Conseguimos !

À professora Doutora Wilza Gomes Reis Lopes, que me acolheu como orientando, me incentivou nessa caminhada e pela sua humanidade que certamente fizeram toda a diferença nesse processo.

À professora Doutora Sammya Vanessa Vieira Chaves, minha coorientadora, que me ajudou muito com suas contribuições, sendo um apoio quando muitas vezes pensei em desistir. Aos membros da banca examinadora, professor Doutor Leonardo Silva Soares e Doutora Ana Keuly Luz Bezerra que estiveram comigo desde o começo, acompanhando o amadurecimento da minha pesquisa e aos professores Doutor Antônio Façanha, meu eterno e querido orientador do Mestrado e a professora Doutora Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima que contribuiu demais com suas orientações durante a Qualificação.

Durante essa caminhada Deus colocou alguns anjos em meu caminho, que me ajudaram de uma forma que jamais irei esquecer:

Alex, que me ajudou de uma forma única, com sua paciência e companheirismo em me ajudar com o Comitê de Ética e Pesquisa. Obrigado por todo o apoio e conselhos, estarei sempre contigo.

Ao professor Doutor Thiago Assunção, que considero como um irmão, que me guiou, foi a campo comigo coletar dados para conhecer a realidade do nosso semiárido e que me ajudou na elaboração das tabelas, sua amizade é uma dádiva que irei cultivar para sempre.

A minha amiga Doutora Karen Veloso, que foi minha conselheira muitas vezes, e que esteve ao meu lado nesses quatro anos, me apoiando e incentivando com sua luz.

A minha amiga Aieska que me acolheu várias vezes em sua casa durante cada etapa do Doutorado, sua amizade é um presente divino.

A minha amiga Rose Lane, que compartilhou comigo as emoções dessa linda experiência.

Ao meu amigo Daniel Veloso e toda a sua família, que me acolheram várias vezes de uma forma inexplicável e foram meus guias quando fui a campo fazer a coleta de dados.

As minhas amigas eternas Vanessa e Maíla que sempre vibraram comigo desde o primeiro momento em que souberam que iria cursar o Doutorado, a amizade de vocês é uma fortaleza, gratidão minhas meninas.

As minhas primas Neila e Laysa que são como irmãs e sempre me incentivaram nesse

trilhar.

Aos meus tios e tias que me apoiaram com suas orações e conselhos, e em especial ao meu Padrinho José Edivaldo que foi uma âncora e suporte em muitos momentos.

Aos meus colegas de turma que compartilharam comigo durante esses quatro anos a realização desse tão esperado sonho e ao PRODEMA que me acolheu desde o mestrado, e sendo um processo concluído agora com o Doutorado.

Por fim, agradeço a minha família, aos meus pais, Gertrudes e Antônio, que nunca mediram esforços para a educação dos filhos, sendo um exemplo de força e acolhimento quando mais precisei e ao meu irmão Antônio Carlos pelo apoio de sempre.

RESUMO

A água é um recurso indispensável para a sobrevivência humana, para o desenvolvimento econômico e para a sustentabilidade ambiental, desempenhando importante papel em atividades produtivas, como a agricultura e a indústria. No entanto, o semiárido nordestino, especialmente o Território do Vale do Rio Guaribas, localizado na região sudeste do estado do Piauí, enfrenta grandes desafios de disponibilidade hídrica. Essa situação é particularmente severa, caracterizada por períodos frequentes e prolongados de seca, impactando diretamente à agricultura, comprometem o abastecimento de água para consumo humano e intensificam as condições de vulnerabilidade socioeconômica da população local. O objetivo geral neste estudo foi analisar, de forma integrada, a vulnerabilidade socioambiental no território do Vale do Rio Guaribas, com ênfase nos impactos da restrição hídrica nas esferas social, econômica e ambiental. A metodologia incluiu revisão bibliográfica, focada nos aspectos da crise hídrica e nos desafios enfrentados na gestão de bacias hidrográficas no semiárido, para embasar e subsidiar as discussões. Foi realizado levantamento de dados secundários, sobre indicadores de escassez hídrica, como a disponibilidade de água e a utilização de práticas de gestão dos recursos hídricos, disponíveis em bases de dados oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Agência Nacional de Águas (ANA). Foram realizadas entrevistas semiestruturadas com moradores de oito municípios do Vale do Rio Guaribas, incluindo Sussuapara, São João da Canabrava, São Luís do Piauí, Paquetá, Mosenhor Hipólito, Pio IX, Santo Antônio de Lisboa e Alagoinha, visando captar as percepções locais sobre o acesso à água e os desafios cotidianos enfrentados pela população. Para destacar as áreas mais afetadas pela escassez de água, foram utilizados arquivos vetoriais (Shapefiles) de malhas municipais e estaduais do IBGE e da ANA, processados no software QGIS (versão 3.32.3), com ferramentas de recorte e dissolução. Os mapas foram produzidos com base no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000). Foi constatado que a distribuição de água na região é irregular, deixando muitas áreas sem acesso adequado a este recurso. Nos últimos anos, na região foram registrados volumes pluviométricos inferiores a 400 mm anuais, insuficientes para atender às demandas emergenciais de abastecimento. A escassez de água tem impactado diretamente a qualidade de vida da população e contribuído para a redução do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos municípios afetados. Observou-se, ainda, que grande parte do território apresenta baixa disponibilidade de recursos hídricos, com águas frequentemente impróprias para o consumo humano, devido à elevada salinidade e à contaminação do solo, o que caracteriza a região como vulnerável do ponto de vista hídrico. Como alternativa, a perfuração de poços intensificou-se entre 2020 e 2024, com aumento de 17% no número de unidades, totalizando 5.807 poços instalados, muitos sem licenciamento ambiental. Destes, cerca de 28% apresentam contaminação por sais minerais, forçando diversas famílias a buscar outras fontes de abastecimento para suprir suas necessidades básicas. Dessa forma, é essencial a implementação de ações integradas e sustentáveis, que assegurem o acesso equitativo à água de qualidade, promovendo a segurança hídrica para as comunidades do semiárido nordestino.

Palavras-chave: Gestão de recursos hídricos, escassez hídrica, acesso a água, semiárido nordestino, Vulnerabilidade Social.

Objetivos do desenvolvimento sustentável: #6- Água potável e saneamento #10- Redução das desigualdades #13- Ação contra a mudança global do clima

ABSTRACT

Water is an indispensable resource for human survival, economic development, and environmental sustainability, playing an important role in productive activities such as agriculture and industry. However, the semi-arid region of the Northeast, especially the Guaribas River Valley Territory, located in the southeast region of the state of Piauí, faces major challenges regarding water availability. This situation is particularly severe, characterized by frequent and prolonged periods of drought, directly impacting agriculture, compromising the supply of water for human consumption, and intensifying the socioeconomic vulnerability of the local population. The general objective of this study was to analyze, in an integrated manner, the socio-environmental vulnerability in the Guaribas River Valley Territory, with an emphasis on the impacts of water restrictions on the social, economic, and environmental spheres. The methodology included a literature review, focused on aspects of the water crisis and the challenges faced in the management of river basins in the semi-arid region, to support and subsidize the discussions. A survey of secondary data was carried out on indicators of water scarcity, such as water availability and the use of water resource management practices, available in official databases of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) and the National Water Agency (ANA). Semi-structured interviews were conducted with residents of eight municipalities in the Guaribas River Valley, including Sussuapara, São João da Canabrava, São Luís do Piauí, Paquetá, Mosenhor Hipólito, Pio IX, Santo Antônio de Lisboa and Alagoinha, aiming to capture local perceptions about access to water and the daily challenges faced by the population. To highlight the areas most affected by water scarcity, vector files (Shapefiles) of municipal and state grids from IBGE and ANA were used, processed in QGIS software (version 3.32.3), with clipping and dissolution tools. The maps were produced based on the Geocentric Reference System for the Americas (SIRGAS 2000). It was found that water distribution in the region is irregular, leaving many areas without adequate access to this resource. In recent years, rainfall volumes of less than 400 mm per year have been recorded in the region, insufficient to meet emergency supply demands. Water scarcity has directly impacted the population's quality of life and contributed to the reduction of the Human Development Index (HDI) of the affected municipalities. It was also observed that a large part of the territory has low availability of water resources, with water often unfit for human consumption due to high salinity and soil contamination, which characterizes the region as vulnerable from a water perspective. Alternatively, well drilling intensified between 2020 and 2024, with a 17% increase in the number of units, totaling 5,807 wells installed, many without environmental licensing. Of these, approximately 28% are contaminated by mineral salts, forcing many families to seek other sources of supply to meet their basic needs. Therefore, it is essential to implement integrated and sustainable actions that ensure equitable access to quality water, promoting water security for communities in the semi-arid Northeast region.

Keywords: Management of water resources, water scarcity, access to water, northeastern semi- arid region, Social Vulnerability.

RESUMEN

El agua es un recurso indispensable para la supervivencia humana, el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental, y desempeña un papel importante en actividades productivas como la agricultura y la industria. Sin embargo, el nordeste semiárido, especialmente el Territorio del Valle del Río Guaribas, ubicado en la región sureste del estado de Piauí, enfrenta grandes desafíos en cuanto a la disponibilidad de agua. Esta situación es particularmente grave, caracterizada por frecuentes y prolongados períodos de sequía, que impactan directamente la agricultura, comprometen el abastecimiento de agua para consumo humano e intensifican la vulnerabilidad socioeconómica de la población local. El objetivo general de este estudio fue analizar, de forma integrada, la vulnerabilidad socioambiental en el territorio del Valle del Río Guaribas, con énfasis en los impactos de las restricciones hídricas en las esferas social, económica y ambiental. La metodología incluyó una revisión bibliográfica, centrada en aspectos de la crisis del agua y los desafíos enfrentados en la gestión de cuencas hidrográficas en la región semiárida, para apoyar y subsidiar las discusiones. Se realizó un levantamiento de datos secundarios sobre indicadores de escasez de agua, como la disponibilidad de agua y el uso de prácticas de gestión de recursos hídricos, disponibles en bases de datos oficiales del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) y de la Agencia Nacional de Aguas (ANA). Se realizaron entrevistas semiestructuradas con residentes de ocho municipios del valle del río Guaribas, incluidos Sussuapara, São João da Canabrava, São Luís do Piauí, Paquetá, Mosenhor Hipólito, Pio IX, Santo Antônio de Lisboa y Alagoinha, con el objetivo de capturar las percepciones locales sobre el acceso al agua y los desafíos diarios que enfrenta la población. Para destacar las áreas más afectadas por la escasez de agua, se utilizaron archivos vectoriales (Shapefiles) de las cuadrículas municipales y estatales del IBGE y ANA, procesados en el software QGIS (versión 3.32.3), con herramientas de recorte y disolución. Los mapas se elaboraron con base en el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS 2000). Se encontró que la distribución del agua en la región es irregular, dejando muchas zonas sin acceso adecuado a este recurso. En los últimos años se han registrado en la región volúmenes de lluvia inferiores a 400 mm anuales, insuficientes para atender las demandas de abastecimiento de emergencia. La escasez de agua ha impactado directamente la calidad de vida de la población y ha contribuido a la reducción del Índice de Desarrollo Humano (IDH) de los municipios afectados. También se observó que gran parte del territorio presenta baja disponibilidad del recurso hídrico, con agua muchas veces no apta para el consumo humano, debido a la alta salinidad y contaminación del suelo, lo que caracteriza a la región como vulnerable desde el punto de vista hídrico. Por otra parte, la perforación de pozos se intensificó entre 2020 y 2024, con un aumento del 17% en el número de unidades, totalizando 5.807 pozos instalados, muchos de ellos sin licencia ambiental. De éstos, alrededor del 28% están contaminados con sales minerales, lo que obliga a muchas familias a buscar otras fuentes de abastecimiento para cubrir sus necesidades básicas. Por ello, es fundamental implementar acciones integradas y sostenibles que aseguren el acceso equitativo al agua de calidad, promoviendo la seguridad hídrica de las comunidades del Semiárido Nordeste.

Palabras clave: Gestión de los recursos hídricos, escasez de agua, acceso al agua, semiárido nororiental, vulnerabilidad social.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 2.1- População Mundial sem água	29
Figura 5.1 – Distribuição de água no Brasil para 2022/2023	65
Figura 5.2 - Estrutura da Gestão de Recursos Hídricos no Brasil	70
Figura 5.3 - Delimitação do Semiárido Brasileiro	73
Figura 5.4 - Abastecimento de água por carro-pipa no semiárido piauiense.....	74
Figura 5.5 - Abastecimento de água por carro-pipa em Paulistana, Piauí.....	76
Figura 5.6 – Cisterna instalada na zona rural do Semiárido Piauiense	78
Figura 6.1 – Delimitação do Nordeste brasileiro.....	97
Figura 6.2- Elevação da temperatura em território nacional	100
Figura 6.3- Territórios de desenvolvimento do Piauí.....	107
Figura 6.4- Precipitação na região do Vale do Rio Guaribas.....	111
Figura 6.5- IDHM do Vale do Guaribas e a realidade no período de estiagem	112
Figura 7.1- Bacias Hidrográficas do Piauí.....	136
Figura 7.2- Potencial hidrogeológico da bacia do Rio Guaribas	139
Figura 7.3- Barragem de Bocaina no Período de inverno	141
Figura 7.4: Número de poços no Vale do Rio Guaribas	144
Figura 8.1- Bacia Hidrográfica do Rio Guaribas.....	161
Figura 8.2- Finalidade de uso para os indivíduos que afirmam usar água do rio.....	168
Figura 8.3 - Relação entre falta de água e paralisação de atividades escolares	173
Figura 8.4 - Falta de água como prejuízo à saúde	173
Figura 8.5 – Imagem do rio Guaribas.....	177

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Proporção da população de municípios no Piauí que tem como principal fonte de abastecimento de água o carro pipa (2022).	75
Tabela 6.1 – IDMH do Vale do Guaribas – Cenário para o ano de 2020.	113
Tabela 6.2 – Distribuição do abastecimento de água na região do vale do Guaribas.....	116
Tabela 7.1 – Potencialidade hídrica das bacias hidrográficas do Piauí.....	137
Tabela 7.2 – Distribuição de cisternas no Piauí (2024).	142
Tabela 7.3 – Eficiência do sistema de irrigação.....	145
Tabela 8.1 – Contagem de indivíduos entrevistados por município.....	161
Tabela 8.2 – Média de idade e tempo de moradia dos entrevistados.....	163
Tabela 8.3 – Descritivo de escolarização por sexo de nascimento.	164
Tabela 8.4 – Distribuição da amostra por renda nas cidades entrevistadas.....	165
Tabela 8.5 – Tipo de abastecimento predominante por cidade	166
Tabela 8.6 – Assistência pública recebida durante os períodos de seca por cidade.....	169
Tabela 8.7 – Entrevistados que afirmam receber bolsa família fora do período da seca	170
Tabela 8.8 – Tipo de saneamento básico apontado como presente pelos entrevistados	171
Tabela 8.9 - Problemas de desabastecimento.	174
Tabela 8.10 – Longos períodos de desabastecimento e falta de abastecimento em casa.....	176

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agencia Nacional de Águas

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

CADUNICO - Cadastro Único para Programas Sociais

CDR - Comissão de Desenvolvimento Regional e Turismo

CNUMAD - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento

CONDEC - Coordenadoria Municipal da Defesa Civil

DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

ENOS - El Niño-Oscilação Sul

IFOCS - Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas

INSA - Instituto Nacional do Semiárido

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

IPCC – Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas

IVS - Índice de Vulnerabilidade Social

LOA – Lei Orçamentária Anual

ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

ONU - Organização das Nações Unidas

PAD – Programa Água Doce

PRONEA - Programa Nacional de Educação Ambiental

PECS - Programa Estadual de Convivência com o Semiárido

SEMAR - Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado do Piauí

SDT – Secretaria de Desenvolvimento Territorial

SGB - Serviço Geológico do Brasil

PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico

SAS – Serviço de Água e Saneamento

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REFLEXÕES SOBRE A CRISE HÍDRICA NO MUNDO E NO BRASIL	27
2.1 A importância da água	27
2.2 Consumo e distribuição de água	28
2.3 Crise Hídrica ao Redor do Mundo	31
2.4 Crise hídrica no semiárido do Brasil	35
3 IMPORTÂNCIA E CARACTERÍSTICAS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	37
3.1 Conceito de bacias hidrográficas.....	37
3.2 Balanço Hídrico	38
3.3 Bacia Hidrográfica como Unidade de Gestão	39
4 SEMIÁRIDO NORDESTINO E A VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL.....	43
4.1 Vulnerabilidade socioambiental	43
4.2 Condições climáticas que influenciam na seca no semiárido nordestino	46
4.3 O semiárido brasileiro e a seca.....	48
5 POLÍTICAS PÚBLICAS DE ACESSO À ÁGUA EM REGIÕES DE ESCASSEZ HÍDRICA: ESTUDO NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO	55
5.1 Introdução	56
5.2 Evolução da da legislação sobre a questão hídrica no mundo	59
5.3 Políticas Públicas orientadas para o acesso e a gesto de recursos hídricos no Brasil.....	63
5.4 Políticas Públicas de acesso e enfrentamento à seca no Semiárido Nordeste.....	71
5.5 Efetividade e limitações de Polícas Públicas de Acesso à Água.....	81
5.6 Tecnologias Sociais e Capacidade Adaptativa.....	82
5.7 Considerações Finais	84
5.8 Referências.....	85
6 CLIMA E RECURSOS HÍDRICOS: ESTUDO SOBRE A VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E A (IN)JUSTIÇA CLIMÁTICA NO VALE DO RIO GUARIBAS, PIAUÍ, BRASIL	92
6.1 Introdução	93
6.2 Clima no semiárido Nordeste.....	96
6.3 (In)Justiça climática no Brasil.....	100
6.4 Relação entre Vulnerabilidade Socioambiental e fatores climáticos no Semiárido.....	104
6.5 Vulnerabilidade socioambiental no Vale do Rio Guaribas.....	106
6.6 Integração entre vuknerabilidade socioambiental, acesso à água e desenvolvimento humano no semiárido	120
6.7 Considerações finais.....	123
6.8 Referências.....	124
7 GESTÃO PÚBLICA E HIDROGRAFIA: UM ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUARIBAS, PIAUÍ, BRASIL.....	130
7.1 Introdução	131
7.2 Bacia Hidrográfica: Breve Conceito	132
7.3 Gestão de Recursos de Bacias Hidrográficas no Brasil	133
7.4 Bacias Hidrográficas do Piauí	135
7.5 Bacia Hidrográfica do Rio Guaribas	138
7.6 Estratégias de gestão municipal para a redução dos impactos da seca no semiárido do Piauí: indicadores e análise	142
7.7 Considerações Finais	146
7.8 Referências.....	147
8 VIVÊNCIAS NA ESCASSEZ HÍDRICA: A REALIDADE SOCIAL E ECONOMICA	

NO SEMIÁRIDO PIAUIENSE	152
8.1 Introdução	153
8.2 A água como recurso: distribuição, acesso e uso.....	155
8.3 Infraestrutura, investimento e impactos da escassez de água.....	157
8.4 Metodologia	160
8.5 Resultados e Discussão	163
8.6 Auxílios e Projetos	169
8.7 Impacto da Falta de Água	171
8.7.1 Desabastecimento e suas consequências	174
8.8 Considerações finais	178
8.9 Referências.....	181
9 CONCLUSÕES	186
REFERÊNCIAS.....	191
APÊNDICE A.....	215
APÊNDICE B.....	218

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos principais recursos naturais para a sobrevivência da vida no planeta. A obtenção, acesso e a distribuição desse recurso destacam-se entre os principais problemas do século XXI nas pautas ambientais, tendo em vista o descarte inadequado de resíduos sólidos e a poluição da água potável que vem diminuindo de forma considerável as suas reservas, além do desmatamento em larga escala, que contribui para o processo de aquecimento global e elevação das temperaturas, causando inúmeros problemas de ordem climática. Evidencia-se, então, que a água possui características essenciais que garantem a sobrevivência da espécie humana, sendo ela a principal usuária, e também, a maior responsável por sua poluição e uso de forma inadequada.

O fluxo utilizado pela sociedade para a captação e distribuição da água se dá por meio de mover a água de onde ela se encontra disponível no meio ambiente para onde seu uso se faz necessário, e removê-la após a utilização, retornando assim para o ambiente de forma cíclica. É importante considerar que a urbanização desordenada das cidades vem comprometendo a distribuição de forma equitativa e o cuidado com a água ao redor do globo, tomando proporções consideráveis, visto que os sistemas públicos passaram a atuar de forma sobrecarregada neste tema, comprometendo o abastecimento de qualidade (Miranda; Teixeira, 2004).

A água está disponível de forma irregular, sendo que em regiões como o semiárido brasileiro, bem como, em muitas outras ao redor do mundo, é ainda mais difícil obter a porção de água fundamental para sua subsistência. O consumo por dia de uma família, de acordo com Howard e Bartram (2003, p. 7), “deve se pautar nas considerações da Organização Mundial de Saúde sobre efetividade de acesso à água, segundo a qual o nível básico de acesso deve garantir o mínimo de 20 litros por pessoa”.

As cidades são partes importantes na vida do planeta, destacando-se que as regiões urbanas crescem cada dia mais, e até 2050, segundo estimativa da Organização das Nações Unidas (ONU), cerca de 70% da população mundial estará morando em centros urbanos (ONU, 2019). Foi nesse contexto que a ONU elaborou a Agenda 2030, que busca melhorar a qualidade de vida, a dignidade humana e o meio ambiente, para as pessoas que vivem no planeta e as futuras gerações. Para isso, na Agenda 2030 estão listados os chamados 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com o total de 169 metas, que devem ser cumpridas até 2030. Entre eles, destacam-se os relacionados à saúde e bem-estar, água potável e saneamento, educação de qualidade, energia limpa e acessível, erradicação da

pobreza, fome zero e agricultura sustentável, trabalho decente e crescimento econômico, redução das desigualdades, cidades e comunidades sustentáveis, consumo e produção sustentável, ação contra a mudança global do clima (Habitability, 2022).

Entre os objetivos da ONU relacionados com a água e o saneamento, que podem contribuir para a saúde das populações, se evidencia o Objetivo 6, que está ligado a “água potável e saneamento”. Com ele se busca garantir para toda a população, o acesso à água de forma sustentável, assim como ao saneamento, no que tange à sua qualidade, quantidade e, essencialmente, à sua distribuição para a população global de forma igualitária. No desafio de atingir a universalização de acesso à água para todos, observa-se um cenário global de crise de água em muitas partes do mundo, já que a distribuição desse recurso ocorre de forma desigual e também, no que diz respeito, especialmente à poluição dos corpos hídricos e aos processos resultantes das ações humanas, que levam à desertificação, tornando os solos inférteis e dessecação de muitas áreas (Castro, 2015).

A crise da água é um problema global e é um dos maiores problemas do século 21. Afeta o semiárido nordestino, como é o caso do Piauí, porque a região é altamente vulnerável às secas. O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6) das Nações Unidas, que visa o acesso universal à água potável e ao saneamento, é de extrema relevância para o semiárido do estado do Piauí devido à escassez, má distribuição e degradação ambiental, que prejudicam a população da região, tornando-a uma área prioritária de intervenção. No semiárido do Piauí, fatores climáticos e antrópicos agravam a escassez hídrica, e os longos períodos secos e a falta de chuvas, além da desertificação, causam a escassez hídrica no estado (Rebouças, 1997; De Azevêdo, 2015, Silva; Santos, 2021).

O ODS 13 também é relevante, portanto, o objetivo é combater as mudanças climáticas, que podem fazer com que a estação seca dure mais, e também pode limitar a água, afetando negativamente a agricultura. Muitas pessoas dependem da agricultura na região, então a má gestão da água também contribui para esse problema, porque muitas pessoas não têm acesso à água. A desigualdade em água e saneamento no Piauí destaca a necessidade do ODS 10, que é reduzir a desigualdade, porque as pessoas nas cidades são muito mais bem atendidas por água e saneamento, enquanto as áreas rurais, onde vive a maioria das pessoas, enfrentam problemas significativos.

Isso ilustra a desigualdade econômica, social e local, que mantém os pobres pobres, portanto, para resolver esses problemas, precisamos de políticas para os ODS 6, 10 e 13. Precisamos de soluções sustentáveis e equitativas, e precisamos investir na convivência com o semiárido, o que significa caixas d'água para chuva, boa irrigação e plantio de árvores,

portanto, devemos educar a população sobre o meio ambiente, treinar a população local, usar a natureza de forma sustentável e nos adaptar às mudanças climáticas.

A região semiárida do Piauí ilustra a interação entre os desafios globais e locais de água, clima e desigualdade, portanto, alcançar os ODS na região semiárida do Piauí requer uma ação concertada dos governos, da população e das entidades globais, porque é somente por meio da justiça social, do meio ambiente e da ação climática que podemos alcançar um futuro justo e verde para as pessoas na região semiárida e globalmente, E isso pode ser feito trabalhando de forma mútua as esferas do governo e a própria sociedade para resolver os problemas complexos enfrentados pela região (Diniz *et al.*, 2023)

O princípio da Agenda 2030 é reduzir, até 2030, pelo menos, à metade a proporção de pessoas que estão vivendo em extrema pobreza, em toda sua extensão. A erradicação da pobreza, se relaciona com outros princípios, como o crescimento econômico e a sustentabilidade, que formam um tripé para o desenvolvimento sustentável da sociedade. Para que os 17 objetivos sejam cumpridos é necessário a participação de governos, setor privado, academia e sociedade civil (ONU, 2016).

Segundo dados do relatório do Programa Conjunto de Monitoramento para Progresso na Água Potável, Saneamento e Higiene: 2000-2017, elaborado pela Fundação das Nações Unidas para a Infância (Unicef, 2019), uma a cada três pessoas no planeta não tem acesso à água potável. Esse dado é preocupante, principalmente porque a água está no centro do desenvolvimento sustentável, sendo um dos itens contidos na lista de objetivos da ODS. Os recursos hídricos, assim como, os serviços que são associados a eles, estão ligados diretamente à erradicação da pobreza, ao crescimento econômico e ao meio ambiente sustentável. Então, o acesso à água e ao saneamento básico é de fundamental importância em todos os aspectos da dignidade humana, como para a segurança energética, ambiental, saúde e alimentícia (Unicef, 2019).

Mesmo que os objetivos da ODS sejam amplos, seus contextos devem se adaptar à realidade de cada lugar, pois os diferentes cenários, também, se diferenciam nos problemas que têm mais urgência de serem resolvidos. No contexto brasileiro, a situação do acesso à água potável é preocupante, pois, em dados referentes a 2018, cerca de 16% das pessoas não têm acesso à água tratada, enquanto 47% não têm esgotamento sanitário (Instituto Trata Brasil, 2022).

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS, 2021), 35 milhões de brasileiros não têm recursos hídricos que sejam seguros, e cerca de 100 milhões necessitam de melhores alternativas para lidarem com os dejetos. Esses números

têm tido melhora com o passar dos anos, mas ainda de forma lenta. Entre 2011 e 2017, o acesso à água potável cresceu em pelo menos 1,6%, enquanto foi de 4,9% o crescimento de acesso a saneamento, o que demonstra uma aceleração em passos lentos.

Segundo a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), a cada R\$ 1,00 investido em saneamento economiza-se R\$ 9,00 em gastos na saúde (Fundação Nacional da Saúde, 2017). Observa-se, então, que, o investimento em saneamento influencia, de forma direta, no trato e prevenção de doenças. O consumo de água sem tratamento e o contato com o esgoto estão ligados, diretamente, às altas taxas de mortalidade infantil, como também, e mais ainda às doenças ligadas a parasitas, como a diarreia e a leptospirose. Segundo dados do Instituto Trata Brasil (2019), percebe-se que as interações relacionadas a doenças ligadas ao mal tratamento da água e a falta de saneamento foi de cerca 30% (81,9 mil), em 2019, sendo esse valor maior na região Nordeste.

As implicações mais evidentes dos grandes períodos de seca são a fome, a desnutrição, a miséria e a migração da população para as áreas urbanas, ou áreas com maior meio de subsistência, fator este que acaba por sobrecarregar muitas cidades (Mcbean; Rodgers, 2009). Tais fatos contribuem para deixar a população do semiárido em situação de vulnerabilidade socioambiental, prejudicando sua sobrevivência e sua permanência no local.

Segundo Carmo e Lima (2020), a região Nordeste enfrentou diversas secas ao longo dos anos, com destaque para o período de 1990 a 1995, quando esse fenômeno climático foi associado ao El Niño, classificado como um Evento Extremo. Nesse sentido, Patrocínio (2008) observa que os impactos mais significativos do El Niño no Nordeste brasileiro contribuem para o prolongamento das estiagens, promovendo alterações nas condições climáticas e, conseqüentemente, a diminuição das precipitações, sobretudo na área denominada polígono das secas. Esse tipo de desastre natural também se manifestou nas primeiras décadas do século XXI, sendo a seca iniciada entre 2012 e 2013 que se estendeu até 2017 e 2018 considerada este período a de maior severidade até então (Carmo; Lima, 2020).

Desde o século XX, o governo brasileiro vem buscando alternativas que possam contribuir para minimizar os problemas causados pela seca, estabelecendo políticas públicas que permitam as pessoas que residem nessas regiões de baixa provisão hídrica, prover sua sobrevivência, tendo a água como um recurso natural de direito de todos. Foram criados alguns órgãos e políticas públicas voltados para esta questão. Entre os órgãos voltados para os problemas das regiões de seca, é importante citar a criação da Inspeção Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS), anteriormente chamado de Inspeção de Obras contra as Secas

(IOCS), e passou a ter a nomenclatura Federal, em 1919, criado pelo Decreto nº 7.619, de 21 de outubro de 1909, e era dependente do Ministério da Viação e Obras Públicas, e apenas em 1945 teve seu nome mudado novamente, para o então chamado Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS) (Brasil, 2013).

No contexto das políticas assistenciais no Nordeste, estudos recentes indicam que a dependência crescente de programas sociais tem gerado uma percepção de conformismo social, ao mesmo tempo em que reforça a manutenção das desigualdades estruturais e a perpetuação da vulnerabilidade socioeconômica na região. As políticas focalizadas, muitas vezes emergenciais, acabam por reproduzir mecanismos de dominação e limitar a transformação social efetiva, mantendo a população em situação de precariedade e dependência (Mandu; Azevedo, 2024). No Brasil, o Nordeste é a região que mais sofre com os problemas de estiagem, ressaltando que dos dez estados que compõem o semiárido brasileiro, nove são desta região.

O semiárido brasileiro está formado por 1.477 municípios, que fazem parte dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Minas Gerais e Espírito Santo, IBGE (2022). A atual área total da região é de 1.335.298 km², correspondendo a cerca de 15% do território brasileiro. Foram incluídos 250 municípios, desde 2017, decisão oficializada em janeiro de 2024, por meio da Resolução CONDEL nº 176, onde a mesma resolução considera ainda outros cinquenta municípios passíveis de exclusão do semiárido, tendo em vista pesquisas realizadas por diversos órgãos especializados do governo (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, 2024).

A região do Semiárido do Brasil é representada, em sua grande maioria, pelo bioma da caatinga, que constitui o sertão nordestino. Conforme afirmam Reboita *et al.* (2016), a variação do período de precipitações, como também, o baixo volume pluviométrico anual na região Nordeste culmina nos períodos de seca, que é característica determinante do clima semiárido. Além disso, afirmam os autores que a alta evaporação de água acaba agravando a situação, diante das altas temperaturas e da baixa umidade do ar.

A caracterização do semiárido como um ambiente severamente atingido pela seca está ligado não somente ao reduzido volume de chuvas, mas também à má distribuição pluvial no decorrer do tempo, além das altas temperaturas (Suassuna, 2019). A temática de distribuição de água vem despertando o interesse de pesquisadores como Silveira, Cordeiro e Clemente (2016), que explicaram sobre a condução de políticas hídricas direcionadas para o semiárido brasileiro, principalmente, nas atividades voltadas ao acesso a água de forma universal para famílias e que a efetividade dessas políticas pode estar ligada com as condições

de pobreza iminente que muitas famílias vivem no semiárido nordestino.

Entre os estados que compõem o Semiárido Brasileiro tem-se o Piauí, que apresenta grande parte de seus municípios considerados como pertencentes ao semiárido. O estado do Piauí está dividido em 12 Territórios de Desenvolvimento, que foram criados em 2007, que são Planície Litorânea, Cocais, Carnaubais, Entre Rios, Vale do Sambito, Vale do Rio Guaribas, Chapada Vale do Rio Itaim, Vale do Canindé, Serra da Capivara, Vale dos Rios Piauí e Itaueiras, Tabuleiros do Alto Parnaíba e Chapada das Mangabeiras (Piauí, 2007).

Estes territórios, segundo Pereira, Nascimento e Rodrigues (2017, p. 5), se referem a “unidades de planejamento da ação governamental, considerando as peculiaridades locais e regionais, visando à promoção do desenvolvimento sustentável do Estado, a redução das desigualdades e a melhoria da qualidade de vida da sua população.

Para Pereira, Nascimento e Rodrigues (2017), entre os cinco Territórios de Desenvolvimento que formam a Macrorregião do Semiárido piauiense, destaca-se o Território do Vale do Rio Guaribas, composto por 23 municípios, a saber: Alagoinha do Piauí, Alegrete do Piauí, Aroeiras do Itaim, Bocaina, Campo Grande do Piauí, Dom Expedito Lopes, Francisco Santos, Geminiano, Itainópolis, Monsenhor Hipólito, Paquetá, Picos, Santana do Piauí, Santo Antônio de Lisboa, São João da Canabrava, São José do Piauí, São Luís do Piauí, Sussuapara, Vera Mendes, São Julião, Pio IX, Fronteiras e Vila Nova do Piauí.

Na região do Vale do Rio Guaribas é muito comum a presença da agricultura, tanto familiar quanto para exportação, com destaque para o plantio de sementes, como soja, milho e feijão. Outro produto que se destaca é o caju, de onde é aproveitado a polpa, que serve para a produção de doces e bebidas, como cajuína e suco, como também a castanha de caju, que é vendida e utilizada de diversas formas na culinária. “A produção de mel é outro fator que contribui para à economia local, além do mármore e de produtos advindos da pesca. Localizado na macrorregião do Semiárido, o Território do Vale do Guaribas, onde a economia gira em torno da agropecuária” (CEPRO, 2018, p. 36).

Usados para a avaliação e comparação entre realidades diversas, os índices ou indicadores, segundo Siedenberg (2003, p. 59) “podem ter, além de uma função meramente informativa, também uma função avaliativa, normativa ou decisória, uma vez que servem de referência para a implementação de objetivos, metas e estratégias”. Destacam-se entre eles, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), que leva em consideração a infraestrutura urbana, capital humano e renda e trabalho.

As cidades que estão no território do Vale do Rio Guaribas exibiram, em 2018, altos

índices de vulnerabilidade social (IVS), com 14 municípios apresentando alta vulnerabilidade, 7 municípios, com vulnerabilidade média, 1 município com muito alta vulnerabilidade, enquanto 1 município apresentou baixa vulnerabilidade. Ressalta-se que, o município de Picos, ocupa a segunda posição no ranking dos IVS dos 224 municípios do Piauí, destacando-se dos demais municípios deste território.

Observa-se que, considerando os indicadores da maioria dos municípios, apenas o capital humano tem pouca vulnerabilidade, nos demais apresentam índices entre médios e altos (CEPRO, 2018). No que se refere ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), a maioria dos municípios do Vale do Rio Guaribas apresentavam, em 2018, baixo IDH, ou seja, careciam de acesso, ausência ou insuficiência de tais ativos, essenciais à manutenção da vida, como água potável e comida (CEPRO, 2018).

O Vale do Rio Guaribas está inserido em região quente e úmida, com alternância dos índices pluviométricos, que vão de 500 mm a 800 mm (IBGE, 2010). Devido ao baixo índice de chuvas anuais, os reservatórios que poderiam ajudar no acesso à água, assim como no armazenamento das águas advindas das chuvas, não atuam de forma suficiente para resolver os problemas da falta de água, pois a quantidade é pouca. Com a redução do nível do Rio Guaribas, observa-se que não se consegue o suprimento necessário de água para a população, além de má distribuição de água que ocorre entre os habitantes desse território, em especial, daqueles que dependem diretamente da água da chuva ou da água distribuída pelos órgãos municipais.

Segundo dados do IBGE (2022), a parcela da população que compreende os 23 municípios é de 340.229 habitantes, que residem no Vale do Rio Guaribas, e que sofrem com as consequências do clima, carecendo de políticas públicas e assistencialistas para sobreviver. Essa situação representa uma realidade já existente na região, que fez com que, em 2008, o Vale do Rio Guaribas fosse definido, pela Secretaria de Desenvolvimento Territorial do Ministério das Cidades (SDT), como de extrema pobreza (Medeiros, 2020).

É importante destacar os baixos Índices de Desenvolvimento Humano Municipal (IDMH) encontrados nos municípios que compõem o território do Vale do Rio Guaribas, considerando-se que, dos 23 municípios, apenas Picos mostrava índice que excede a média estadual. Dos demais municípios, cinco encontravam-se em nível de desenvolvimento médio (de 21,7%), enquanto 18 municípios estavam em um nível baixo (de 78,3%) (Cepro, 2016). Assim, se faz necessário aprofundamento no estudo sobre as políticas públicas de gestão hídrica, a convivência com semiáridade e a vulnerabilidade socioambiental.

Segundo Medeiros (2020), o Território do Vale do Rio Guaribas, localizado no

Estado do Piauí, em números de extrema pobreza, estava em terceiro lugar, em comparação com os outros territórios, com maior quantidade populacional nesta situação, segundo dados do censo de 2010 (IBGE, 2010). Dessa forma, procura-se entender se o baixo IDMH desses municípios tem relação com a restrição de água, considerando que maior disponibilidade de acesso à água poderia contribuir para o desenvolvimento da região, atraindo mais investimentos em agropecuária, por exemplo.

O desenvolvimento humano, social e econômico deve estar intrinsicamente relacionado à distribuição equitativa de recursos essenciais, como a água. Nesse contexto, a escassez desse recurso, tanto para consumo quanto para a irrigação, gera uma série de problemas, como a falta de alimentos, a morte de animais e o prejuízo à agricultura, resultando em um impacto direto na qualidade de vida da população. No Vale do Rio Guaribas, os períodos prolongados de seca, associados à ineficaz captação, armazenamento e distribuição de água, fazem com que a população local enfrente dificuldades significativas, especialmente durante as estiagens mais intensas. Mesmo com alguns rios presentes na região, a severidade das secas torna o problema da escassez hídrica como emergente.

Sousa Lima e Valladares (2023) destacam que o Rio Guaribas nesse território se define como um rio momentâneo, mudando essa característica permanente no período de chuvas, se tornando um rio extenso chegando a aproximadamente a 160 km e com grandes volumes de água. Entretanto, o Guaribas ao longo dos anos, vem enfrentando inúmeros problemas de poluição e altos índices de urbanização em suas margens, o que contribui para problemas também em suas águas subterrâneas.

A avaliação do potencial e da disponibilidade das águas subterrâneas existentes no Estado do Piauí foi realizada por meio da base de dados de informações hidrogeológicas disponíveis que ajudaram a quantificar essa investigação, fornecidas pela SEMAR/PI, e que foram complementadas por dados da CPRM - Serviço Geológico do Brasil e da AGESPISA. Esses poços estão divididos por 11 aquíferos da bacia Sedimentar do Parnaíba a saber: Serra Grande, Pimenteiras, Cabeças, Longá, Poti/Piauí, Pedra de Fogo, Pastos Bons, Corda, Barreiras, Aluviões, Dunas e Fissural Cristalino, onde se pôde ter um quantitativo dessas averiguações para o gerenciamento de estratégias relacionadas a gestão hídrica. (SEMAR, 2010).

A Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí (SEMAR) tem grande preocupação com a diminuição da quantidade de água subterrâneas na bacia do Rio Guaribas, pois o manancial necessita ser monitorado e disciplinado para manter o acesso mais restrito, para que o acesso a água não seja afetado, principalmente para as pessoas que

vivem no sertão (SEMAR, 2019).

Diante desse contexto, foram formulados os seguintes questionamentos a) Qual potencial aquífero da Bacia Hidrográfica do Vale do Guaribas? b) Quais as áreas mais vulneráveis do Território Vale do Guaribas, do ponto de vista ambiental e social? c) Existe relação entre áreas de maior restrição hídrica e maior pobreza, na região? d) De que forma a falta de acesso dos habitantes à água no Vale do Rio Guaribas impacta na vida da sua população? e) Quais as políticas públicas de ajuda para o acesso à água e para a mitigação dos problemas enfrentados pela população em decorrência desta carência? f) Que fatores climáticos e sociais dificultam o acesso à água nessa região?

Como hipótese, tem-se que a utilização das águas da bacia hidrográfica dos rios presentes no Território do Vale do Guaribas, não é suficiente para o abastecimento de água de famílias residentes na região, especialmente durante os períodos de estiagem prolongada.

Acredita-se, ainda, que as cidades ou comunidades que tiveram maior acesso à água, por meio de políticas públicas eficazes, apresentaram melhores índices de desenvolvimento humano (IDH).

Neste estudo, o objetivo geral foi analisar a vulnerabilidade socioeconômica e ambiental da população do Território do Vale do Rio Guaribas, relacionando-a à gestão dos recursos hídricos na região.

Como objetivos específicos, buscou-se:

- Sistematizar as principais políticas voltadas para o acesso e distribuição de água na região do Vale do Guaribas (Objetivo atendido nos artigos 5 e 6);
- Caracterizar áreas de maior vulnerabilidade socioambiental causadas pela (in) justiça climática na região do Vale do Guaribas, relacionadas à falta de acesso à água (Objetivo atendido pelo artigo 6);
- Discutir a gestão e potencial hídrico da bacia hidrográfica do rio Guaribas, no Piauí; (Objetivo atendido pelos artigos 7 e 8);
- Identificar as necessidades diárias da população do Território Vale do Guaribas, causadas pela restrição ao acesso de água. (Objetivo atendido pelo artigo 8).

O método de pesquisa consistiu na identificação dos aspectos socioambientais e dos desafios relacionados aos recursos hídricos nos oito municípios do Piauí, Brasil, e os dados foram coletados nos seguintes municípios: Monsenhor Hipólito, Pio IX, São Luís do Piauí, São João da Canabrava, Sussuapara e Paquet. (todos localizados na Bacia do Rio Guaribas), que foram selecionados por sua relevância para a bacia e por suas características

sociais e econômicas. Os dados foram coletados por meio de um questionário estruturado com perguntas abertas e fechadas, possibilitando assim a coleta de dados quantitativos e qualitativos, e o questionário foi aplicado a 143 pessoas representativas das comunidades locais.

As perguntas abertas foram utilizadas para coletar opiniões e visões sobre a gestão dos recursos hídricos, e as perguntas fechadas foram elaboradas para padronizar as respostas para análise estatística. Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva para resumir e interpretar os achados, portanto, medidas de tendência central (média, mediana, moda, etc.), frequências e proporções foram computadas, o que ajudou a identificar padrões e tendências nos dados. A análise descritiva ajudou a determinar como os dados foram distribuídos e os principais problemas enfrentados pelas comunidades em termos de acesso e uso da água, portanto, essa análise foi crucial para a compreensão da situação.

Este trabalho está composto, além da **Introdução**, em que são apresentados o tema, a justificativa, problemática, hipóteses, objetivos da pesquisa e estrutura da tese, por mais dez seções, em que são expostos tópicos da revisão bibliográfica, resultados obtidos e discutidos, conclusões, além das referências utilizadas no texto e apêndices, inerentes à pesquisa.

Na revisão bibliográfica foram abordados aspectos relacionados ao saneamento básico, à crise hídrica, gestão de recursos hídricos, políticas públicas voltadas para o acesso e gestão da água, crise hídrica no semiárido nordestino. Dessa forma, na segunda seção, intitulada **Reflexões sobre a crise hídrica no Brasil e no Mundo**, foram contemplados aspectos relacionados à crise hídrica e a importância da água no Mundo, no Brasil, assim como, sobre políticas públicas voltadas para a gestão e o acesso à água.

Na terceira seção, intitulada **Importância e Características de Bacias Hidrográficas**, é apresentado um panorama sobre a gestão das bacias hidrográficas no Brasil, além de abordar questões sobre balanço hídrico e unidades de gestão.

Na quarta seção, intitulada **Semiárido Nordestino e a Vulnerabilidade Socioambiental** foram discutidas condições climáticas que propiciam a seca no Semiárido brasileiro em especial no Nordeste, o impacto da seca e a vulnerabilidade socioambiental.

Ressalta-se que, neste trabalho os resultados estão apresentados na forma de artigos, que respondem aos objetivos propostos. Então, a quinta seção refere-se ao artigo, que tem como título, **Políticas públicas de acesso à água em regiões de escassez hídrica: estudo no semiárido do nordeste brasileiro**, que aborda as políticas públicas de acesso e gestão da seca no semiárido nordestino.

Na sexta seção, apresenta-se o artigo intitulado, **Clima e recursos hídricos: estudo**

sobre a vulnerabilidade socioambiental e a (in)justiça climática no Vale do Rio Guaribas, Piauí, Brasil, em que são abordadas questões voltadas para a vulnerabilidade ambiental e para a justiça climática.

Na sétima seção, é abordado o artigo denominado **Gestão Pública e Hidrografia: um estudo sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Guaribas no Piauí, Brasil**, em que são discutidos aspectos relacionados à Bacia Hidrográfica do Rio Guaribas.

Já na oitava seção apresenta-se o artigo **Vivências na Escassez Hídrica: A Realidade Social e Econômica no Semiárido Piauiense**, em que se apresenta e se discute a realidade cotidiana da população dessa região, que sofre com a escassez hídrica,.

Em **Conclusões**, são apresentados e comentados os resultados obtidos durante este estudo, que abordou os problemas relacionados à convivência com a escassez hídrica no semiárido do Piauí. Por fim, nas **Referências**, está colocada a lista de autores citados na introdução e nos itens relacionados ao referencial teórico e em **Apêndices**, apresenta-se o material elaborado para o desenvolvimento da pesquisa.

2 REFLEXÕES SOBRE A CRISE HÍDRICA NO MUNDO E NO BRASIL

A importância da água é um tema amplamente discutido em caráter universal, sendo um recurso fundamental para a vida no planeta. No entanto, é válido pontuar que a disponibilidade desse recurso é distribuída de forma irregular em muitas regiões do planeta. Ambrósio (2019) salienta que esse recurso indispensável para a manutenção e sobrevivências das espécies, faz com que seja um assunto de significativa importância, tendo em vista que em muitos lugares ela não é mais encontrada.

De acordo com Blanco (1999), é preciso considerar que cotidianamente os seres humanos da atualidade são responsáveis pela água que existirá no futuro, na qual os mesmos podem contribuir para que as gerações futuras tenham esse recurso de forma adequada e com suas reservas preservadas.

2.1 A importância da água

A água é um recurso fundamental para a sustentação da vida no planeta. Desde os primórdios da existência humana, o uso da água esteve diretamente ligado à sobrevivência, à produção de alimentos e à expansão das civilizações. O surgimento das primeiras cidades está relacionado à proximidade dos rios, uma vez que a prática agrícola exigia fontes de água acessíveis (Souza *et al.*, 2018).

Diante disso, a água se tornou um recurso fundamental para diversos processos produtivos que são de grande importância para o desenvolvimento econômico e social. Além de seu uso na agricultura, que demanda grandes volumes para irrigação e produção de alimentos, a água é essencial em inúmeras atividades industriais, desde a fabricação de produtos até o resfriamento de equipamentos (Santos, 2020).

Outro setor altamente dependente dos recursos hídricos é a geração de energia, especialmente a hidrelétrica, que representa uma significativa parcela da matriz energética de diversos países, incluindo o Brasil, onde a maior parte da energia elétrica provém dessa fonte renovável (Santos, 2020). Apesar de sua vasta presença no planeta pois cobre cerca de 71% da superfície terrestre, a maior parte dessa água se encontra em forma não utilizável diretamente pelos seres humanos, seja nos oceanos ou nas calotas polares. Apenas uma pequena fração corresponde à água doce disponível em rios, lagos e aquíferos, à qual é essencial para o abastecimento das populações e das atividades econômicas (Pereira *et al.*, 2017).

Mesmo com essa realidade, muitas localidades ainda enfrentam desafios para garantir o acesso à água potável, uma questão que é agravada pelas desigualdades

econômicas, pela má gestão dos recursos hídricos e pela falta de infraestrutura adequada para o tratamento e distribuição da água. Em regiões mais vulneráveis, como áreas rurais e periféricas, a escassez de água potável se torna ainda mais evidente, o que afeta diretamente a saúde e a qualidade de vida da população (Oliveira; Silva, 2019).

A crise hídrica global tem sido objeto de intensos debates nas últimas décadas, com muitos especialistas defendendo a necessidade de repensar o uso e a distribuição da água. Para garantir que esse recurso continue a atender às demandas globais, alguns estudiosos propõem a adoção de políticas de gestão integrada dos recursos hídricos, com enfoque na sustentabilidade e na equidade social (Almeida *et al.*, 2016).

Nesse contexto, é fundamental reconhecer o acesso à água e ao saneamento básico como direitos humanos, essenciais para garantir saúde e bem-estar às populações, além de serem cruciais para o desenvolvimento sustentável e a redução da pobreza (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2021).

A crescente demanda por água, principalmente nos setores agrícola e industrial, aumenta os desafios de gestão desse recurso. A agricultura, em particular, é responsável pelo maior consumo de água no mundo, principalmente em regiões semiáridas onde a irrigação é uma prática comum (Freitas, 2019).

No Brasil, o setor agroindustrial também é o principal consumidor de água, representando mais de 70% do uso total do país (Mendonça, 2021). A geração de energia hidrelétrica também coloca pressão sobre os recursos hídricos, e as mudanças climáticas podem intensificar esse cenário, criando instabilidades na oferta de água para essa finalidade (Carvalho, 2020).

Ademais, a contaminação das águas por resíduos industriais e agrícolas tem se tornado uma preocupação crescente. A poluição hídrica compromete a qualidade das fontes de abastecimento, afetando a saúde pública e a biodiversidade (Silva; Melo, 2018). O manejo inadequado dos recursos hídricos, o aumento populacional e a intensificação das atividades econômicas, pode levar a situações de escassez (Ferreira *et al.*, 2022).

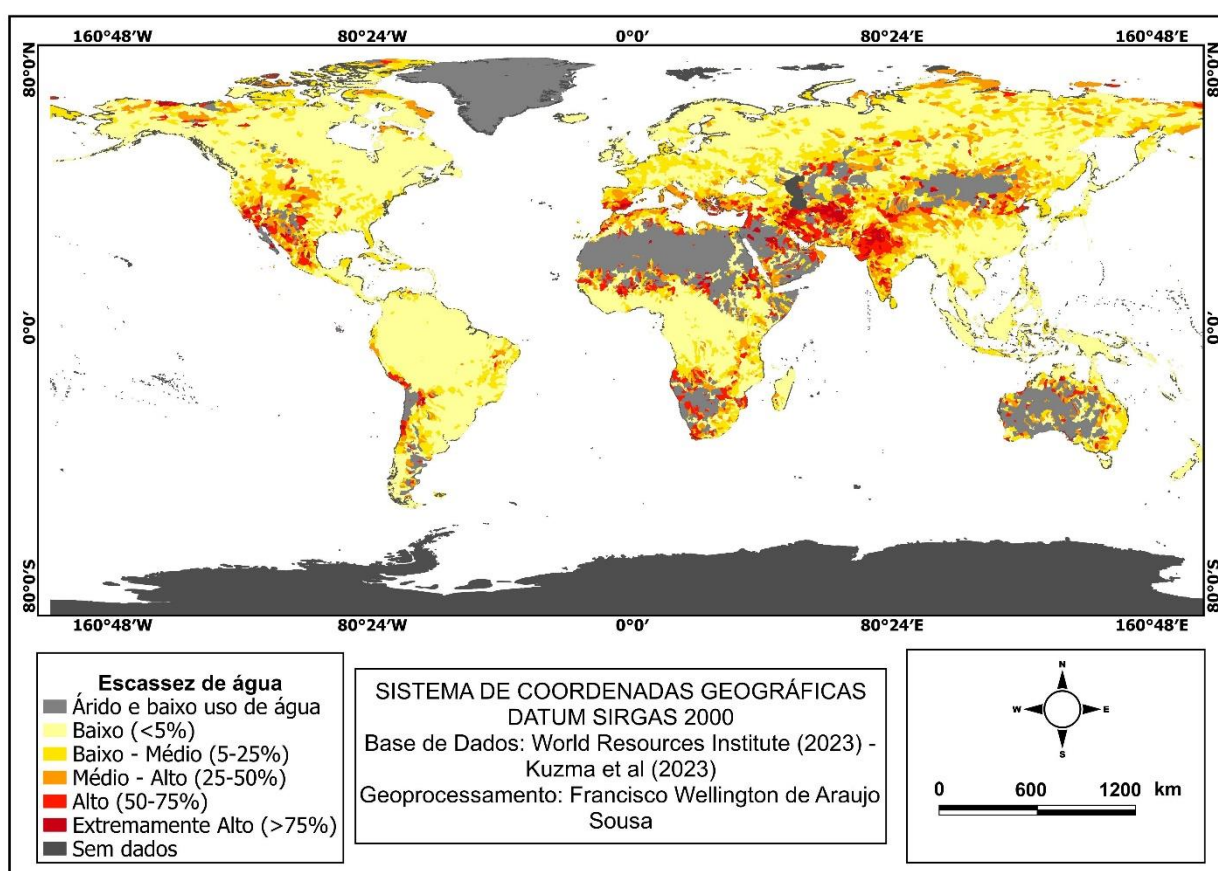
2.2 Consumo e distribuição de água

A migração relacionada ao estresse hídrico nas regiões áridas da África e partes da Ásia representa um desafio crescente para a gestão de recursos hídricos. O aumento da população em áreas urbanas e o aumento da pressão sobre os recursos disponíveis podem gerar conflitos

relacionados à água, especialmente em regiões onde a governança é frágil. Para mitigar esses riscos, é necessário um gerenciamento integrado e a cooperação entre nações e regiões, assegurando o uso sustentável da água (Gernaat *et al.*, 2017).

A distribuição de água no mundo ocorre de forma irregular, como pode ser visto na Figura 2.1, em que se mostra o panorama da falta de água para a população mundial, no ano de 2023. Tem-se a estimativa de que cerca de quatro bilhões de pessoas sofram com a escassez hídrica em todo o globo, o que corresponde à metade da população mundial (Huang *et al.*, 2016).

Figura 2.1- População Mundial sem água em 2023



Fonte: World Resources Institute (2023)

Observa-se que o Brasil é mostrado como um país que tem quantidade de água disponível em relação a algumas regiões do mundo, mas é importante destacar que, no país ocorre má distribuição desse recurso, dificultando o acesso para todos. Assim, mesmo que o país tenha água disponível acaba por não suprir as necessidades de toda a população, deixando parte dela com graves problemas hídricos.

No domínio das águas superficiais, rios e reservatórios, a responsabilidade de fiscalização, manutenção e acopanhamento desses corpos, é tanto de atuação dos Estados, quanto da União, o

que demonstra a importância e avanço do planejamento e do gerenciamento interligado entre os órgãos de gestão dos recursos hídricos com atuação na bacia preservação da água potável (Freitas, 2019; Senna; Maia; Medeiros, 2019).

A intensificação dos efeitos das mudanças climáticas tem impulsionado a elaboração de estratégias integradas e ações coordenadas em múltiplos níveis governamentais, visando a implementação de políticas públicas eficazes que assegurem benefícios concretos e sustentáveis para as populações afetadas. Essas abordagens são fundamentais para alinhar as questões climáticas aos objetivos de desenvolvimento sustentável (Olsson *et al.*, 2014; Dos Santos; De Souza, 2024).

Ressalta-se que a oscilação climática deve ser considerada um elemento fundamental na formulação de políticas públicas. Enquanto as nações desenvolvidas já integraram estratégias de adaptação em suas diretrizes de crescimento, os países em desenvolvimento ainda se encontram nas etapas iniciais desse processo. Isso evidencia que a habilidade de enfrentar as mudanças climáticas está diretamente relacionada à disponibilidade de recursos financeiros e à robustez das estruturas institucionais (Mastrorillo *et al.*, 2016).

A gestão dos recursos hídricos tem sido uma questão amplamente debatida no Brasil e no mundo, principalmente em relação ao uso da água para a agricultura, que é a principal responsável pelo consumo de água no país. A irrigação é essencial para a produção agrícola e para a segurança alimentar, especialmente diante do crescimento populacional. O desafio, no entanto, é equilibrar o uso da água entre a agricultura e a preservação ambiental. Souza e Almeida (2018) destacam que a demanda crescente por alimentos exigirá uma expansão das áreas irrigadas de 20% a 30% até 2030, sendo essencial mecanismos de gestão sustentáveis.

O Brasil possui cerca de 12% das reservas de água doce do mundo, com a maior parte localizada na bacia amazônica, que concentra aproximadamente 70% desse total, mas nem toda essa totalidade é adequada para consumo e abastecimento da população. No entanto, os 30% restantes precisam atender às necessidades da população em outras regiões do país, o que inclui o abastecimento urbano e rural, além do uso intensivo na agricultura irrigada, que consome quase metade desse volume (IBGE, 2021).

A utilização eficiente da água na irrigação ainda representa um desafio significativo no Brasil, uma vez que muitos dos métodos aplicados resultam em elevado desperdício hídrico, em razão de práticas de manejo inadequadas e da ausência de tecnologias mais avançadas e eficazes (Pereira *et al.*, 2017). Esse desperdício compromete a disponibilidade de recursos hídricos, especialmente em áreas semiáridas, onde a oferta de água é mais limitada e demanda prioridade na gestão.

De acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 2019, aproximadamente 85% da população brasileira reside em áreas urbanas, enquanto apenas 15% vive em zonas rurais. Mesmo assim, a produção agrícola abastece a maior parte das áreas urbanas. Nesse contexto, a implementação de políticas públicas que promovam o uso racional da água visa assegurar a sustentabilidade no manejo dos recursos hídricos e a melhoria das condições de vida de toda a população (Santos; Oliveira, 2020).

As águas subterrâneas são essenciais para o abastecimento público e privado no Brasil, atendendo a cidades, indústrias e atividades agrícolas. No entanto, sua exploração e contaminação são questões pouco compreendidas, agravadas pela falta de monitoramento e conhecimento adequado sobre a dinâmica e qualidade desses recursos. Isso aumenta a vulnerabilidade dos aquíferos, especialmente à contaminação por metais pesados e resíduos sólidos descartados de forma inadequada (Lima *et al.*, 2019).

Estudos indicam que a contaminação por metais pesados e solventes industriais é um dos principais fatores de degradação das águas subterrâneas no Brasil, afetando a qualidade da água em diversas regiões. A disposição inadequada de resíduos em aterros e lixões contribui significativamente para a poluição dos aquíferos, o que exige ações mais rigorosas para proteger essas fontes de água (Silva e Santos, 2021).

Estudos da Agência Nacional de Águas (ANA) indicam que o consumo médio de água no Brasil é de aproximadamente 150 litros por pessoa por dia. No entanto, esse consumo varia de maneira significativa entre as regiões. Enquanto no Sudeste, a média é de 180 litros diários, no Nordeste, essa média é de cerca de 120 litros, refletindo as diferenças no acesso e na infraestrutura hídrica, além das condições climáticas e socioeconômicas de cada região (ANA, 2020).

Apesar da redução gradual no consumo em comparação com anos anteriores, as perdas no sistema de distribuição ainda são um grande problema, com uma média nacional de 37% de perda de água tratada devido a vazamentos e outras ineficiências na rede de abastecimento (Instituto Trata Brasil, 2020). O que reforça a necessidade de investimentos em infraestrutura e em tecnologias que melhorem a eficiência do uso e distribuição dos recursos hídricos no país.

2.3 Crise Hídrica ao Redor do Mundo

A partir da década de 1970, a questão da escassez de água passou a ser amplamente debatida, especialmente em fóruns internacionais como a ONU. Esse debate foi intensificado por organismos globais, como o Banco Mundial, que defendiam uma abordagem de gestão

dos recursos hídricos baseada na lógica de mercado, frequentemente favorecendo as elites econômicas dominantes (Castro, 2008). Nos anos 1990, o tema ganhou ainda mais destaque, sendo reconhecido como um problema de escala global e uma potencial fonte de conflitos futuros, o que levou à participação mais assertiva de atores internacionais no debate, conforme apontado por Le Prestre (1997).

De acordo com o gráfico disponibilizado pelo Programa Mundial de Avaliação da Água das Nações Unidas (WWAP, 2015), que faz uma analogia entre o consumo de água de 2000 e 2050, isso com relação a OECD, BRICS, RM e o Mundo, onde mostra como o crescimento do consumo de água para irrigação cai em 2050, porém para o consumo de energia elétrica e manufatura acaba por subir muito.

Some-se a isso o fato de que não há uma distribuição regular de recursos. Segundo dados apresentados por Lima (2018) pelo menos 60% de toda a água doce existente no planeta encontra-se em menos de dez países do globo: Brasil, China, Rússia, Canadá, Colômbia, Estados Unidos, Indonésia e República Democrática do Congo, entretanto, em muitos desses países a água muitas vezes é imprópria para o consumo. De acordo com Tundisi e Matsumura- Tundisi (2008), a gestão da água deve ser focada em um gerenciamento integrado e sustentável, considerando a inter-relação entre os ciclos atmosféricos, superficiais e subterrâneos de água. A crise hídrica, que se tornou um problema global, demanda soluções que envolvam governança adequada dos recursos hídricos, especialmente por meio da gestão por bacias hidrográficas, promovendo o uso múltiplo das águas.

A Conferência da ONU sobre a Água de 2023 reforçou a urgência de cooperação entre diferentes setores, como público, privado e acadêmico, para enfrentar os desafios do acesso à água potável e da adaptação às mudanças climáticas (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008; Iglecias *et al.*, 2023). Essas perspectivas são fundamentais para garantir que a água continue suprimindo as necessidades humanas de forma sustentável, especialmente diante de crises agravadas por fatores como o aumento demográfico e o consumo excessivo de recursos hídricos. (Gleick, 2003).

Com o maior número de pessoas, maior o consumo de recursos naturais, como alimentos (agricultura e pecuária), indústria e energia, que pressionam a natureza, prejudicando os ecossistemas, causando perda de recursos e diminuição da qualidade, bem como a diminuição da qualidade e quantidade da água que compõe o meio ambiente, e essa situação é um problema grave nas regiões com falta de água (Dalmolin, 2023).

Segundo Rodriguez (2023), a escassez de água afeta significativamente as condições de vida de muitas comunidades, tanto em termos de quantidade quanto de qualidade. Em regiões

semiáridas como o Cerrado e a Caatinga, o acesso à água é limitado devido à intensa retirada para irrigação e monoculturas, como a soja e o eucalipto, que pressionam os aquíferos e comprometem o equilíbrio ambiental.

Essas atividades agrícolas, além de utilizarem grandes quantidades de água, contribuem para a destruição de nascentes e poluição dos mananciais, agravando a vulnerabilidade das população local. Adicionalmente, o uso indiscriminado de agrotóxicos nessas áreas próximas a mananciais impacta a qualidade da água disponível para as comunidades (Rodriguez, 2023). A exclusão hídrica também é um reflexo de políticas que priorizam interesses corporativos, como observado na privatização de recursos hídricos, favorecendo grandes empreendimentos em detrimento dos direitos das populações mais pobres. Esse cenário reforça a desigualdade social e ambiental, comprometendo o direito ao acesso justo e sustentável à água (Albuquerque, 2012; Sciello, 2023).

As Nações Unidas, por meio da Organização das Nações Unidas para Alimentos e Agricultura (FAO) aponta que enquanto a população mundial teve um crescimento de cerca de 4,4 vezes no século passado, o consumo de água aumentou em cerca de 7,3 vezes. Além disso, aponta o órgão que, embora o aumento do consumo hídrico seja pelo 1,7 vezes mais acelerado que o crescimento demográfico, a captação do recurso tem diminuído com o passar dos anos (FAO, 2016).

A crise hídrica global precisa ser abordada de forma integrada, levando em consideração tanto os aspectos socioeconômicos quanto os modelos hidrológicos globais. Segundo Hanasaki et al. (2013), para assegurar o uso sustentável e a segurança dos recursos hídricos, é fundamental adotar uma abordagem multifacetada, que considere o crescimento populacional e as transformações no uso da terra. A água deve ser gerida como um bem coletivo, imprescindível para atender às necessidades humanas e garantir o equilíbrio ambiental.

Conforme o World Bank (2016), embora haja uma crença de que o volume de água disponível no mundo seja suficiente para atender às necessidades futuras da população, a escassez hídrica afeta um número de pessoas, em sua grande maioria, economicamente vulneráveis. Desse modo, evidencia-se não só a necessidade de garantir o acesso ao recurso em termos de quantidade como também de qualidade.

A FAO (2012) define a escassez hídrica como sendo um estado em que a demanda dos setores, sejam eles sociais, econômicos, ou mesmo o próprio meio ambiente não pode ser suprida com o volume e qualidade da água de que dispõe determinada região. Segundo o órgão, são sinais dessa situação a tensão entre os consumidores do recurso, a extração subterrânea

excessiva e a insuficiência de fluxo hídrico para o próprio ecossistema

Um dos países que enfrentou grande crise hídrica foi a Austrália, que entre os anos de 1997 e 2009 passou por uma grande seca. O país investiu cerca de 6 bilhões em infraestrutura para combater o desperdício de água. De acordo com Rodrigues *et al.* (2023), um dos métodos mais eficazes de economia de água é o uso de águas cinzas, e a água é purificada e reutilizada para regar plantas e limpar ruas. Na verdade, a água usada é enviada para um tanque separado, e esse processo é uma etapa crucial na reutilização da água. A água é purificada e reutilizada para regar plantas e limpar ruas, portanto, é um componente vital da conservação da água.

A descentralização por meio dos comitês de bacia hidrográfica no Brasil exerce um papel fundamental na gestão dos recursos hídricos e na promoção do uso sustentável da água. Esses comitês, são formados por representantes de diferentes setores que atuam como fóruns colaborativos de governança, possibilitando a criação de políticas de uso responsável e cobrança pelo uso da água. Essa estrutura de governança descentralizada tem contribuído para a adaptação das práticas de gestão às particularidades ambientais e sociais de cada bacia hidrográfica, promovendo uma administração mais eficiente e sustentável (Jacobi; Fracalanza, 2019; ANA, 2024).

Atualmente, a escassez de água atinge uma parcela maior que 40% da população mundial, e só tende a crescer em virtude das mudanças climáticas. Segundo dados apresentados pelas Nações Unidas em 2015, pelo menos 10 países estavam próximos ao esgotamento de recursos hídricos advindos de água doce, e tendiam a passar a usar fontes não convencionais para solucionarem o problema do desabastecimento. (UNDP, 2015).

No caso do Brasil, o Nordeste é a região de destaque, enfrentando longos períodos de seca que afetaram e continuam afetando a população e a economia diretamente de forma contemporânea (Cantelle *et al.*, 2018). Entretanto, desde 2014, além da região Nordeste, a região Sudeste também tem enfrentado percalços relacionados à escassez hídrica em moldes semelhantes aos observados no Nordeste, como baixo volume de precipitações e elevação das temperaturas, enquanto a região Norte do país vem sofrendo sucessivos processos de seca devido as mudanças climáticas em larga escala.

Dessa forma, entende-se que a crise hídrica é um problema de escala global que preocupa não só sob o ponto de vista econômico, tendo em vista que a água é um dos principais recursos na indústria, mas também um problema social e ambiental, que precisa ser debatido de forma ampla em todas as esferas, para que os recursos hídricos não possam ser comprometidos em sua totalidade.

Um dos problemas ligados à seca é a desertificação do solo. Silva e Azevedo (2020)

destacam que esse problema não se faz presente apenas no semiárido brasileiro, mas que nos últimos anos vem ocorrendo em diversas partes do mundo, como é o caso do Paquistão, por exemplo. Os autores ressaltam também que com esse aumento da aridez, aumenta também a deficiência hídrica, o que gera danos, principalmente à agricultura, necessitando de uma tomada de consciência a fim de utilizar a água de maneira sustentável para minimizar os déficits no abastecimento.

2.4 Crise hídrica no semiárido do Brasil

O Semiárido Brasileiro é um território político-climático delimitado por uma precipitação média anual inferior a 800 mm, índice de aridez menor que 0,5 e risco de seca superior a 60% (Moura *et al.*, 2007). As taxas de evaporação são elevadas, variando de 1000 mm a 3300 mm por ano. A estação chuvosa dura em média três meses, concentrada no verão (dezembro, janeiro e fevereiro), com padrões irregulares de precipitação anual e sazonal (Nobre; Melo, 2001).

O termo “seca” é polissêmico. Na escala meteorológica, corresponde a uma redução acentuada (tipicamente superior a 50%) da precipitação anual em relação à média climatológica (INMET, 2022). Na ótica agrícola, refere-se à distribuição inadequada de chuvas em fases críticas do desenvolvimento de culturas e pastagens, comprometendo a produção (EMBRAPA, 2021). Sob a perspectiva humana, secas prolongadas têm gerado fome e escassez hídrica, impactando os ciclos econômicos do Semiárido brasileiro (IPEA, 2023).

Até o século XVIII, a administração colonial portuguesa dependia do poder dos grupos econômicos locais em troca de apoio político, e o sistema produtivo era fundamentado na dicotomia latifúndio-minifúndio, onde o primeiro atendia ao mercado e o segundo assegurava a sobrevivência das famílias rurais. A variedade de microambientes úmidos espalhados nas grandes propriedades oferecia alternativas adaptativas para a população rural enfrentar episódios extremos de seca (Bursztyn, 1990).

No século XIX, a exclusão fundiária resultante da promulgação da Lei de Terras (1850), associada à expansão da indústria algodoeira, provocou a desestabilização do sistema produtivo tradicional. A grande seca de 1877-1879 foi a primeira a evidenciar as transformações no contexto fundiário, caracterizando-se pelo intenso êxodo de populações das zonas rurais empobrecidas para os centros urbanos regionais e por mortes decorrentes de fome e doenças. Esse processo sobrecarregou as cidades, gerando uma série de problemas de saúde

pública (Kenny, 2002).

O impacto humano fez com que a seca fosse incorporada à agenda política e impulsionou ações governamentais no Nordeste do Brasil, baseado na implementação de grandes obras hidráulicas, como açudes e barragens, muitas vezes em propriedades privadas, perpetuando muitas vezes mecanismos de corrupção para a distribuição desse recurso, além do confinamento de refugiados em campos de concentração temporários para a construção dessas obras (Oyama; Nobre, 2006). Embora garantissem a disponibilidade de água, sua distribuição foi instrumentalizada, dando origem à denominada "indústria da seca", que prosperava ao desviar a responsabilidade pelas causas sociais e históricas da miséria e das desigualdades, atribuindo-as à irregularidade das precipitações (Salazar; Nobre; Oyama, 2007).

O governo federal procurou mecanismos de modernização por meio do sistema de crédito, cooperativas e extensão rural, para assim tentar mitigar os efeitos das secas, vinculado essas ações aos pacotes tecnológicos da revolução verde, período em que ocorreu intensas modificações na agricultura e que muitas vezes eram mal ajustados à cultura local (Bursztyn, 2008). Culturas tradicionais de subsistência como milho, feijão e mandioca acabaram por perder espaço. O salto econômico e a abundância observados em territórios limitados foram acompanhados por um aumento nas desigualdades entre os poucos que tinham acesso às oportunidades e a maioria sendo excluída de oportunidades que poderiam proporcionar a mínima subsistência (Gomes, 2006).

Entre 2012 e 2018, uma sequência de anos secos devastou o Semiárido, levando a resiliência rural ao extremo (Carmo; Lima, 2020). Nesse aspecto inúmeras tecnologias foram incorporadas no semiárido, visando melhorar as condições dessas populações. A magnitude dos impactos humanos reduziu significativamente, embora a insegurança alimentar e hídrica ainda seja uma realidade em menor grau e as perdas agrícolas continuem sendo uma realidade frequente para muitas famílias da região.

3 IMPORTÂNCIA E CARACTERÍSTICAS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

As bacias hidrográficas são conhecidas como unidades naturais de planejamento e gestão dos recursos hídricos fundamentais para a sustentabilidade dos sistemas ambientais e socioeconômicos, que acabam por influenciar no abastecimento de água de muitas regiões. Elas permitem a avaliação integrada de uso do solo, qualidade da água e biodiversidade, além de serem áreas-chave para a proteção de mananciais. Nesta seção serão apresentados aspectos e conceitos relacionados à importância da gestão de bacias hidrográficas.

3.1 Conceito de bacias hidrográficas

Segundo Tucci (2009), as bacias hidrográficas atuam como fatores importantes para a regulação do ciclo hidrológico, tendo em vista que influenciam, de forma direta, tanto na quantidade quanto na qualidade da água que se encontra disponível para a população. Dessa forma, é considerada essencial ferramenta de gestão, que ajuda a monitorar e acompanhar a distribuição de água e o impacto das atividades humanas sobre os recursos hídricos.

Oliveira e Soares Neto (2018) destacam que, além de suas funções naturais, as bacias hidrográficas são ambientes que demandam a implementação de políticas públicas eficazes para garantir a distribuição equitativa da água e a prevenção de conflitos de uso. As bacias hidrográficas representam ambientes de interação humana com o meio ambiente e por essa razão são considerados importantes indicadores capazes de balizar a análise dos problemas relacionados ao meio ambiente. Para Oliveira e Soares Neto (2018, p. 12),

Os rios e outros corpos hídricos são bens públicos de uso comum. Qualquer pessoa pode utilizá-los, independentemente de identificação, desde que observe as normas administrativas vigentes. O uso privativo, em benefício de alguém, subtrai a possibilidade de outros utilizarem o mesmo bem. Por meio da outorga do direito de uso de recursos hídricos, o Poder Público atribui ao interessado, público ou privado, o direito de utilizar privativamente esse recurso, fixando as respectivas condições e limites, em face da necessidade de controle desse bem público.

Dessa forma, tendo em vista que as modificações provocadas pela ação humana no meio ambiente estão cada dia mais evidentes, os instrumentos de gestão ambiental, especialmente aqueles voltados para a conservação das bacias hidrográficas, são indispensáveis (Dictoro & Hanai, 2021). Nesse contexto, os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH) desempenham um papel decisivo nas ferramentas de gestão, com funções que incluem a elaboração de normas, deliberação e consulta (Dictoro; Hanai, 2021).

A atuação dos comitês, quando bem executada, deve envolver a comunidade de forma

a expandir a participação da sociedade, o que pode ser alcançado por meio da educação ambiental. Diversas pesquisas apontam a educação ambiental como uma das melhores formas de impulsionar as ações de gestão das bacias hidrográficas. Barbosa e Santos (2020) mostram que, em bacias como as do São Francisco e do Paraíba do Sul, a conscientização da população sobre o uso racional da água foi ampliada, por meio de redes educativas e mobilização social. Da mesma forma, Silva e Rodrigues (2019) relatam que, na Bacia do Rio Doce, a educação ambiental aumentou o engajamento social nas ações de recuperação após o desastre de Mariana.

O Programa Nacional de Educação Ambiental (ProNEA), também, promove ações específicas em bacias hidrográficas prioritárias, capacitando gestores e sensibilizando a população. Um relatório da Agência Nacional de Águas (ANA, 2021) apontou que a participação comunitária em comitês de bacias aumentou de 45% para 60% entre 2015 e 2020, evidenciando o impacto positivo dessas iniciativas. Dessa forma, como Lopes *et al.* (2020) e Dictoro e Hanai (2021) afirmam que a educação ambiental é uma estratégia essencial para fomentar a participação social e melhorar a gestão das bacias hidrográficas. Portanto, tais ações se mostram fundamentais para a conservação das bacias hidrográficas, garantindo a conscientização sobre o uso sustentável dos recursos e também o envolvimento direto das comunidades nas decisões de manejo e recuperação ambiental.

3.2 Balanço Hídrico

O balanço hídrico é um conceito fundamental para a gestão e conservação dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica. Ele reflete a dinâmica da água dentro de um sistema, comparando suas entradas e saídas, o que resulta em um ajuste no volume armazenado. Segundo Goldenfun (2001), o balanço hídrico pode ser descrito quantitativamente pela aplicação do princípio da conservação de massa, onde a variação do volume de água (dV/dt) é igual à diferença entre as entradas e saídas de água da bacia.

As principais entradas de água em uma bacia hidrográfica são a precipitação pluviométrica e a infiltração, enquanto as saídas ocorrem por evaporação, evapotranspiração, escoamento superficial e drenagem profunda. Esses componentes interagem de forma complexa, e sua medição e controle são essenciais para a previsão de disponibilidade hídrica e para a formulação de políticas de gestão da água (Swarowsky *et al.*, 2010).

Para calcular o balanço hídrico de uma bacia hidrográfica deve-se considerar seus principais componentes, como precipitação pluviométrica, evaporação, evapotranspiração,

escoamento superficial e drenagem profunda. Esses fatores configuram o fluxo de água dentro da bacia e determinam a disponibilidade hídrica ao longo do tempo (Buriol, 2009; Silva *et al.*, 2020). O balanço hídrico pode ser quantificado por meio de uma equação que leva em conta a precipitação como entrada de água, o escoamento superficial e a evapotranspiração como saídas. Assim, o volume de água armazenado na bacia é resultante da diferença entre as entradas e saídas, expressa pela equação:

$$dV/dt = P \cdot A - Q - E \cdot A$$

Em que: dV/dt ou dV é a variação do volume de água armazenado, dt representa o tempo, P a precipitação, A é a área da bacia, Q o escoamento superficial e E é a evapotranspiração (Buriol, 2009). Além disso, estudos mais recentes, como os de Pereira *et al.* (2021), ampliam a abordagem do balanço hídrico, incorporando aspectos como o uso humano da água e os impactos das mudanças climáticas sobre os regimes hídricos, oferecendo uma visão mais integrada e realista dos processos.

Com o avanço das tecnologias de modelagem, como o modelo PCR-GLOBWB 2.0, é possível simular com maior precisão os fluxos de água e prever eventos de escassez ou excesso hídrico, levando em consideração não apenas os processos naturais, mas também os fatores sociais e econômicos que influenciam a gestão da água (Alves, 2022). Essas informações são de extrema importância para o planejamento de ações que visem a sustentabilidade hídrica em regiões de diferentes escalas e condições climáticas, além de fornecer dados essenciais para a formulação de políticas públicas de uso sustentável da água (Pereira *et al.*, 2021).

3.3 Bacia Hidrográfica como Unidade de Gestão

O estudo das bacias hidrográficas proporciona a análise dos processos hidrológicos e ambientais que ocorrem em uma região, permitindo maior compreensão dos fenômenos e a possibilidade de modelá-los matematicamente. Segundo Tucci (1993), esse tipo de estudo é essencial, pois a bacia hidrográfica favorece uma integração multidisciplinar entre sistemas de gerenciamento, estudos ambientais e atividades econômicas. A bacia é um processo descentralizado de conservação e proteção ambiental, permitindo uma gestão mais próxima e adaptada às realidades locais.

Bordallo (1995) acrescenta esse argumento, ao evidenciar que a bacia hidrográfica deve ser utilizada como meio de pesquisas, para gerir as atividades que ela desempenha e explorar

os recursos naturais de forma sustentável, sem grandes agressões. O objetivo deve promover o desenvolvimento econômico e social da população local, ao mesmo tempo que se busca a sustentabilidade e a mitigação de impactos negativos na qualidade de vida. A bacia hidrográfica, portanto, torna-se um espaço para projetar, interceder, executar e gerenciar recursos de maneira equilibrada.

Sendo assim, a gestão de recursos hídricos, atualmente, se pauta por princípios de integração e participação ampla, com o intuito de garantir o uso sustentável e equilibrado dos corpos hídricos. Estudos destacam a importância de uma abordagem integrada que envolva o uso racional da água em seus diferentes estados (superficial, subterrâneo e atmosférico) e que leve em consideração tanto as variáveis naturais quanto as sociais (Pereira *et al.*, 2023; Mesquita; Wittman; Aroudo Mota, 2016).

Os comitês de bacia são espaços onde ocorre a interação entre as esferas governamentais e a sociedade e promovem o planejamento participativo e a implementação de políticas públicas, que buscam o uso sustentável da água (Ferreira *et al.*, 2022). Para que esses comitês sejam eficientes, é necessário superar a fragmentação na gestão e garantir maior articulação entre as políticas setoriais e os planos de recursos hídricos (Souza *et al.*, 2023).

Esses avanços podem ser reforçados por meio da construção de uma visão integrada da gestão da água, como preconizado pelos especialistas da área, que sugerem, entre outras ações, a transformação da cultura de abundância de água e o fortalecimento dos processos participativos (Mesquita; Wittman; Aroudo Mota, 2016; Rodrigues *et al.*, 2023).

O estado do Piauí apresenta um cenário complexo no que tange à gestão de suas bacias hidrográficas, demandando uma análise aprofundada que considere tanto seus aspectos físicos quanto socioeconômicos. Conforme destaca Tucci (1993), o estudo das bacias hidrográficas é fundamental para compreender os processos hidrológicos e ambientais de uma região, possibilitando sua modelagem matemática e gestão eficiente.

O território piauiense é majoritariamente ocupado pela bacia do Parnaíba, que representa aproximadamente 75% de sua área total, sendo complementado pela bacia do Litoral. O rio Parnaíba, com seus 1.400 quilômetros de extensão, além de servir como divisor natural entre Piauí e Maranhão, constitui-se como elemento vital para o desenvolvimento regional, suportando múltiplos usos, desde o abastecimento público até atividades econômicas diversas. (FUNASA, 2017). A gestão desses recursos hídricos no estado é regulamentada pela Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei nº 5.165/2000), que estabeleceu o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Entretanto, como argumenta Bordallo (1995), a utilização da bacia hidrográfica como unidade de estudo deve ir além da mera gestão

administrativa, buscando promover o desenvolvimento econômico e social de forma sustentável.

Uma análise crítica da atual gestão das bacias hidrográficas do Piauí revela diversas fragilidades. O modelo de gestão vigente, embora teoricamente adequado, enfrenta dificuldades práticas em sua implementação. A falta de integração entre os diferentes órgãos gestores, a insuficiência de recursos financeiros e técnicos, e a baixa participação social são alguns dos principais entraves identificados. O cenário climático do estado, caracterizado por longos períodos de estiagem e alta variabilidade pluviométrica, adiciona complexidade ao desafio da gestão hídrica. A infraestrutura existente, não consegue responder adequadamente às demandas da população, especialmente nas regiões mais afetadas pela escassez hídrica (Ribeiro; Albuquerque, 2021; Sousa; Rocha, 2024).

Para enfrentar esses entraves é necessário repensar o modelo de gestão atual, uma primeira sugestão seria a implementação de um sistema de governança mais participativo e descentralizado, que considere as especificidades locais e promova maior engajamento das comunidades afetadas. A criação de fóruns permanentes de discussão e a capacitação contínua dos gestores locais poderiam contribuir significativamente para esse objetivo. (Vasconcelos *et al.*, 2012; Da Silva Marques; De Almeida, 2023).

Outra proposta fundamental seria o investimento em tecnologias de monitoramento e sistemas de informação mais eficientes. A disponibilidade de dados confiáveis e atualizados é essencial para a tomada de decisões adequadas e o planejamento estratégico das ações de gestão. O uso de tecnologias como sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica poderia auxiliar significativamente nesse processo (Lima; Candeias; Cunha 2021).

A questão da sustentabilidade financeira também merece atenção especial. A implementação de mecanismos de cobrança pelo uso da água, prevista na legislação mas ainda não efetivamente implementada em muitas áreas, poderia gerar recursos importantes para a manutenção e ampliação da infraestrutura hídrica. No entanto, é fundamental que essa cobrança seja estabelecida de forma justa e considere as diferentes realidades socioeconômicas dos usuários.

Por fim, é importante ressaltar que o sucesso da gestão das bacias hidrográficas no Piauí depende fundamentalmente de uma mudança de paradigma na forma como os recursos hídricos são vistos e geridos. É necessário superar a visão setorial e fragmentada que ainda predomina em muitas instâncias, adotando uma abordagem mais holística e integrada, como preconizado por Tucci (1993) e Bordallo (1995). O futuro da gestão hídrica no estado dependerá da capacidade de seus gestores e da sociedade em geral de implementar essas mudanças

necessárias relacionadas ao bom abastecimento, garantindo assim a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos para as gerações atuais e futuras. Somente com um compromisso sério com a sustentabilidade e uma gestão verdadeiramente participativa será possível superar os desafios atuais e construir um modelo de gestão mais eficiente e equitativo.

A delimitação de bacias hidrográficas frequentemente esbarra em divisões políticas, o que acaba comprometendo a aplicabilidade da gestão dos recursos hídricos. As bacias, enquanto unidades de gestão hídrica, muitas vezes transcendem as fronteiras administrativas entre estados e municípios, tornando-se uma preocupação para a governança ambiental. A definição dos limites de uma bacia não deve ser guiada apenas por critérios físicos, mas também considerar aspectos políticos e administrativos que influenciam diretamente a gestão compartilhada dos recursos hídricos (Lima *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2020).

De acordo com Porto e Porto (2008), as bacias hidrográficas, por sua natureza, possuem uma conexão física com as redes de drenagem, o que as torna unidades de gestão ideais para a administração de recursos hídricos. Essas divisões naturais não coincidem, necessariamente, com as fronteiras políticas, o que pode levar a conflitos de interesse entre diferentes esferas de governo e entre usuários dos recursos hídricos.

Em relação à gestão participativa, Machado (2000) destaca que, para evitar a ineficácia, é essencial que haja mecanismos de controle social eficientes e sistemáticos. A gestão participativa das bacias hidrográficas deve incorporar a participação de diversos atores, incluindo órgãos ambientais, setores privados, comunidades e a sociedade civil, para assegurar que as ações de gestão sejam inclusivas e representem as reais necessidades de todos os envolvidos. Neste caso, a integração entre gestão hídrica e divisão política se mostra como um desafio que requer soluções inovadoras, como o fortalecimento dos comitês de bacia e a adoção de políticas públicas que promovam a colaboração interinstitucional (Souza; Almeida, 2018).

Ao se reconhecer a importância das bacias hidrográficas, do ponto de vista ambiental, social e econômico, ressalta-se a necessidade de mais estudos, de forma interdisciplinar, voltados para esta área.

4 SEMIÁRIDO NORDESTINO E A VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

A questão climática afeta diretamente na distribuição e acesso a água, principalmente, considerando-se que a maneira que o ar atmosférico está no ambiente, pode ocasionar fortes chuvas, ou grandes estiagens. Rodrigues *et al.* (2021) sobre as narrativas de pessoas que convivem diariamente com a seca, explicam que o convívio da população com as temporadas de estiagem causa muita dependência de políticas públicas de gerenciamento de recursos hídricos.

Há uma descrição pontual por parte da população sobre o período de estiagem da dependência das políticas públicas que levaram a migração e a fome, desde a falta de água, as doenças que surgiam sem explicação, a morte do gado e de outros animais, a vida de andarilhos por conta das secas recorrentes e prolongadas. Assim, ressalta-se que as políticas públicas têm promovido algumas mudanças no enfrentamento das estiagens sucessivas, com medidas implantadas pelos governos. No entanto, os impactos dessas ações na população que sofre com os efeitos da seca no semiárido nordestino ainda são limitados (De Oliveira; Buriti; Barbosa, 2018).

Nesta seção é abordado o Semiárido do Nordeste do Brasil, enfocando aspectos referentes às condições climáticas e à vulnerabilidade socioambiental na região.

4.1 Vulnerabilidade socioambiental

A vulnerabilidade socioambiental é um conceito multidimensional que abrange a interação entre fatores sociais, econômicos, ambientais e institucionais, sendo central para a compreensão dos impactos de eventos climáticos extremos, como a escassez de recursos hídricos, sobre populações e ecossistemas, especialmente em regiões semiáridas. No semiárido brasileiro, a seca é um fenômeno recorrente que intensifica desigualdades históricas e evidencia a fragilidade das comunidades diante das mudanças climáticas e da gestão inadequada dos recursos naturais (Marengo *et al.*, 2020; Torres *et al.*, 2021).

A vulnerabilidade socioambiental é também frequentemente definida como a suscetibilidade de um sistema socioecológico a sofrer danos diante de perturbações externas, combinada com sua capacidade limitada de adaptação e resiliência (Adger, 2006). Essa definição é amplamente aceita na literatura, mas diferentes autores enfatizam dimensões específicas do conceito. Cutter *et al.* (2003) destacam a importância de indicadores sociais, como renda e acesso a serviços básicos, enquanto Marengo *et al.* (2020) enfatizam a interação entre fatores climáticos e ecológicos, como a irregularidade das chuvas e a

degradação dos solos.

A literatura recente enfatiza que a vulnerabilidade socioambiental resulta da combinação entre a exposição a riscos, a sensibilidade dos sistemas sociais e ecológicos e a capacidade adaptativa das populações (Adger, 2006; IPCC, 2022). No contexto do semiárido nordestino, a seca não apenas reduz a disponibilidade hídrica, mas também compromete a produção agrícola, a segurança alimentar, a saúde pública e a estabilidade socioeconômica, ampliando a vulnerabilidade das comunidades rurais (Marengo *et al.*, 2020; Torres *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2022).

Estudos recentes destacam que a vulnerabilidade socioambiental no Nordeste brasileiro está profundamente enraizada em fatores estruturais, como a concentração fundiária, a dependência de políticas assistencialistas e a insuficiência de investimentos em infraestrutura hídrica e social (Torres *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2022). A seca, portanto, é tanto um fenômeno natural quanto um problema social e político, refletindo desigualdades regionais e a ineficácia de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento sustentável (Marengo *et al.*, 2020; IPCC, 2022).

A avaliação da vulnerabilidade socioambiental requer abordagens interdisciplinares e o uso de indicadores compostos, que integram dimensões sociais, econômicas, ambientais e institucionais. Índices de vulnerabilidade, como o Social Vulnerability Index (SoVI) e o Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA), têm sido amplamente utilizados para quantificar e comparar a suscetibilidade de diferentes territórios e populações (Cutter *et al.*, 2003; Torres *et al.*, 2021). Esses índices consideram variáveis como renda, acesso à água, educação, saúde, infraestrutura, exposição a riscos ambientais e capacidade institucional de resposta.

No semiárido brasileiro, a exposição à seca é agravada por fatores como a irregularidade das chuvas, a alta evapotranspiração, a degradação dos solos e a redução da cobertura vegetal, que comprometem os serviços ecossistêmicos e a resiliência das comunidades (Marengo *et al.*, 2020; Torres *et al.*, 2021). Socialmente, a pobreza, a baixa escolaridade e o acesso limitado a serviços básicos aumentam a vulnerabilidade, enquanto economicamente, a dependência da agricultura de sequeiro e a falta de diversificação produtiva tornam as comunidades mais suscetíveis aos impactos das estiagens (Oliveira *et al.*, 2022).

Ainda no contexto do semiárido brasileiro, a vulnerabilidade socioambiental é influenciada pela exposição a eventos climáticos extremos, como a seca, e pela sensibilidade das comunidades a esses eventos. A exposição refere-se à frequência e intensidade dos

eventos climáticos, enquanto a sensibilidade está relacionada à dependência de recursos naturais e à fragilidade das infraestruturas locais (IPCC, 2022). A capacidade adaptativa, por sua vez, envolve os recursos e estratégias disponíveis para enfrentar e se recuperar dos impactos, sendo frequentemente limitada por fatores socioeconômicos e institucionais (Torres *et al.*, 2021).

A capacidade adaptativa das populações do semiárido depende da existência de políticas públicas eficazes, da participação comunitária na gestão dos recursos hídricos e da implementação de estratégias de convivência com a seca, como a adoção de tecnologias sociais (cisternas, barragens subterrâneas) e práticas agroecológicas (Torres *et al.*, 2021; IPCC, 2022). A literatura destaca que políticas de enfrentamento baseadas apenas em respostas emergenciais tendem a perpetuar a vulnerabilidade, enquanto abordagens integradas e participativas promovem maior resiliência e sustentabilidade (Adger, 2006; Marengo *et al.*, 2020).

Portanto, a compreensão e a avaliação da vulnerabilidade socioambiental no semiárido nordestino exigem uma abordagem integrada, que considere as múltiplas dimensões do fenômeno e oriente a formulação de políticas públicas estruturantes, capazes de mitigar os efeitos da seca e promover o desenvolvimento sustentável das comunidades mais afetadas.

Nesse sentido, há um consenso na literatura sobre a importância de uma abordagem multidimensional para avaliar a vulnerabilidade socioambiental. Adger (2006) e Cutter *et al.* (2003) concordam que a integração de indicadores sociais, econômicos e ambientais é essencial para capturar a complexidade do conceito. No entanto, há divergências quanto aos métodos de avaliação. Enquanto Cutter *et al.* (2003) defendem o uso de índices compostos, como o Social Vulnerability Index (SoVI), Marengo *et al.* (2020) argumentam que esses índices muitas vezes negligenciam aspectos qualitativos, como a percepção das comunidades sobre os riscos.

Outra convergência importante é a ênfase na interação entre fatores climáticos e sociais. Estudos como os de Torres *et al.* (2021) e Oliveira *et al.* (2022) destacam que a vulnerabilidade socioambiental no semiárido brasileiro é amplificada por desigualdades históricas e pela falta de políticas públicas eficazes. No entanto, há divergências quanto às soluções propostas. Enquanto Torres *et al.* (2021) defendem a implementação de estratégias de convivência com a seca, como a adoção de tecnologias sociais e práticas agroecológicas, Oliveira *et al.* (2022) enfatizam a necessidade de investimentos em infraestrutura hídrica e diversificação econômica.

Apesar dos avanços na compreensão da vulnerabilidade socioambiental, várias lacunas de pesquisa permanecem. Uma delas é a falta de estudos longitudinais que analisem a evolução da vulnerabilidade ao longo do tempo, considerando as mudanças climáticas e as transformações socioeconômicas. Além disso, há uma carência de pesquisas que integrem métodos quantitativos e qualitativos, combinando indicadores objetivos com a percepção das comunidades sobre os riscos e sua capacidade de adaptação (Cutter *et al.*, 2003; Torres *et al.*, 2021).

Outra lacuna importante é a ausência de estudos que analisem a eficácia das políticas públicas voltadas para a redução da vulnerabilidade socioambiental no semiárido brasileiro. Embora existam iniciativas como o Programa Cisternas e o Bolsa Família, poucos estudos avaliam sistematicamente seus impactos na resiliência das comunidades (Oliveira *et al.*, 2022). Além disso, a literatura carece de análises comparativas entre diferentes regiões do semiárido, o que poderia fornecer insights valiosos para a formulação de políticas mais eficazes.

Assim, a literatura destaca várias estratégias para mitigar a vulnerabilidade socioambiental no semiárido brasileiro. Uma delas é a promoção da convivência com a seca, que envolve a adoção de tecnologias sociais, como cisternas para captação de água da chuva, e práticas agroecológicas, como o manejo sustentável do solo e a diversificação de culturas (Torres *et al.*, 2021). Essas estratégias têm se mostrado eficazes para aumentar a resiliência das comunidades, mas sua implementação enfrenta desafios, como a falta de recursos financeiros e a resistência cultural (Oliveira *et al.*, 2022).

Outra estratégia é o fortalecimento das políticas públicas voltadas para a redução da vulnerabilidade socioambiental. Isso inclui investimentos em infraestrutura hídrica, como barragens e sistemas de distribuição de água, e a ampliação de programas de proteção social, como o Bolsa Família (Campos, 2015). Além disso, a integração de políticas públicas em diferentes níveis de governo é essencial para garantir a eficácia das intervenções (IPCC, 2022).

4.2 Condições climáticas que influenciam na seca no semiárido nordestino

Estudos recentes indicam que a semiaridez do Nordeste brasileiro resulta da interação complexa entre mecanismos de circulação atmosférica de larga escala e condicionantes geográficos locais. Pesquisas anteriores (Reboita *et al.*, 2016) já apontavam para o papel preponderante das células de circulação do ar na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) na determinação dos padrões pluviométricos que condicionam a

ocorrência da seca no Sertão, em detrimento da influência direta do Planalto da Borborema. Investigações mais atuais demonstram que o deslocamento sazonal da ZCIT, bem como os movimentos subsidentes associados às células de Walker e Hadley, restringem a convecção, inibindo a formação de nuvens e, conseqüentemente, reduzindo a ocorrência de chuvas na região (Nobre *et al.*, 2023; Marengo *et al.*, 2020).

Além disso, estudos sobre a dinâmica atmosférica ressaltam que o fenômeno El Niño exerce efeitos significativos tanto em escalas regionais quanto globais, alterando a posição da ZCIT e intensificando os movimentos de circulação subsidente. Tais alterações resultam em uma diminuição da umidade disponível para a formação de nuvens convectivas, agravando a ocorrência de secas prolongadas e comprometendo a variabilidade pluviométrica no Nordeste (Grimm *et al.*, 2023). Essa convergência entre fatores atmosféricos globais e condicionantes locais evidencia que os poucos, porém decisivos, movimentos horizontais das células de circulação operam sobre toda a região, inibindo a convecção e reduzindo os cenários de chuva, o que acentua a semi-aridez.

Na tentativa de compreender de que maneira o fenômeno de tele conexão El Niño influencia o histórico de precipitação atmosféricas no sertão nordestino, Santos (2016, p. 44) desenvolveu estudo em que,

foi possível perceber que o fenômeno El Niño influencia parcialmente sobre a precipitação do município, não provocando anomalias em todos os seus episódios. Enfim, constatou-se que esse fenômeno oceânico-atmosférico influencia positivamente sobre a precipitação desde que no mesmo período de sua atividade ocorra o Dipolo positivo do Atlântico, que possibilita condições favoráveis à precipitação no semiárido nordestino.

O fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é reconhecido como um dos principais moduladores da variabilidade climática global, com impactos diretos e indiretos sobre o regime de chuvas no semiárido nordestino brasileiro (Grimm *et al.*, 2023; Cai *et al.*, 2020). Estudos recentes demonstram que eventos de El Niño, caracterizados pelo aquecimento anômalo das águas do Pacífico Equatorial, estão fortemente associados à intensificação de secas na região Nordeste, especialmente em sua porção semiárida, devido ao deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) para latitudes mais ao norte, reduzindo a convergência de umidade sobre o Nordeste (Cai *et al.*, 2020; Grimm *et al.*, 2023; Marengo *et al.*, 2023).

A literatura científica destaca que a relação entre El Niño e a ocorrência de secas no Nordeste é robusta, mas modulada por fatores adicionais, como a variabilidade do Atlântico Tropical e a interação com outros modos de variabilidade climática (Grimm *et al.*, 2023;

Pereira *et al.*, 2014). Em anos de El Niño de forte intensidade, observa-se uma redução significativa das chuvas, com impactos severos sobre a agricultura de subsistência, os recursos hídricos e a segurança alimentar das populações vulneráveis (Marengo *et al.*, 2023). Por outro lado, durante eventos de La Niña, caracterizados pelo resfriamento das águas do Pacífico, há tendência de aumento das chuvas no Nordeste, embora a magnitude e a distribuição espacial dessas anomalias possam variar conforme a intensidade do fenômeno e as condições do Atlântico Tropical (Grimm *et al.*, 2023; Santos *et al.*, 2024).

A assimetria e a variabilidade interanual do regime pluvial no semiárido nordestino são evidenciadas por análises de séries históricas de precipitação, que mostram padrões irregulares e ausência de simetria entre os períodos chuvosos e secos (Marengo *et al.*, 2023; Pereira *et al.*, 2014). Essa irregularidade é agravada por fatores socioeconômicos e institucionais, como a insuficiência de políticas públicas estruturantes, a má gestão dos recursos hídricos e a vulnerabilidade social das comunidades afetadas (Marengo *et al.*, 2023; Grimm *et al.*, 2023).

A intensificação dos eventos extremos associados ao ENOS, em um contexto de mudanças climáticas globais, tem elevado a urgência de ações integradas entre governo, instituições de pesquisa e sociedade civil para mitigar os impactos das secas e enchentes no semiárido (Cai *et al.*, 2020; Marengo *et al.*, 2023). Recomenda-se o fortalecimento de sistemas de monitoramento climático, o investimento em infraestrutura hídrica resiliente e a promoção de estratégias de adaptação baseadas em ciência, como a diversificação produtiva e o uso eficiente da água (Grimm *et al.*, 2023; Pereira *et al.*, 2014).

Apesar dos avanços no entendimento dos mecanismos físicos que conectam o ENOS ao clima do Nordeste, ainda persistem incertezas quanto à magnitude futura desses impactos, especialmente diante do aquecimento global e da possibilidade de eventos de El Niño mais frequentes e intensos (Cai *et al.*, 2020; Marengo *et al.*, 2023). Portanto, a integração entre conhecimento científico, políticas públicas e participação comunitária é fundamental para aumentar a resiliência das populações do semiárido frente à variabilidade climática.

4.3 O semiárido brasileiro e a seca

A seca que afeta o Nordeste brasileiro é uma característica marcante da região conhecida como Polígono das Secas. Essa área foi oficialmente reconhecida pela Lei 175/36, de 1951, devido à ocorrência recorrente de secas severas que geram situações de calamidade. O Polígono das Secas engloba uma série de estados que enfrentam crises

hídricas cíclicas, resultando em impactos socioeconômicos profundos para a população local.

Isso interfere na agricultura, no abastecimento de água e no abastecimento de alimentos para a população mais pobre, pois afeta o bem-estar geral da população e, portanto, é uma grande preocupação (Marengo *et al.*, 2023; Rodrigues *et al.*, 2022). A seca é caracterizada como um período prolongado de baixa precipitação, e é caracterizada pela falta de uniformidade espacial e temporal das chuvas, portanto, tem um impacto significativo no meio ambiente (Cunha *et al.*, 2019; Marengo *et al.*, 2023). A seca no Nordeste tem sido associada a eventos climáticos extremos, como o El Niño, que provoca o deslocamento da zona de convergência intertropical (ZCIT) para o Norte, resultando na diminuição da umidade no Nordeste, e assim, levando a secas severas (Grimm *et al.*, 2023).

A seca extrema, como o período entre 1877 e 1879, causou desastre severo, matando mais de 500.000 pessoas e a maior parte do gado na região da seca, e isso levou à percepção da gravidade do problema, por isso foi necessária a implementação de políticas para mitigar a seca (Marengo *et al.*, 2023). A partir da década de 1950, o governo brasileiro implementou medidas para mitigar a seca, incluindo a construção de barragens, reservatórios, caixas d'água, estabelecendo o Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) e a Superintendência de Desenvolvimento Regional do Nordeste (SUDENE), porque essas medidas foram consideradas eficazes no enfrentamento da questão, mas estudos recentes constataram que essas políticas têm sido ineficazes no enfrentamento das principais questões regionais. e às vezes são responsáveis por induzir estados de emergência e dependência de ajuda (Campos, 2015; Marengo *et al.*, 2023; Cunha *et al.*, 2019).

A área recebe menos de 800 mm/ano de precipitação, alta evapotranspiração e baixa capacidade de retenção de água do solo, o que coloca a população local em maior risco, pois a falta de água afeta seu dia a dia e, portanto, é fundamental abordar essa questão (Marengo *et al.*, 2023; Cunha *et al.*, 2019). A vegetação da caatinga está adaptada ao clima árido, mas está sendo desmatada, e isso reduz ainda mais a resiliência da região, por isso é crucial proteger a vegetação e promover práticas sustentáveis de uso da terra (Rodrigues *et al.*, 2022).

Estudos recentes sugerem que as políticas de seca no Nordeste devem ir além do alívio emergencial e devem ajudar as pessoas a lidar com a seca e fortalecer as comunidades, porque essa abordagem é mais eficaz para abordar as causas profundas do problema e, portanto, pode levar a soluções mais sustentáveis, incluindo melhor acesso à

água e armazenamento, como barragens subterrâneas e irrigação eficiente, e também inclui diversificar a economia e adotar uma agricultura sustentável (Grimm *et al.*, 2023; Marengo *et al.*, 2023).

As políticas, a ciência e a participação da comunidade devem ser integradas para enfrentar os impactos das mudanças climáticas e da globalização, pois essa abordagem integrada é essencial para o desenvolvimento de soluções eficazes e, portanto, é crucial para promover o desenvolvimento sustentável na região (Cunha *et al.*, 2019; Rodrigues *et al.*, 2022). Ainda existem lacunas significativas na gestão da água e nas políticas de longo prazo e, portanto, é essencial abordar essas lacunas para promover o desenvolvimento sustentável.

A gestão da água na área seca apresenta muitos desafios, incluindo conflitos de interesse, falta de coordenação intergovernamental e baixa participação da comunidade, que dificultam a gestão eficaz dos recursos hídricos e, portanto, é essencial enfrentar esses desafios, pois eles têm um impacto significativo no meio ambiente e na população (De Medeiros, De Oliveira, Torres, *et al.*, 2022).

As mudanças climáticas globais também demonstraram aumentar a frequência e a intensidade da seca na região, enfatizando ainda mais a necessidade de ações integradas e sustentáveis, porque essa abordagem é mais eficaz para abordar as causas profundas do problema e, portanto, pode levar a soluções mais sustentáveis (Grimm *et al.*, 2023; Marengo *et al.*, 2023). Portanto, a seca na área seca do Nordeste é um fenômeno complexo e multifacetado, exigindo uma abordagem integrada e multidisciplinar para sua compreensão e mitigação, e políticas públicas estruturantes de longo prazo, baseadas na ciência e na participação da comunidade, são fundamentais para reduzir os impactos da seca e promover o desenvolvimento sustentável na região, pois abordam as causas profundas do problema e promovem soluções sustentáveis.

Historicamente, eventos extremos – como a seca que implacavelmente assolou o Nordeste entre 1877 e 1879 – ocasionaram desastres de grandes proporções, culminando na perda de centenas de milhares de vidas e na devastação de rebanhos. Esses eventos marcaram profundamente a memória coletiva e impulsionaram a adoção de intervenções estatais para a mitigação dos efeitos da seca. A partir da década de 1950, o governo brasileiro passou a implementar políticas de enfrentamento da crise hídrica, estabelecendo órgãos como o DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra a Seca) e a SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste). Todavia, pesquisas recentes indicam que, apesar dos esforços, tais políticas frequentemente se limitam a ações emergenciais,

perpetuando um ciclo de dependência de auxílios e gerando, muitas vezes, uma resposta insuficiente diante das demandas reais das populações mais vulneráveis (Campos, 2015; Rodrigues *et al.*, 2022).

Eventos climáticos extremos, como os relacionados ao fenômeno El Niño, desempenham papel crucial na aceleração dos períodos de seca. Durante eventos de El Niño, há um deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) para latitudes mais ao norte, o que resulta na redução da umidade atmosférica sobre o Nordeste. Esses episódios não só intensificam a escassez de chuvas, mas também amplificam os impactos socioeconômicos, visto que afetam a produção agrícola e o abastecimento de água em uma região onde a variabilidade do regime pluviométrico já é um desafio constante (Grimm *et al.*, 2023).

Assim, desde o período colonial até a segunda metade do século XX, as políticas públicas adotadas para enfrentar a seca no Nordeste concentraram-se na construção de obras hidráulicas de grande escala – barragens, açudes e canais –, objetivando a transferência de água e a criação de reservas para os períodos críticos. A implementação de órgãos governamentais focados exclusivamente no combate à crise hídrica refletiu a ideia de que o problema poderia ser solucionado por meio da engenharia e da centralização de recursos. Embora essas iniciativas tenham contribuído para aumentar a oferta hídrica em determinadas áreas, elas também evidenciaram limitações quanto à sua abrangência e à capacidade de promover um desenvolvimento sustentável que integrasse as especificidades regionais (Campos, 2015).

Apesar dos investimentos significativos realizados ao longo das últimas décadas, a eficácia das políticas públicas de enfrentamento da seca ainda é objeto de intensos debates acadêmicos e operacionais. Entre os principais desafios destacam-se a falta de manutenção adequada das obras já implementadas, problemas técnicos relacionados à infraestrutura hídrica e a insuficiência de estratégias que integrem a gestão de recursos em uma perspectiva de longo prazo. Além disso, a centralização dos esforços em grandes projetos – como a transposição do Rio São Francisco – tem levado à negligência de soluções locais, que poderiam ser mais ágeis e adaptadas às peculiaridades de cada comunidade (Rodrigues *et al.*, 2022).

Nesse sentido, a vulnerabilidade socioambiental do Nordeste está diretamente associada à escassez de água, que agrava problemas como a degradação do solo, a desertificação e a diminuição da biodiversidade. A caatinga, embora adaptada ao clima árido, sofre com a deflorestação e a degradação decorrente das atividades humanas, o que,

por sua vez, reduz a capacidade da vegetação de reter água e promover a estabilidade dos ecossistemas. A diminuição da cobertura vegetal compromete os serviços ecossistêmicos essenciais, intensificando a exposição das comunidades aos riscos ambientais e ampliando a vulnerabilidade a eventos extremos (Marengo *et al.*, 2023).

A agricultura de sequeiro, que constitui a base econômica de muitas comunidades rurais do semiárido, é profundamente afetada pela irregularidade dos índices pluviométricos. Durante períodos de seca prolongada, a diminuição da disponibilidade de água compromete não apenas a produtividade agrícola, mas também a segurança alimentar das populações, que dependem diretamente da produção local para sua subsistência. Em contextos de seca extrema, como os observados historicamente, a migração forçada e a ampliação das desigualdades regionais evidenciam a relação entre a falta de água e os conflitos sociais, bem como os desafios para a manutenção de um desenvolvimento econômico equilibrado (Rodrigues *et al.*, 2022).

Portanto, a justiça hídrica assume papel central na discussão sobre a gestão dos recursos no semiárido. O acesso desigual à água é um dos principais desafios, com comunidades rurais e populações tradicionalmente marginalizadas sendo as mais afetadas pela escassez e pela má distribuição dos recursos disponíveis. A construção de políticas públicas que promovam a equidade – por meio da participação ativa das comunidades, do fortalecimento de redes locais de gestão e da adoção de tecnologias apropriadas – é considerada indispensável para enfrentar os problemas estruturais da região. Abordagens que integrem ciência, inovação e participação social têm se mostrado promissoras para ampliar o acesso à água de forma sustentável, fortalecendo a resiliência das populações e contribuindo para a diminuição das desigualdades (Cunha *et al.*, 2019; Marengo *et al.*, 2023).

Em resposta aos desafios históricos e contemporâneos, a adoção de soluções descentralizadas e baseadas em tecnologia tem ganhado destaque. A promoção de sistemas de captação e armazenamento de água – como cisternas, underground tanks e tecnologias de reúso – permite uma abordagem mais flexível e adaptada às realidades locais, complementando as grandes obras hidráulicas. Tais tecnologias, quando integradas a programas de educação ambiental e capacitação técnica, podem fortalecer significativamente a capacidade de adaptação das comunidades, reduzindo a dependência de políticas de emergência e contribuindo para a estabilidade da oferta hídrica (Marengo *et al.*, 2023).

O conceito de governança adaptativa tem sido adotado como um modelo para a

gestão dos recursos hídricos no semiárido, defendendo uma abordagem que seja ao mesmo tempo flexível, integrada e participativa. Esse modelo pressupõe a existência de mecanismos institucionais que permitam a coordenação entre diferentes esferas de governo, a incorporação de saberes locais e a participação ativa da sociedade civil na tomada de decisões. A integração entre políticas de saneamento, recursos hídricos e desenvolvimento regional – conforme preconizado pelo Novo Marco do Saneamento (Lei nº 14.026/2020) – é vista como uma estratégia para garantir que os investimentos em infraestrutura não se limitem a soluções de curto prazo, mas contribuam para a construção de um sistema mais resiliente e sustentável (Rodrigues et al., 2022; Cunha *et al.*, 2019).

Apesar dos avanços teóricos e práticos, a implementação das políticas públicas ainda enfrenta desafios significativos. A falta de intercoordenabilidade entre diferentes níveis de governo e a insuficiência de recursos para a manutenção das obras já existentes são obstáculos recorrentes. Além disso, a ausência de um monitoramento contínuo e a dificuldade de mensurar o impacto das intervenções em termos de sustentabilidade e justiça hídrica reforçam a necessidade de aprimoramento dos mecanismos de avaliação e governança. Essas questões demonstram que, embora o conhecimento sobre a dinâmica da seca e sobre as soluções tecnológicas disponíveis tenha avançado, o verdadeiro desafio reside na articulação entre teoria, prática e participação popular (Campos, 2015; Rodrigues *et al.*, 2022).

A complexidade dos desafios impostos pela seca no Nordeste requer uma abordagem multidisciplinar que integre conhecimentos climáticos, ambientais, sociais e técnicos. Estudos recentes enfatizam a importância de uma sinergia entre o setor público, a comunidade científica e as populações locais para o desenvolvimento de estratégias que sejam efetivamente adaptativas e inclusivas. Essa integração deve contemplar tanto soluções de infraestrutura de grande escala quanto inovações descentralizadas, promovendo a segurança hídrica e a justiça social de forma complementar (Marengo *et al.*, 2023; Cunha *et al.*, 2019).

No contexto das mudanças climáticas globais, a frequência e a intensidade dos eventos extremos, como as secas, tendem a aumentar, ampliando os desafios para a região. Projeções climáticas indicam que, sem intervenções articuladas, as populações do semiárido poderão enfrentar crises hídricas ainda mais severas, com consequências devastadoras para a agricultura, a saúde pública e o desenvolvimento socioeconômico. Dessa forma, as políticas de adaptação precisam ser revistas e reforçadas, priorizando não apenas a mitigação dos impactos imediatos, mas também a construção de resiliência a

longo prazo (Grimm *et al.*, 2023).

A construção de políticas públicas eficazes depende, em última análise, da articulação entre múltiplas perspectivas e saberes. A integração de dados climáticos, indicadores socioeconômicos e consultas com as comunidades locais permite a formulação de estratégias que refletem a verdadeira complexidade do fenômeno seco no Nordeste. Este modelo multidisciplinar que alia investimentos em infraestrutura a inovações tecnológicas, educação ambiental e participação cidadã tem se mostrado a via mais promissora para sanar as deficiências históricas e promover um desenvolvimento sustentável na região (Rodrigues *et al.*, 2022; Cunha *et al.*, 2019).

Essa gestão da água nas terras secas do nordeste está diretamente relacionada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e aos ODS que estão diretamente relacionados ao combate à fome e à pobreza (ODS 1, 2), acesso à água e saneamento (ODS 6) e proteção ambiental (ODS 13, 15). A água é um elemento essencial para a maioria das atividades humanas porque é essencial para a segurança alimentar, sobrevivência das comunidades e proteção dos ecossistemas e da biodiversidade.

Nas terras secas brasileiras, onde as chuvas são irregulares e a água é escassa, o fornecimento de água potável nos volumes necessários para o consumo doméstico é essencial para a luta contra a pobreza e a fome, e para a sobrevivência com dignidade, portanto, o planejamento e a gestão da água nas terras secas são desafios complexos. Exigem esforços conjuntos e sustentáveis, por isso um dos projetos que visam fornecer água às comunidades mais vulneráveis é o projeto de desvio do rio São Francisco. Contribui para reduzir as desigualdades sociais e econômicas, e este projeto contribui para alcançar o ODS 6 para o acesso à água para todos e o ODS 1 para acabar com a pobreza em todas as suas formas. O acesso à água é uma fonte fundamental de sobrevivência e desenvolvimento econômico para as comunidades rurais, portanto, a gestão da água nas terras secas também aborda a proteção ambiental e as mudanças climáticas, que são os objetivos dos ODS 13 e 15.

A proteção dos recursos naturais e as políticas públicas ambientais mitigam os impactos da seca, além de ajudarem as comunidades a resistir às dificuldades das mudanças climáticas, portanto, nesse contexto, é importante relacionar políticas de terras secas, ações de proteção ambiental e planejamento de desenvolvimento sustentável, a fim de contribuir para um futuro mais justo, equilibrado e sustentável para as terras secas do nordeste.

5 POLÍTICAS PÚBLICAS DE ACESSO À ÁGUA EM REGIÕES DE ESCASSEZ HÍDRICA: ESTUDO NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO

PUBLIC POLICIES ON ACCESS TO WATER IN REGIONS OF WATER
SCARCITY: STUDY IN THE SEMI-ARID NORTHEASTERN BRAZILIAN

POLÍTICAS PÚBLICAS DE ACCESO AL AGUA EN REGIONES DE ESCASEZ
HÍDRICA: ESTUDIO EN EL SEMIÁRIDO NORESTE DE BRASIL

RESUMO

Neste artigo discute-se a efetividade das políticas públicas relacionadas ao acesso à água, com foco na região Nordeste do Brasil, que historicamente enfrenta desafios significativos, devido à seca e à dificuldade na distribuição de água potável. São abordadas a formação e a evolução das políticas de gestão de recursos hídricos no Brasil, considerando a trajetória global, a criação de legislações, órgãos e comitês, e as políticas específicas implementadas no semiárido nordestino, analisando sua efetividade. A metodologia utilizada incluiu revisão bibliográfica e documental, focando em políticas públicas de gestão do acesso à água, com informações extraídas de livros, artigos e documentos oficiais. Além disso, foram realizadas visitas a locais afetados, onde foram coletados dados sobre o número de famílias atendidas, anualmente, por essas políticas. Foi constatado que a efetividade desses programas é limitada, principalmente devido à cobertura insuficiente, que beneficia apenas algumas áreas do semiárido. Observou-se, também, que, mesmo onde as políticas são aplicadas, frequentemente não conseguem suprir todas as necessidades da população. Assim, fica evidente que, apesar das regulamentações e políticas existentes, a efetividade das ações de acesso à água é questionável ao se analisar o contexto geral do problema, especialmente na região do semiárido nordestino. Portanto, é fundamental que as políticas públicas sejam ampliadas e implementadas de maneira mais abrangente, a fim de beneficiar as comunidades que sofrem com a escassez hídrica.

Palavras-chave: Políticas Públicas. Água no Brasil. Semiárido nordestino. Distribuição de recursos hídricos.

ABSTRACT

This article discusses the effectiveness of public policies related to access to water, focusing on the Northeast region of Brazil, which has historically faced significant challenges due to drought and difficulties in distributing drinking water. The study addresses the development and evolution of water resource management policies in Brazil, considering the global trajectory, the creation of legislation, agencies and committees, and the specific policies implemented in the semiarid region of the Northeast, analyzing their effectiveness. The methodology used included a bibliographic and documentary review, focusing on public policies for managing access to water, with information extracted from books, articles and official documents. In addition, visits were made to affected areas, where data were collected on the number of families served annually by these policies. It was found that the effectiveness of these programs is limited, mainly due to insufficient coverage, which benefits only some areas of the semiarid region. It was also observed that, even where policies are implemented, they often fail to meet all the needs of the population. Thus, it is clear that, despite existing regulations and policies, the effectiveness of water access actions is questionable when analyzing the general context of the problem, especially in the semi-arid region of the Northeast. Therefore, it is essential that public policies are expanded and implemented more comprehensively in order to benefit communities suffering from water scarcity.

Keywords: Public Policies. Water in Brazil. Northeast semiarid. Distribution of water resources.

RESUMEN

Este artículo analiza la efectividad de las políticas públicas relacionadas con el acceso al agua, centrándose en la región Nordeste de Brasil, que históricamente enfrenta importantes desafíos debido a la sequía y la dificultad en la distribución de agua potable. Se aborda la formación y evolución de las políticas de gestión de los recursos hídricos en Brasil, considerando la trayectoria global, la creación de legislaciones, órganos y comités, y las políticas específicas implementadas en el nordeste semiárido, analizando su efectividad. La metodología utilizada incluyó una revisión bibliográfica y documental, enfocada en políticas públicas para la gestión del acceso al agua, con información extraída de libros, artículos y documentos oficiales. Además, se realizaron visitas a localidades afectadas, donde se recogieron datos sobre el número de familias atendidas anualmente por estas políticas. Se encontró que la efectividad de estos programas es limitada, principalmente debido a una cobertura insuficiente, que sólo beneficia a algunas zonas de la región semiárida. También se observó que, incluso cuando se aplican políticas, a menudo no logran satisfacer todas las necesidades de la población. Así, queda claro que, a pesar de las regulaciones y políticas existentes, la efectividad de las acciones de acceso al agua es cuestionable al analizar el contexto general del problema, especialmente en la región semiárida del noreste. Por lo tanto, es fundamental que las políticas públicas se amplíen e implementen de manera más integral, para beneficiar a las comunidades que sufren escasez de agua.

Palabras clave: Políticas públicas. Agua en Brasil. Semiárido del noreste. Distribución de los recursos hídricos.

5.1 Introdução

A água é um recurso natural finito, e a cada dia sua quantidade vem diminuindo e gerando dificuldades de acesso a população, principalmente a mais pobre. Embora a dificuldade de acesso e a distribuição de água sejam problemas ainda maiores no século atual, percebe-se que essas dificuldades não começaram recentemente no Brasil, uma vez que a Política Pública Brasileira de Recursos Hídricos foi criada em 1997, com a Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Brasil, 1997).

O semiárido nordestino é uma das regiões mais desafiadoras do Brasil, no que diz respeito ao acesso à água. Caracterizado por longos períodos de estiagem, irregularidade pluviométrica e solos pouco propícios à retenção de água, o semiárido enfrenta, há séculos, problemas relacionados à escassez hídrica. Esses desafios são agravados pelas mudanças climáticas, que intensificam a frequência e a severidade das secas, e pela má gestão dos recursos hídricos, que muitas vezes não atende às necessidades das populações mais vulneráveis. (Linhares, Ximenes e Monteiro, 2021).

A gestão e a conservação da água constituem ações estratégicas diante da escassez hídrica, especialmente em regiões que convivem com secas prolongadas e déficits de infraestrutura. A dificuldade de acesso à água potável impacta diretamente o desenvolvimento econômico e o bem-estar social, exigindo políticas que priorizem essas áreas vulneráveis. Desde meados do século XX, o Estado brasileiro tem buscado soluções

para mitigar os efeitos da estiagem, promovendo iniciativas que asseguram o acesso à água como direito fundamental e elemento essencial à dignidade humana (Baptista; Campos, 2014). A Política Nacional de Recursos Hídricos introduziu instrumentos como a cobrança pelo uso da água e a gestão por bacias hidrográficas, com o objetivo de estimular o uso racional dos recursos, gerar receita para projetos de conservação e assegurar uma alocação equitativa (Mesquita, 2018). A adoção desses mecanismos reforça a necessidade de embasamento técnico, transparência e justiça hídrica, evidenciando a água como bem público a ser gerido com responsabilidade institucional.

As políticas públicas de obtenção e gestão de água são geridas por meio do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), anteriormente definido na Constituição Federal (CF/1988), no art. 21, XIX, que determina que é da União, a competência de “instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso” (Brasil, 1988, art. 21). Desta forma, é válido dizer que essas políticas, que foram elaboradas pelo Poder Público, são metas, atos e ideias que tem o desígnio de conseguir o melhor em bem-estar para a população, tal qual o interesse populacional em razão da área hídrica brasileira.

A governança dos recursos hídricos requer que as políticas públicas não se limitem a promover o acesso à água, mas também atuem preventivamente na mitigação dos riscos de contaminação e na contenção da exploração insustentável dos mananciais. Estudos recentes apontam que a efetividade dessas políticas depende da implementação de mecanismos de participação social, da integração entre setores produtivos e políticos e da incorporação dos princípios da justiça hídrica (Nicollier; Kiperstok; Bernardes 2023; Pereira e Haonat, 2024). Nesse contexto, a água evidencia-se como um recurso distribuído de forma desigual, apresentando desafios para a subsistência em regiões marcadas por condições semiáridas – realidade observada tanto no Nordeste brasileiro quanto em áreas do norte da África, como os países do Sahel (Howard; Bartram, 2020; OMS; UNICEF, 2021).

Segundo os parâmetros internacionais estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde, o acesso básico à água deve garantir, ao menos, 20 litros por pessoa diariamente, um nível que propicie a satisfação de necessidades essenciais de consumo e higiene. Entretanto, no semiárido brasileiro, onde muitas comunidades dependem do abastecimento intermitente via carros-pipa – com frequências que podem deixar lacunas de semanas entre as entregas –, a segurança hídrica é comprometida, afetando diretamente a saúde e as condições de vida da população (Diniz, Santos e Rosendo, 2022; IPEA, 2023). Essa

problemática não é exclusiva do Brasil, havendo situações análogas em regiões do Sahel, onde a elevada variabilidade climática e a intensificação de secas crônicas agravam a vulnerabilidade social e sanitária (Tofa *et al.*, 2024; OMS; UNICEF, 2021).

No cenário brasileiro, a evolução das políticas públicas relacionadas ao saneamento e à gestão de recursos hídricos ganhou novo impulso com marcos legais que visam a universalização e a sustentabilidade dos serviços. A Lei nº 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, e, posteriormente, a Lei nº 11.445/2007, que define o marco regulatório do saneamento básico, são exemplos de esforços para integrar diretrizes técnicas, participação social e objetivos de desenvolvimento sustentável. Esta última legislação, alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – especialmente o ODS 6, que trata do acesso à água potável e saneamento – reforça a necessidade de estratégias inclusivas e de mecanismos legais que assegurem o direito à água, mesmo em contextos de desigualdade regional e limitações financeiras (Marcon; Wesz, 2024; Souza *et al.*, 2022).

Entretanto, a efetividade dessas políticas no semiárido brasileiro enfrenta desafios operacionais e estruturais, como a insuficiência de recursos, a fragilidade das redes de gestão e a dificuldade de adaptação às especificidades locais. Assim, experiências inovadoras – como a implementação de cisternas para captação de água da chuva e a adoção de sistemas de gestão participativa – têm se mostrado fundamentais para a mitigação dos impactos da escassez hídrica, contribuindo para a promoção da saúde, a redução de doenças e a melhoria das condições de vida nas comunidades mais vulneráveis (IPEA, 2023; Jacobi *et al.*, 2021).

Linhares, Ximenes e Monteiro (2021) consideram que as políticas públicas relacionadas com o desenvolvimento do semiárido circulam em volta das frequentes vulnerabilidades pela qual a região enfrenta, como a escassez de recursos hídricos e baixos índices de desenvolvimento humano (IDH), podendo inclusive ocasionar uma imagem negativa na região.

Neste artigo, tem-se como objetivo discutir a efetividade da gestão de políticas públicas voltadas para o acesso à água, principalmente no que se refere à região Nordeste do Brasil, que há muito sofre com a escassez hídrica e com a dificuldade na distribuição de água potável. Como metodologia, foi realizada pesquisa bibliográfica e documental, feita por meio de fontes de dados analisados e publicados, como livros, artigos, cartilhas e documentos. Foram utilizadas plataformas como, Google Acadêmico, Scielo, Portal Capes e ScienSe.gov.

Para este estudo, o primeiro critério utilizado foi a efetividade das políticas públicas de acesso à água no semiárido nordestino. O objetivo foi orientar a seleção e análise de documentos por meio de escolha fontes reconhecidas e confiáveis, como artigos científicos, livros, relatórios técnicos, leis, documentos governamentais e publicações de organizações internacionais. A Relevância Temporal permitiu definir um período de tempo para os documentos analisados, considerando a relevância atual e histórica, sendo o parâmetro de dez anos o escolhido.

Em seguida, foram definidas as Palavras-chave e termos de pesquisa, sendo as apropriadas a saber: "políticas públicas", "acesso à água", "semiárido nordestino" e "recursos hídricos" para encontrar os estudos e documentos mais relevantes. Para os critérios de inclusão e exclusão foram selecionados os documentos a serem analisados aqueles que discutem explicitamente o semiárido nordestino e as políticas públicas relacionadas ao acesso à água, descartando aqueles que não estão relacionados à região ou ao tema.

Na fase de validação de dados e triangulação, as informações foram cruzadas entre diferentes documentos para validar os dados e garantir a consistência das conclusões, essa fase de triangulação das fontes é essencial para aumentar a confiabilidade da pesquisa. Por fim, foi realizada a etapa de contextualização regional, que considerou as particularidades do semiárido nordestino, como condições climáticas, socioeconômicas e culturais, na interpretação dos dados e na avaliação das políticas públicas.

5.2 Evolução da da legislação sobre a questão hídrica no mundo

Durante as últimas décadas, especialmente a partir dos anos 1980, cresceu a preocupação acadêmica e política com a escassez hídrica, estreitamente vinculada às demandas ambientais emergentes. Em 1983, na Assembleia Geral das Nações Unidas, foi lançado um alerta sobre a diminuição dos recursos hídricos globais. Na ocasião, criou-se o Conselho Mundial de Desenvolvimento e Meio Ambiente (CMMAD), entidade incumbida de monitorar e analisar os principais problemas relativos ao desenvolvimento sustentável e ao meio ambiente (Campos; Campos, 2015).

Quatro anos depois, em 1987, o CMMAD divulgou o Relatório Brundtland “*Nosso Futuro Comum*” que representou um divisor de águas nas discussões ambientais. Com enfoque inovador, o documento destacou a gestão dos recursos hídricos como ferramenta essencial para atender às necessidades contemporâneas sem comprometer a capacidade das futuras gerações. A sequência de esforços culminou, em 1992, na Conferência das Nações

Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro (Rio-92), a qual instituiu a Agenda 21. Este plano global incluiu um capítulo dedicado exclusivamente à água, reforçando a sua centralidade para o desenvolvimento sustentável (Campos; Campos, 2015).

Entre 1997 e 2022, realizaram-se edições do Fórum Mundial da Água em diferentes continentes, com sedes em Marrocos (1997), Holanda (2000), Japão (2003), México (2006), Turquia (2009), França (2012), Coreia do Sul (2015), Brasil (2018) e Senegal (2022), além da previsão para Indonésia (2024). Essas conferências internacionais, promovidas pelo Conselho Mundial da Água, estabeleceram-se como espaços estratégicos para o debate sobre os desafios hídricos em escala planetária, reunindo formuladores de políticas públicas, técnicos, pesquisadores e representantes da sociedade civil (Oliveira, 2022).

A realização da oitava edição em Brasília, em 2018, marcou um ponto de inflexão simbólico e político. Foi a primeira vez que o evento ocorreu no hemisfério Sul e em um país da América Latina, reunindo aproximadamente 97.181 participantes e mais de 10.500 congressistas, provenientes de diversos setores e nacionalidades. O evento evidenciou os contrastes regionais no acesso à água e ressaltou a necessidade de uma governança hídrica mais inclusiva, transparente e orientada por princípios de equidade e sustentabilidade (Oliveira, 2022).

Nestes fóruns foram abordados, segundo dados de World Water Council (2022), diversos assuntos referentes à distribuição de água potável, políticas governamentais de gestão hídrica, ao desenvolvimento integrado do acesso à água e à efetividade de políticas de gestão de água, para garantir a água limpa no futuro. Foram debatidas, ainda, as mudanças globais, o gerenciamento de risco relacionado à gestão da água no mundo e a segurança hídrica e saneamento; Água para o Desenvolvimento Rural; Cooperação; Meios e Ferramentas para a implementação de melhorias no saneamento, políticas que cada vez mais vem se destacando devido a sua importância para a qualidade de vida da população. Essas discussões buscaram identificar de maneira segura e efetiva a promoção e implementações de ações significativas para enfrentar os desafios globais relacionados à água e ao saneamento, ligando-se com a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.

O 10º Fórum Mundial da Água foi realizado em Bali, Indonésia, de 18 a 25 de maio de 2024, reunindo mais de 12.000 participantes de todo o mundo, incluindo especialistas em recursos hídricos, acadêmicos, líderes políticos e representantes da sociedade civil.

Durante o evento, foram abordados temas essenciais para o futuro da água, como a segurança hídrica, o saneamento, o desenvolvimento rural, a cooperação internacional e as ferramentas de governança e financiamento inovadoras para a gestão sustentável dos recursos hídricos. O próximo Fórum Mundial da Água será realizado na Arábia Saudita, em 2027, reafirmando o compromisso internacional com a segurança hídrica (World Water Council, 2024).

Em 2012, a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, conhecida como Rio+20, realizada no Rio de Janeiro, reafirmou e atualizou os compromissos assumidos em 1992 na ECO-92, por meio do documento “O Futuro que Queremos”. O relatório final avançou significativamente ao consolidar a economia verde como uma das principais estratégias para o desenvolvimento sustentável, articulando-a à erradicação da pobreza e à promoção da equidade social (Vieira, 2012). A proposta reforça que a sustentabilidade não pode ser dissociada da justiça social, exigindo políticas públicas integradas e inclusivas, com capacidade de promover simultaneamente crescimento econômico, resiliência ambiental e bem-estar humano.

Além disso, Sachs (2004) já alertava que os conceitos de sustentabilidade precisam ser operacionalizados de maneira contextualizada, respeitando as condições locais e a diversidade dos sistemas sociais e ecológicos. Nesse sentido, a Rio+20 fortaleceu o entendimento de que a busca por justiça ambiental deve caminhar paralelamente à democratização do acesso aos recursos naturais, em especial à água, energia e alimentos, que permanecem desigualmente distribuídos.

Já em 2002, durante a Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, realizada em Joanesburgo, os países signatários estabeleceram como uma das metas reduzir pela metade, até 2015, o número de pessoas sem acesso à água potável, que, à época, ultrapassava 1,4 bilhão (Diniz, 2002). Esse marco reforçou a centralidade da água como direito humano e vetor de saúde pública e equidade. Contudo, a persistência de assimetrias regionais, aliada à insuficiência de investimentos e à fragmentação na governança global, comprometeu os avanços desejados. Como destaca Moura; Bezerra (2016), a efetividade dessas metas depende da institucionalização de políticas multiescalares, que combinem cooperação internacional, financiamento sustentável e fortalecimento da capacidade técnica dos Estados, especialmente em regiões vulneráveis.

Em setembro de 2015, a comunidade internacional adotou a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, estruturada em 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas, com o propósito de serem alcançadas até 2030. Essa

iniciativa, liderada pela Organização das Nações Unidas (ONU), estabelece um plano de ação global que integra desenvolvimento econômico, inclusão social e sustentabilidade ambiental, promovendo diretrizes para orientar políticas públicas em escala nacional e local. A Agenda 2030 representa um compromisso coletivo com a erradicação da pobreza, a proteção do planeta e a promoção da paz e da prosperidade para todos (ONU, 2015).

No plano nacional, conforme Marinho e Moretti (2013), as primeiras iniciativas de governança hídrica no Brasil datam dos anos 1920, culminando no Código de Águas de 1934 (Decreto nº 24.643/1934). Além da legislação, o governo adotou medidas práticas, como perfuração de poços e construção de açudes, especialmente voltadas ao semiárido. Tais ações revelam um esforço precoce para enfrentar a escassez, ainda que, naquela época, a abordagem fosse predominantemente emergencial, sem a visão integrada que caracterizaria políticas posteriores.

Mesmo assim, conforme Andrade e Nunes (2014, p. 11), “a aplicação de medidas padronizadas no semiárido para promover o acesso à água pode negligenciar o fato de que a extensa região não é homogênea”. Carvalho (2020) reforça essa crítica, apontando que soluções generalizadas, embora bem-intencionadas, frequentemente falham ao subestimar a diversidade ecológica, cultural e socioeconômica do semiárido. Isso destaca a necessidade de políticas públicas contextualizadas, que conciliem adaptações locais com marcos regulatórios eficazes.

Até a Constituição Federal de 1988, a proteção das águas no Brasil seguia um caminho indireto, com foco em interesses econômicos e sanitários. A água era tratada como um bem acessório, regulado principalmente por normas de caráter econômico ou relativo ao direito de propriedade. A mudança significativa veio com o Código das Águas de 1934, que marcou o início da legislação específica sobre o tema (ANA, 2019).

O Código de Águas de 1934 (Brasil, 1934) instituiu uma estrutura jurídica de reconhecimento das águas públicas (Art. 1º) e águas privadas (Art. 8º), conferindo uso primário para fins essenciais, como consumo e sobrevivência. Magalhães Júnior (2007), em seu artigo sobre regimes hídricos históricos, destaca que o Código já trazia, em seu artigo 36, o que hoje se denomina princípio usuário-pagador, precursor do moderno princípio poluidor-pagador. Essa inovação jurídica antecipou um escopo econômico para a água, elevando sua gestão a uma abordagem com base em valor e responsabilidade individual, mesmo antes das normativas contemporâneas.

A grande transformação normativa, entretanto, ocorreu com a Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988), que incorporou o meio ambiente e os recursos hídricos como

prioridade constitucional. A partir disso, a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433/97, revogou a distinção legal de águas públicas e privadas, reforçando a compreensão de que toda água é recurso comum tutelado. Essa mudança foi fundamentada no princípio da universalidade da água como bem público e direito humano (Barbosa; Barbosa, 2012).

O fundamento jurídico do novo marco regulatório foi fortalecido por Wolkmer; Pimmel (2013), que destaca a importância da Constituição de 1988 para instituir uma gestão dos recursos hídricos pautada na descentralização e na participação social. Segundo o autor, essa gestão integrada, articulada entre normas federais e estaduais, representa um avanço significativo na democratização do uso da água, conferindo maior controle aos comitês de bacias hidrográficas e estabelecendo mecanismos para a cobrança pelo uso da água, alinhados aos princípios da sustentabilidade e da equidade.

Foi dedicado um capítulo completo da Constituinte de 1988 para tratar a respeito do meio ambiente, o Capítulo VI (título VII), iniciando no art. 225 (Barbosa, 2008). Neste artigo é determinado que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (Brasil, 1988, art. 225).

A Constituição Federal de 1988 representa um marco jurídico fundamental para a proteção ambiental no Brasil, ao tratar o meio ambiente não apenas como um recurso natural, mas como um direito do indivíduo e um instrumento de proteção contra abusos do Estado, configurando-se como garantia constitucional (Araújo; Barbosa, 2008). Essa abordagem inovadora atribui ao Estado e à sociedade o dever de preservar e conservar o meio ambiente, o que resultou em uma profunda reformulação das legislações anteriores. Consequentemente, as políticas públicas de gestão dos recursos hídricos foram ampliadas e normatizadas com maior abrangência, estabelecendo subsídios para o planejamento integrado e sustentável da água em todo o território nacional.

5.3 Políticas Públicas orientadas para o acesso e a gestão de recursos hídricos no Brasil

A existência da vida humana depende diretamente da disponibilidade e da qualidade dos recursos naturais, entre os quais a água desempenha papel primordial. A urbanização acelerada, o descarte inadequado de resíduos sólidos, o desmatamento e as queimadas são fatores que exercem impactos negativos significativos, contribuindo para a

deterioração da qualidade da água e para sua escassez em escala global. Esses processos comprometem o equilíbrio ambiental necessário para garantir a saúde dos ecossistemas e a continuidade da vida no planeta (ONU, 2019).

Reconhecendo essa vulnerabilidade ambiental, a Constituição Federal de 1988 dedicou um capítulo específico ao tema do meio ambiente, consolidando-o como um direito fundamental. Em seu artigo 225, estabelece que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (Brasil, 1988, art. 225). Essa disposição legal reforça o compromisso coletivo com a proteção ambiental, colocando a sustentabilidade como um princípio indispensável para o desenvolvimento e a manutenção da vida humana.

Cunha (2020) enfatiza que as comunidades rurais enfrentam severos problemas de desabastecimento, especialmente devido a estiagens prolongadas e à falta de infraestrutura adequada para o abastecimento. Assim, a questão da água se configura como um desafio premente tanto nas cidades quanto nas zonas rurais, sendo que as causas e as manifestações desse problema variam conforme o contexto.

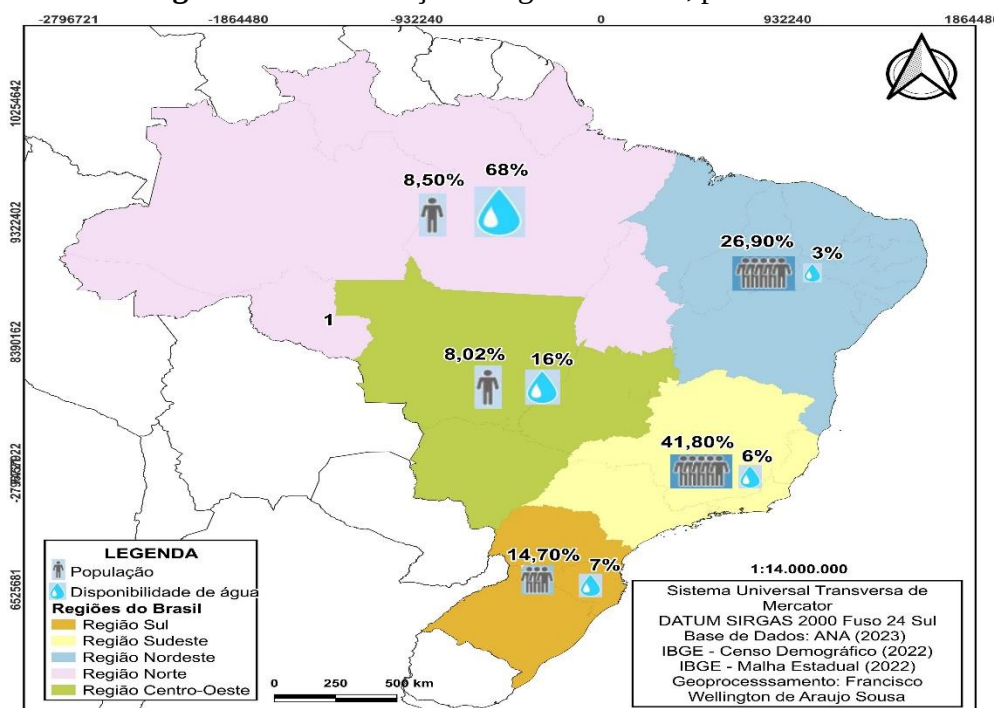
Mesmo com essa dificuldade, a qualidade de vida está implícita no art. 5º da Constituição Federal, pois se trata de um direito fundamental, de interesse difuso, a ser alcançado pelo Poder Público e pela coletividade e protegido e usufruído por todos, portanto todos os cidadãos têm o direito e o dever de preservar os recursos naturais por meio de instrumentos colocados à disposição pela Constituição Federal e legislação infraconstitucional (Brasil, 1988).

O Brasil é considerado um país privilegiado por concentrar cerca de 12% da água doce disponível em todo o mundo (Andrade; Nunes, 2014). Contudo, no que tange o acesso à água, ainda é muito grande a quantidade de brasileiros que não a possui disponível em suas casas, principalmente na região do semiárido do Nordeste, e no extremo norte e nordeste mineiro. Dessa forma, é importante que o governo institucionalize o problema e estabeleça medidas de amparo para a população que vive à mercê das secas constantes nessas regiões. Durante o século XX, o Estado criou políticas “visando à atenuação do fenômeno, que consistiram na institucionalização da questão da seca, mediante a criação de órgãos de planejamento regional” (Melo; Pereira; Dantas Neto, 2009, p. 7).

Observa-se que o Brasil é mostrado como um país que tem quantidade de água disponível, mas é importante destacar que, no país ocorre má distribuição desse recurso,

dificultando o acesso para todos. Assim, mesmo que o país tenha água disponível acaba por não suprir as necessidades de toda a população, deixando parte dela com graves problemas hídricos, principalmente nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul, (Figura 5.1), a partir de dados de 2022.

Figura 5.1- Distribuição de água no Brasil, para 2022/2023



Fonte: Adaptado de ANA (2023) Dados IBGE (2022)

Observa-se na figura 5.1 a desproporcionalidade na distribuição de água apta para o consumo populacional no Brasil, em que locais com maior índice de pessoas não tem a quantidade de água necessária disponível para distribuição entre a população, como se evidencia nas regiões Nordeste e Sudeste, onde o percentual de água é considerado baixo. Já a região Norte apesar de possuir uma expressiva quantidade de água, possui também muitos corpos hídricos sendo uma água considerada imprópria para o consumo, deixando claro como ocorre o problema da falta de água no país e como a sua distribuição está desalinhada com o quantitativo de água e contingente populacional.

Segundo Ioris (2006, p. 15), a gestão de recursos basicamente corresponde a “um processo marcado pelo caráter de redimensionamento ou intervencionista da dialética socionatural, cuja intenção é a satisfação das necessidades humanas mediante a manipulação do ciclo hidrológico”. O autor discute no seu trabalho sobre a importância da água para as necessidades humanas, e como a manipulação e gestão são pontos cruciais

para melhoria do seu acesso.

No Brasil, cerca de 35 milhões de pessoas ainda não têm acesso a água de qualidade para consumo, situação paradoxal diante do fato de o país deter aproximadamente 15% da água doce disponível no planeta (Ribeiro *et al.*, 2019). Essa realidade evidencia que o acesso à água é, antes de tudo, uma questão política e social, marcada por desigualdades no uso e distribuição do recurso. Globalmente, a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2020) aponta que cerca de dois bilhões de pessoas vivem sem acesso regular à água potável, cenário que demanda ações integradas e efetivas para garantir o direito universal à água.

A Constituição Federal de 1988 estabelece a competência exclusiva da União para legislar sobre recursos hídricos, conforme o Art. 22, IV (Brasil, 1988). Contudo, os estados possuem autonomia para criar normas administrativas e de gestão para os recursos sob sua jurisdição, o que fundamenta a criação das Políticas Estaduais de Recursos Hídricos (Granziera, 2014). Essa descentralização legal permite que os estados desenvolvam estratégias regionais, alinhadas às demandas locais, fortalecendo o enfrentamento dos desafios hídricos.

Nesse contexto, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) instituiu instrumentos para a gestão eficiente da água. Segundo Granziera (2014), esses instrumentos dividem-se em três categorias principais: os instrumentos de planejamento, voltados para organizar os usos dos recursos hídricos; os de controle, que asseguram o cumprimento das normas vigentes; e os econômicos, que incentivam o uso racional da água por meio da cobrança e regulação. Tal estrutura busca promover a sustentabilidade e o equilíbrio entre demandas sociais, econômicas e ambientais.

Além disso, a PNRH é reconhecida pelo seu caráter descentralizador e participativo, por meio do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), que integra a atuação da União, estados, municípios e sociedade civil, por meio dos comitês de bacias hidrográficas (Agência Nacional de Águas – ANA, 2020). Esse modelo inovador visa assegurar a governança compartilhada dos recursos hídricos, promovendo a articulação entre diferentes esferas do poder público e segmentos da sociedade.

A Operação Carro-Pipa, coordenada pelo Exército Brasileiro, já beneficiou mais de 1.200 municípios, atendendo aproximadamente 4,5 milhões de pessoas (Brasil, 2017). Essa iniciativa consiste no transporte e distribuição de água potável por caminhões-pipa para áreas rurais carentes, sendo um mecanismo fundamental para a mitigação dos efeitos da

seca. Entre 2012 e 2016, foram mobilizados mais de 6.000 caminhões para abastecer regiões críticas do Nordeste, com destaque para os estados do Piauí, Ceará e Pernambuco (ANA, 2018).

O Programa Cisternas, por sua vez, integra políticas públicas estruturantes para mitigar os efeitos da estiagem prolongada no semiárido. De acordo com o relatório do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (BRASIL, 2019), o programa já instalou mais de 1,3 milhão de cisternas em todo o semiárido, beneficiando mais de 5 milhões de pessoas em áreas rurais. A instalação das cisternas permitiu o armazenamento de água da chuva para consumo familiar e produção agrícola de subsistência, reduzindo a dependência do carro-pipa (Santos; Silva, 2019).

Azevêdo (2015) observou, no entanto, fragilidades nos programas como o Programa Água Doce (PAD) e o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC). No caso do PAD, o autor observou fragilidades técnicas, falta de capacitação adequada e um impacto socioeconômico limitado no que diz respeito ao acesso à água potável. O PAD, que visa instalar sistemas de dessalinização em comunidades rurais, ainda enfrenta desafios relacionados à manutenção dos sistemas e à sustentabilidade financeira a longo prazo. Em 2018, o PAD atendeu cerca de 200 mil pessoas, com sistemas de dessalinização instalados em mais de 500 comunidades rurais no semiárido (IBGE, 2020), mas muitos desses sistemas apresentam problemas operacionais, limitando seu alcance efetivo.

Em relação ao P1MC, Azevêdo (2015), também, criticou a "participação terceirizada" de organizações não governamentais (ONGs) e empresas privadas na execução do programa, o que muitas vezes resultou em má gestão e na instalação de cisternas de baixa qualidade. Isso comprometeu a capacidade de armazenamento e a qualidade da água armazenada, especialmente durante períodos de chuva insuficiente. Além disso, as águas pluviais coletadas pelas cisternas nem sempre eram adequadas para consumo humano, devido à falta de tratamento adequado.

Segundo o Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome (MDS), em 2024 o governo retomou os investimentos ao Programa Cisternas, com investimentos superiores a 500 milhões para a construção de mais de 51 mil cisternas em toda a região semiárida, abrangendo dez estados.

A escassez hídrica no semiárido brasileiro constitui um desafio histórico, marcado por longos períodos de estiagem e distribuição pluviométrica irregular, com impactos mais severos na região Nordeste. Aguiar *et al.* (2019) documentam essa trajetória, destacando que, embora as ações iniciais tivessem caráter assistencialista, com foco emergencial, ao

longo das décadas houve um esforço gradual de institucionalização de estratégias mais estruturadas, voltadas à convivência com o semiárido e à construção de soluções duradouras.

Entre as diversas políticas públicas voltadas à mitigação dos efeitos da seca, ganham destaque aquelas direcionadas ao fortalecimento do desenvolvimento rural, especialmente após a promulgação da Declaração do Semiárido. Esse documento representou um marco conceitual ao romper com a abordagem exclusivamente emergencial, redirecionando o foco para estratégias de convivência com as especificidades ambientais da região (Capelo, 2014). A partir dessa inflexão, políticas integradas passaram a ser estruturadas com o objetivo de fortalecer a resiliência das comunidades locais, incorporando tecnologias sociais de captação de água, como cisternas de placas, barreiros e sistemas simplificados de abastecimento, associadas a mecanismos de apoio técnico e financiamento produtivo para agricultores familiares (Silva *et al.*, 2020).

Nesse contexto, o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), criado em 2003 no âmbito do Fome Zero, tornou-se uma das principais ferramentas de articulação entre segurança alimentar, inclusão produtiva e desenvolvimento rural sustentável. Ao permitir que pequenos produtores vendam sua produção diretamente ao poder público, o programa assegura canais estáveis de comercialização e fortalece a capacidade econômica dos agricultores. Além disso, promove o abastecimento de instituições sociais, como escolas e hospitais, com alimentos frescos e locais. Conforme apontam Pereira e Santos (2021), o PAA tem sido essencial na dinamização das economias locais, ao mesmo tempo em que contribui para a construção de uma política pública mais sensível às condições socioclimáticas do semiárido.

Apesar dos avanços institucionais e da crescente valorização da convivência com o semiárido, a efetividade das políticas públicas voltadas à gestão hídrica e ao desenvolvimento rural sustentável ainda encontra dificuldades significativas. Silva *et al.* (2020) observam que a má articulação entre os diferentes níveis de governo, federal, estadual e municipal, compromete a implementação integrada das ações, além de gerar descontinuidade nos programas, especialmente em contextos de instabilidade política. Esses problemas estruturais agravam a exclusão social de comunidades mais vulneráveis, que muitas vezes não conseguem acessar os benefícios previstos pelas políticas, ao passo que grupos privilegiados se apropriam indevidamente dos recursos públicos destinados à mitigação dos efeitos da seca.

Essa realidade é confirmada por Santos e Andrade (2018), que apontam a ausência

de uma governança articulada e a fragmentação das ações entre os órgãos gestores como fatores que perpetuam uma lógica emergencial na gestão da escassez hídrica. Em vez de promoverem soluções estruturantes e duradouras, como o fortalecimento de sistemas autônomos de abastecimento e o incentivo à agroecologia, muitas ações governamentais permanecem centradas em medidas paliativas, como a distribuição de água por meio de caminhões-pipa.

Evidencia-se, no contexto brasileiro, a complexidade dos fatores que envolvem a escassez hídrica, marcada por um entrelaçamento de dimensões políticas, demográficas e geográficas. A distribuição desigual da água, agravada por interferências antrópicas no ciclo hidrológico, escancara a fragilidade dos mecanismos de gestão territorial e revela distintas formas de apropriação desse recurso pelas diferentes camadas sociais. Gouveia, Britto e Formiga Johnsson (2023), ao realizarem uma revisão sistemática, apontam que as “estratégias de controle e exclusão da água percorrem desde a quebra das práticas tradicionais e dos significados culturais [...] até a manipulação das infraestruturas hidráulicas” em regiões historicamente marcadas por desigualdade socioeconômica.

Nesse sentido, a escassez de água no Brasil não decorre apenas de fatores climáticos ou físicos, mas está profundamente associada às falhas na governança hídrica e à ausência de políticas públicas equitativas e eficazes. Ribeiro *et al.* (2019) argumentam que essa desigualdade estrutural gera tensões recorrentes entre a população, sobretudo os grupos em situação de maior vulnerabilidade, e os gestores públicos, que têm a responsabilidade de garantir o acesso universal à água potável. Esses conflitos refletem tanto a escassez física quanto os entraves institucionais, expondo os limites do atual modelo de gestão na promoção do direito à água como bem essencial à vida.

No mesmo sentido, Jacobi *et al.* (2015) destacam que a baixa disponibilidade hídrica, aliada à qualidade precária da água e à frequência de chuvas abaixo da média, compromete o funcionamento das bacias hidrográficas, desencadeando desequilíbrios socioambientais. Os autores alertam para o desafio de implementar uma gestão de recursos hídricos que seja capaz de integrar a diversidade física, biótica, demográfica, econômica e cultural presente nas distintas regiões do país. Essa abordagem multidimensional exige considerar, ainda, as desigualdades fundiárias e as heranças da formação social brasileira, o que torna o planejamento e a gestão hídrica uma tarefa complexa. Contudo, essa complexidade, deve ser reconhecida como uma oportunidade de construir estratégias mais sensíveis às especificidades territoriais, promovendo equidade no acesso à água.

A criação da Agência Nacional de Águas (ANA), instituída pela Lei nº 9.984/2000

e efetivada em 2001 (Brasil, 2002), representou um marco na estruturação da política nacional de recursos hídricos, ao promover a articulação entre os diversos entes federativos e integrar os instrumentos de planejamento e regulação do setor. A institucionalização da ANA conferiu maior capacidade técnica e operacional ao Estado brasileiro na gestão das águas, fortalecendo os princípios de descentralização e participação previstos na Lei nº 9.433/1997.

Apesar desse avanço, a implementação dos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs), instâncias colegiadas de caráter deliberativo e consultivo, ainda apresenta algumas disparidades entre os estados. Alguns territórios, como o do Rio Grande do Norte, não estão plenamente contemplados por comitês instituídos, o que compromete a eficácia da governança hídrica local. Essa falha institucional fragiliza o planejamento integrado, impactando negativamente a formulação de políticas de infraestrutura e a resolução de conflitos socioambientais relacionados ao uso e à distribuição da água.

Dados da própria ANA (2017; 2019) indicam que, em 2016, estavam em funcionamento aproximadamente 213 CBHs estaduais. No entanto, cerca de 51% do território brasileiro ainda não dispunha da atuação desses colegiados, com maior concentração da ausência nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Essa assimetria territorial compromete o avanço da gestão descentralizada e participativa preconizada pela Política Nacional de Recursos Hídricos, perpetuando desigualdades e dificultando o enfrentamento eficaz da escassez hídrica em áreas mais vulneráveis.

Na figura 5.2 apresenta-se a organização da estrutura da gestão de recursos hídricos no Brasil e suas divisões.

Figura 5.2 - Estrutura da Gestão de Recursos Hídricos no Brasil



Fonte: EOS organização e sistemas (2014).

Observa-se que, no Brasil, a gestão dos recursos hídricos é compartilhada entre diferentes esferas de governo, conforme a titularidade das águas superficiais. Rios e reservatórios de domínio interestadual ou internacional são responsabilidade da União, enquanto os corpos d'água restritos ao território de um único estado ficam sob a competência estadual (Freitas, 2019; Senna; Maia; Medeiros, 2019). Essa divisão, embora respaldada pelo arcabouço legal, exige uma atuação articulada entre os entes federativos, de modo a assegurar a eficácia das políticas públicas voltadas à preservação, uso sustentável e distribuição equitativa da água no território nacional.

Nesse sentido, Freitas (2019) e Senna, Maia e Medeiros (2019) enfatizam que a sobreposição de competências impõe desafios à governança hídrica, demandando a melhoria contínua do planejamento e da gestão integrada. A atuação coordenada entre os órgãos gestores, especialmente no âmbito das bacias hidrográficas, é fundamental para garantir não apenas a disponibilidade quantitativa da água, mas também a manutenção de sua qualidade ecológica. O desenvolvimento de mecanismos de cooperação intergovernamental e de fortalecimento dos comitês de bacia é fundamental para a efetividade da política nacional de recursos hídricos.

5.4 Políticas Públicas de acesso e enfrentamento à seca no Semiárido Nordestino

As políticas públicas de abastecimento hídrico na região Nordeste, especialmente no semiárido, passaram por transformações importantes ao longo das décadas, refletindo mudanças nas estratégias de convivência com a seca. Como aponta Cirilo (2008), uma das primeiras medidas estruturais voltadas à captação de água foi a construção de açudes, prática historicamente adotada em dois modelos distintos: o primeiro, baseado em grandes reservatórios localizados em bacias hidrográficas de maior porte; e o segundo, mais descentralizado, com a construção de pequenos açudes, popularmente conhecidos como barreiros, em microbacias espalhadas por comunidades rurais, com capacidade limitada, mas importante para o uso local. Essa engenharia hídrica representou, durante décadas, a principal resposta estatal ao fenômeno da estiagem prolongada.

Contudo, frente à crescente preocupação com a exaustão dos recursos naturais, particularmente da água, a sociedade tem sido convocada a repensar seus padrões de consumo e a eficácia das soluções propostas. Nesse contexto, Soares e Barbosa (2019) argumentam que, embora tenha havido um aumento significativo no número de políticas públicas destinadas à obtenção de água no semiárido nordestino, muitas delas apresentaram

baixo grau de efetividade. Segundo os autores, as ações implementadas até então se mostraram limitadas em alcance e impacto, revelando uma evolução lenta e pouco resolutiva diante da complexidade do problema.

Ainda, segundo Soares e Barbosa (2019, p. 462), é importante destacar que novas políticas de atuação no semiárido mudam “a concepção errônea de que se pode combater a seca e impondo a ideia de que é possível conviver com ela, proporcionando acesso a água de qualidade através de políticas participativas que envolvem toda a comunidade”.

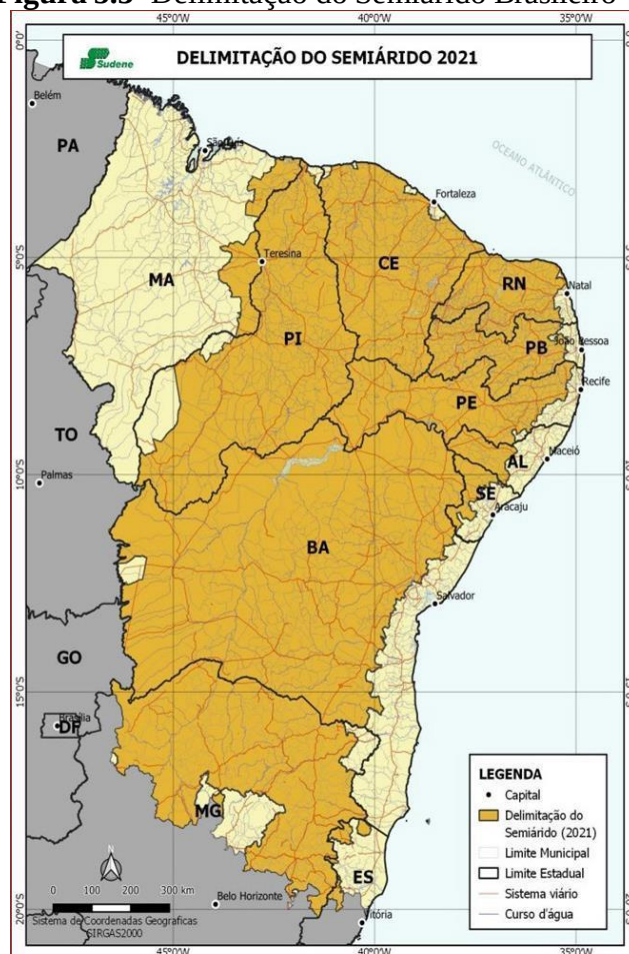
A ocorrência de secas periódicas de grande intensidade na Região do Semiárido Nordeste, com impactos relevantes sobre sua população e os meios de vida, vem sendo registrada desde o século 16 e debatida desde o século 19 (EMPRAPA, 2012).

A delimitação da Região Semiárida do Nordeste advém do entendimento pragmático da existência, nesta região geográfica brasileira, de uma área onde incidem secas prolongadas. Além disso, Silva (2010, p. 17) argumenta que “as regiões semiáridas são caracterizadas, de modo geral, pela aridez do clima, pela deficiência hídrica com imprevisibilidade das precipitações pluviométricas e pela presença de solos pobres em matéria orgânica”.

De acordo com Gomes e Zanella (2023, p. 3), historicamente,

Diversos órgãos governamentais e critérios foram estabelecidos para definir o que é e o que não é a região brasileira denominada semiárido, ocorrendo expansões e retrações na área da região em decorrência desses critérios. Tais redefinições ocorreram também por fatores políticos, embora a maior parte dos critérios que se estabeleceram tenham sido puramente naturais (Índice de Aridez de Thorntwaite de 1941, Risco de Ocorrência de Seca, Unidades Geossistêmicas, Isoieta de 800mm, Percentual de Dias com Déficit Hídrico).

Na Figura 5.3 apresenta-se a delimitação do Semiárido brasileiro, em que se observa que a maior parte dele é formada por estados do Nordeste.

Figura 5.3- Delimitação do Semiárido Brasileiro

Fonte: Sudene/IBGE(2021)

Diversos estudos têm se dedicado à formulação de estratégias eficazes para a gestão dos recursos hídricos, sobretudo em contextos de escassez e seca prolongada. Entre essas abordagens, destaca-se o trabalho de Oliveira e Silva (2021), que analisam a dinâmica da governança hídrica no contexto da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, no semiárido nordestino. Os autores apontam que, apesar da existência formal dos comitês de bacia como instâncias colegiadas para a gestão compartilhada da água, diversas cidades inseridas nessa bacia não conseguem garantir representatividade nos espaços decisórios. Essa falta de participação compromete a legitimidade e a efetividade das ações propostas, limitando a construção de soluções que considerem as particularidades locais e os saberes comunitários.

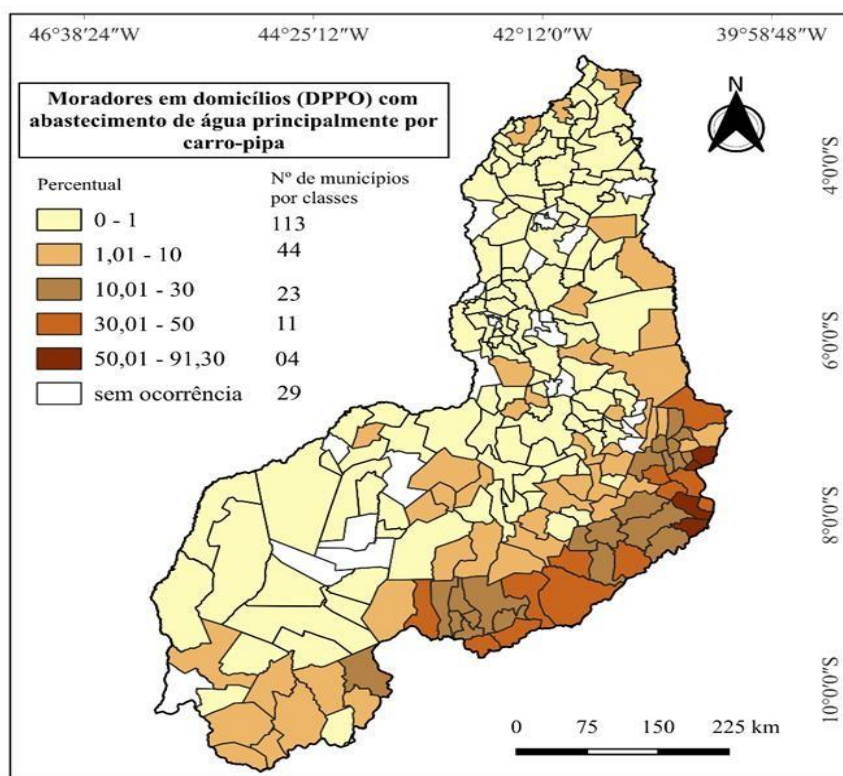
Ainda segundo Oliveira e Silva (2021), o desafio da convivência com a seca na região semiárida não envolve apenas o enfrentamento pontual dos períodos de estiagem, mas também a construção de um modelo sustentável de gestão. Durante os períodos críticos de baixa disponibilidade hídrica, os autores recomendam a adoção de medidas

emergenciais, como o abastecimento por meio de carros-pipa e a perfuração de poços artesianos.

O abastecimento de água por carro-pipa no semiárido do Piauí é uma política que vem abrangendo cada vez mais cidades devido as intensas estiagens que a região vem enfrentando, ocasionando inúmeras perdas de recursos hídricos em reservatórios e prejuízos na agricultura, causando problemas de ordem econômica e social. Isso faz com que as cidades decretem situação de emergência pelo racionamento de água, sendo inseridas nessa política, como se vê na Figura

5.4 a abrangência desse tipo de abastecimento hídrico no estado.

Figura 5.4- Abastecimento de água por carro-pipa no semiárido piauiense



Fonte: IBGE (2022)

Essa política existente é uma ação muito utilizada pelo governo para suprir a demanda por água das cidades no semiárido. A sua execução é realizada por meio de parceria do Ministério da Integração Nacional, a partir da Secretaria Nacional de Defesa Civil, com o Exército Brasileiro. No ano de 2025, mais da metade dos municípios do Piauí decretaram situação de emergência em 129 municípios atingidos pela seca, sendo uma situação reconhecida pelo governo do estado, anunciando recursos de 6 milhões para o abastecimento dessas cidades por meio de carro-pipa (G1, 2025). Esse quantitativo ainda se quantifica em índices maiores no segundo semestre do ano, onde as temperaturas atingem maiores temperaturas.

Essas irregularidades pluviométricas afetaram drasticamente a produção agrícola no Vale do Rio Guaribas, na qual dos 23 municípios do território, 19 decretaram situação de emergência, devido a redução de rios, riachos e reservatórios de água, utilizados para a abastecimento (PIAUÍ, 2025).

Muitas cidades no semiárido piauiense são atendidas pela política de abastecimento por carro-pipa, demonstrando o quanto ela é necessária para gerar o mínimo de abastecimento para a população, conforme se demonstra a tabela 5.1, que apresenta de forma detalhada as cidades que mais se beneficiam com essa política.

Tabela 5.1 Proporção da população de municípios do Piauí que tem como principal fonte de abastecimento de água o carro-pipa (%) – 2022

Classificação	Município	População em %
1	Marcolândia (PI)	91,30
2	Betânia do Piauí (PI)	85,17
3	Caldeirão Grande do Piauí (PI)	76,81
4	Curral Novo do Piauí (PI)	60,38
5	Queimada Nova (PI)	44,42
6	Simões (PI)	42,50
7	Dom Inocêncio (PI)	39,93
8	Caracol (PI)	39,88
9	Pio IX (PI)	37,70
10	Dirceu Arcoverde (PI)	36,85

Fonte: Adaptado de IBGE – Censo Demográfico 2022

Para Andrade *et al.* (2017, p. 115), “as atividades de cooperação compreendem a distribuição de água potável, preferencialmente por meio de carros-pipa, às populações rurais e urbanas atingidas por estiagem, com prioridade para os municípios que se encontram em situação ou estado de calamidade pública”.

Campos (2012) afirmou que era muito comum a presença de carros-pipa durante todo o segundo semestre na região do semiárido, que é o período do ano em que os recursos hídricos se tornavam ainda mais escassos. A presença dessa política ainda é visível em muitas cidades da região, que carecem de abastecimento contínuo, conforme se vê na Figura 5.4, que apresenta esta ação no município de Paulistana, Piauí.

Figura 5.5: Abastecimento de água por carro-pipa em Paulistana, Piauí



Fonte: Francisco Antônio Gonçalves de Carvalho (2024).

De acordo com dados do IBGE (2022), os estados da região Nordeste apresentam os maiores números de abastecimento por carro-pipa: Pernambuco (8,1%), Paraíba (6,6%), Alagoas (4,17%), Rio Grande do Norte (3,54%), Piauí (3,12%) e Bahia (2,15%).

Durante muito tempo, a atuação do governo brasileiro frente à problemática da seca no semiárido esteve centrada exclusivamente na escassez de água, desconsiderando os múltiplos fatores socioambientais envolvidos. Andrade e Nunes (2014) destacam que as soluções apresentadas ao longo do século XX priorizavam exclusivamente ações hidráulicas, com foco na construção de infraestruturas para armazenamento e distribuição hídrica. Contudo, essas estratégias mostraram-se insuficientes para lidar com as complexidades da convivência com o clima semiárido, especialmente diante da heterogeneidade social e ambiental da região.

Cirilo (2008) complementa essa crítica ao ressaltar que as políticas públicas ignoraram aspectos relevantes da dinâmica climática local, como o elevado índice de evaporação, que compromete a eficácia de reservatórios de pequeno porte. Pequenos açudes, conhecidos como barreiros, são especialmente vulneráveis às secas prolongadas, perdendo grande parte de sua capacidade de armazenamento. Além dessas estruturas, outras medidas adotadas incluíram a perfuração de poços artesianos e a instalação de cisternas domiciliares, que se consolidaram como alternativas emergenciais para garantir o acesso à água pelas populações rurais.

Com o intuito de ampliar esse acesso, o Governo Federal lançou, em 2011, o Programa Água Para Todos, integrando o Plano Brasil Sem Miséria. Conforme o

Ministério do Desenvolvimento Regional (Brasil, 2019), o programa foi concebido para atender, prioritariamente, as populações em situação de extrema pobreza nas áreas rurais, especialmente no semiárido, promovendo a implementação de tecnologias de captação e armazenamento de água da chuva para fins de consumo humano e produção agrícola. Apesar dos avanços, persiste a necessidade de aperfeiçoamento e expansão dessas políticas, sobretudo diante do avanço das áreas de desertificação, como no município de Gilbués, no sul do Piauí, evidenciando a urgência de estratégias adaptativas mais abrangentes e territorializadas (Lopes; Soares, 2016).

Outra iniciativa de destaque no enfrentamento à escassez hídrica no semiárido brasileiro é o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC). Idealizado e executado pela Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), uma rede composta por aproximadamente três mil organizações da sociedade civil, o programa busca garantir o acesso à água de forma descentralizada, ao fomentar a construção de cisternas para captação e armazenamento da água da chuva. Essa tecnologia social, de fácil implementação e baixo custo, tem contribuído de forma essencial para a autonomia hídrica de famílias em situação de vulnerabilidade social e ambiental. Até agosto de 2021, o P1MC já havia instalado 628.416 cisternas em áreas rurais do semiárido, sendo cerca de 70 mil no estado do Piauí (ASA, 2021).

Nogueira (2017) evidencia que a adoção de cisternas para captação de água de chuva no semiárido brasileiro vai além de garantir segurança hídrica, promovendo também melhorias significativas na saúde pública e na educação. O estudo destaca a expressiva redução da evasão escolar durante os períodos de estiagem, resultado da maior disponibilidade de água para uso doméstico e escolar. Além disso, enfatiza a participação ativa das mulheres na gestão comunitária da água, fortalecendo o protagonismo feminino e contribuindo para a construção de práticas mais inclusivas e sustentáveis. Essa política representa uma ruptura importante com os modelos centralizadores e pouco efetivos que marcaram historicamente as ações voltadas ao semiárido.

O sucesso do programa também se explica pela ampla articulação entre diferentes setores. Diversas instituições nacionais e internacionais apoiam sua execução, incluindo órgãos governamentais como o Ministério do Desenvolvimento Social, o Ministério do Meio Ambiente e o Ministério do Desenvolvimento Agrário, além de organizações como a Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN), a OXFAM, o UNICEF, o Banco Mundial (BIRD) e a Conferência Nacional dos Bispos do Brasil (CNBB). Essa multiplicidade de agentes evidencia o reconhecimento da eficácia do modelo como uma política pública de

base comunitária, que valoriza o protagonismo local e promove a resiliência frente às adversidades climáticas.

Santos *et al.* (2017) analisaram o papel das políticas públicas na gestão da água no semiárido nordestino, com base no programa Cisternas. Os autores destacaram que, nos últimos 10 anos, diversas políticas públicas foram implementadas na região, contribuindo significativamente para a melhoria das condições de vida de muitas pessoas.

Assim, a implementação de programas de caráter socioambiental, como o Programa Cisternas, representa um avanço significativo nas estratégias de desenvolvimento sustentável voltadas ao semiárido nordestino. A construção de cisternas de diferentes tipos e finalidades em áreas rurais tem se consolidado como uma alternativa eficaz para promover o acesso à água de forma descentralizada, respeitando as particularidades climáticas da região. Essa política pública não apenas contribui para a melhoria da qualidade de vida das populações locais, mas também fortalece sua capacidade de resiliência frente aos períodos prolongados de estiagem, permitindo uma convivência mais digna com as adversidades impostas pelo clima semiárido.

O Programa Cisternas não consegue resolver o problema da escassez de água na região, mas, a junção de políticas públicas e uma boa gestão de recursos hídricos para a distribuição de águas podem contribuir de forma efetiva para diminuir a situação da vulnerabilidade hídrica na região do semiárido do Nordeste. Na Figura 5.6 é possível visualizar a instalação de uma cisterna, com o apoio do exército brasileiro, no município de Itainópolis, Piauí.

Figura 5.6– Cisterna instalada na zona rural do Semiárido Piauiense



Fonte: Francisco Antônio Gonçalves de Carvalho (2024).

A seleção das famílias que podem participar do projeto se dá por meio de critérios,

como declaração das prefeituras municipais em manifestar situação de emergência em decorrência da seca, e acesso da população que tenha dificuldades no abastecimento de água em uma área de até 500 metros, todo esse levantamento é feito em parceria com a CONDEC (Coordenadoria Municipal da Defesa Civil) e o Exército Brasileiro. Além disso, ainda, é necessário que estejam inscritas no Cadastro Único para Programas Sociais (CadÚnico). Além das construções das cisternas, são feitos cursos de capacitação, em que são discutidos temas como, gestão de recursos hídricos, cidadania e convivência com o semiárido (ASA, 2021).

O modelo de distribuição de água por meio do abastecimento com carro-pipa tem como objetivo erradicar o déficit de famílias sem acesso à água potável e promover a universalização do acesso à água no semiárido brasileiro. No entanto, a sobrecarga de famílias e cidades atendidas tem sobrecarregado essa política, gerando preocupações. Em 2024, por exemplo, mais de cem municípios no Piauí declararam situação de emergência devido à escassez de água, o que levou o governo estadual a credenciar pipeiros para atender à crescente demanda (PIAUÍ, 2024).

Outro obstáculo relevante à efetivação das políticas de acesso à água no semiárido nordestino não está necessariamente relacionado à escassez hídrica em si, mas sim ao baixo investimento público. A insuficiência de recursos financeiros tem comprometido a continuidade e a expansão de programas fundamentais, como o Programa Cisternas. Em 2020, por exemplo, o valor destinado à iniciativa na Lei Orçamentária Anual (LOA) foi o menor desde sua criação, evidenciando uma fragilização no compromisso governamental com o enfrentamento da vulnerabilidade hídrica na região (Melito, 2020). Diante desse cenário, a intensificação das secas, somada à limitação orçamentária, acarreta o risco de agravar ainda mais o desabastecimento de água para milhares de famílias no semiárido.

Após 2020, a redução dos recursos destinados à operação Carro-Pipa gerou dificuldades no financiamento público federal, resultando, em 2024, na suspensão temporária do abastecimento de água em diversos estados do Nordeste. Segundo o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), em colaboração com o Exército Brasileiro, a retomada da operação foi possível de forma imediata após a liberação dos repasses financeiros, garantindo o fornecimento de água para a população que depende desse serviço essencial.

O problema do abastecimento de água no semiárido brasileiro é histórico e representa uma das mais graves limitações estruturais da região. A escassez hídrica, intensificada pelas longas estiagens e pela distribuição pluviométrica irregular, afeta

diretamente a qualidade de vida da população e limita o desenvolvimento socioeconômico local. De acordo com dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2021), boa parte da população rural da região ainda enfrenta dificuldades no acesso regular à água potável. Essa realidade exige intervenções estruturais contínuas e planejadas, especialmente em áreas com baixa disponibilidade de água superficial.

Uma das soluções mais adotadas para amenizar esse cenário é a perfuração de poços artesianos (ou poços tubulares profundos), os quais possibilitam o aproveitamento das águas subterrâneas. Essa alternativa se mostra viável especialmente em áreas onde o acesso à água superficial é limitado ou inexistente. Visando ampliar essa estratégia, foi aprovado, no âmbito da Comissão de Desenvolvimento Regional e Turismo (CDR) do Senado Federal, o Projeto de Lei nº 111/2015, que institui mecanismos de cooperação interfederativa para viabilizar a perfuração e manutenção de poços artesianos no semiárido (Brasil, 2015).

O Projeto de Lei 111/2015 prevê, entre outros pontos, a criação de consórcios públicos entre União, Estados e Municípios, com natureza jurídica de associação pública e caráter autárquico. Esses consórcios têm por finalidade facilitar o custeio, a aquisição de equipamentos e a operação de perfuratrizes destinadas à extração de água subterrânea, com foco na zona rural dos municípios inseridos no semiárido brasileiro. Com a implementação da Operação Semiárido, cerca de 593 poços foram perfurados entre 2016 e 2018, contribuindo para a redução da vulnerabilidade hídrica em áreas historicamente negligenciadas (Brasil, 2015).

Contudo, como ressalta Oliveira e Silva (2020), embora tais iniciativas representem avanços, ainda há desafios no campo da gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos. Em estudo diagnóstico sobre a governança da água no semiárido, os autores indicam que a ampliação da oferta hídrica deve ser acompanhada por políticas de educação ambiental, de fortalecimento institucional, e de saneamento básico adequado. Além disso, defendem que a descentralização da gestão, com a efetiva participação das comunidades e comitês de bacias hidrográficas, pode garantir maior eficiência e legitimidade às políticas públicas de acesso à água, em consonância com os princípios da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433/1997.

A seca no semiárido não é apenas um fenômeno climático, mas também um problema social e político. A falta de acesso à água potável afeta diretamente a saúde, a educação e a economia das comunidades, perpetuando ciclos de pobreza e exclusão social. Segundo Marengo *et al.* (2022), a seca no Nordeste brasileiro é um dos principais fatores que

contribuem para a insegurança alimentar e a migração rural-urbana, colocando em evidência a necessidade de políticas públicas mais eficazes e integradas.

5.5 Efetividade e limitações de Políticas Públicas de Acesso à Água

As políticas públicas de acesso à água no semiárido nordestino têm evoluído ao longo do tempo, mas ainda enfrentam desafios significativos. O Plano de Ação Estratégico em Recursos Hídricos no Semiárido Brasileiro, por exemplo, propõe uma abordagem integrada para a gestão dos recursos hídricos, com foco na sustentabilidade e na participação social (Victral *et al.*, 2020). No entanto, a implementação dessas políticas muitas vezes esbarra em problemas como a falta de recursos financeiros, a burocracia e a ausência de capacitação técnica dos gestores locais.

Uma das políticas mais emblemáticas é o Programa Água para Todos, que tem como objetivo universalizar o acesso à água no semiárido por meio da construção de cisternas, barragens subterrâneas e sistemas simplificados de abastecimento. Embora tenha alcançado resultados significativos, como a construção de mais de 1 milhão de cisternas, o programa ainda enfrenta críticas quanto à qualidade da água armazenada, à manutenção das estruturas e à desigualdade na distribuição dos equipamentos (Cirilo; Montenegro; Campos, 2017; De Martino Januzzi, 2022).

Apesar dos avanços, a manutenção das tecnologias implantadas representa uma das maiores fragilidades das políticas públicas hídricas. Em muitos casos, comunidades beneficiadas pela instalação de cisternas ou pequenos sistemas de abastecimento relatam a falta de suporte técnico continuado, ausência de peças de reposição e dificuldades para realizar pequenos reparos. Isso demonstra a importância de associar a instalação de tecnologias com programas de capacitação comunitária e apoio técnico permanente (Silva; Araújo, 2018). A ausência de estratégias de pós-implantação pode comprometer a longevidade dos investimentos realizados, levando à descontinuidade do acesso à água.

Outro ponto importante refere-se à articulação intersetorial entre as políticas de acesso à água e outras políticas públicas, como saúde, educação e desenvolvimento rural sustentável. O acesso à água de qualidade impacta diretamente na segurança alimentar, no controle de doenças e na permanência das populações no campo. Entretanto, ainda é comum a fragmentação entre os setores e a baixa coordenação entre União, estados e municípios, o que dificulta a implementação de soluções integradas e duradouras (Brasil, 2019). A criação de comitês intergovernamentais e a ampliação da participação social nos

conselhos de políticas públicas são mecanismos que podem fortalecer a governança dos recursos hídricos.

Além disso, os impactos das mudanças climáticas tornam ainda mais urgente a implementação de políticas de adaptação voltadas ao semiárido. Projeções climáticas indicam tendência de aumento da frequência e intensidade das secas na região, o que compromete a segurança hídrica e a produção agrícola familiar (PBMC, 2014). Nesse contexto, programas de incentivo à captação de águas pluviais, reuso da água, reflorestamento de nascentes e conservação do solo podem representar alternativas eficazes e resilientes frente aos novos desafios climáticos.

Outra iniciativa importante é a Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/2009), que estabelece diretrizes para a adaptação às mudanças climáticas e a mitigação de seus impactos. No entanto, a implementação dessa política no semiárido ainda é incipiente, com poucos projetos concretos voltados para a segurança hídrica e a resiliência climática.

É importante destacar, ainda, o papel das Tecnologias Sociais como contribuição para a convivência da população com a carência de água no semiárido. Soluções como cisternas de placas, tanques de pedra, barreiros trincheira e sistemas de reuso da água cinza demonstram grande eficácia e baixo custo, sendo adaptadas às condições locais. Essas tecnologias, desenvolvidas e difundidas por organizações como a Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), representam ferramentas importantes de empoderamento comunitário, promovendo não apenas o acesso à água, mas também a autonomia e a cidadania das populações envolvidas.

5.6 Tecnologias Sociais e Capacidade Adaptativa

Alguns autores abordam a importância e contribuição das Tecnologias Sociais, para a convivência no semiárido. Souza *et al.* (2016, p. 1) abordam algumas dessas tecnologias, destacando que “na medida em que têm sua eficácia comprovada elas fortalecem o homem do campo, garantindo assim uma melhor qualidade de vida”. Entre as tecnologias apontadas pelos autores destacam-se as cisternas de placas e barragens subterrâneas.

O estudo de Souza *et al.* (2016) aborda ainda gestão das Tecnologias Sociais (TS) no semiárido brasileiro e sua relação com os Empreendimentos Econômicos Solidários (AEE), e isso se deve à importância das Tecnologias Sociais na adaptabilidade de seus moradores às condições adversas do semiárido. A pesquisa se baseia em uma revisão

bibliográfica de publicações de 2010 a 2022, e aborda a gestão das tecnologias sociais de captação e armazenamento de água no semiárido brasileiro e sua relação com a agricultura familiar e a economia solidária.

Ressalta-se que, as tecnologias sociais desempenham papel fundamental na criação de capacidade adaptativa no semiárido nordestino. Essas tecnologias, que são soluções simples, de baixo custo e facilmente replicáveis, podem ajudar as comunidades a enfrentar os desafios da escassez hídrica de forma sustentável. Entre elas, destacam-se: cisternas de placas, barragens subterrâneas, sistemas de reúso de água e agricultura resiliente ao clima.

As cisternas de placas refere-se à tecnologia amplamente utilizada no semiárido as cisternas de placas permitem o armazenamento de água da chuva para consumo humano e produção agrícola. De acordo com o Instituto Nacional do Semiárido (INSA), mais de 1,2 milhão de cisternas já foram construídas na região, beneficiando milhões de pessoas.

As barragens subterrâneas são estruturas que permitem a captação e o armazenamento de água no subsolo, reduzindo as perdas por evaporação e garantindo a disponibilidade de água durante os períodos de estiagem. As barragens subterrâneas são especialmente úteis para a agricultura familiar, pois permitem a irrigação de pequenas áreas no ambiente rural, bastante utilizadas no Nordeste do Brasil (Sousa *et. al*, 2014).

Os Sistemas de Reúso de Água possibilitam o reúso de água, especialmente para fins agrícolas, é uma prática que pode reduzir a pressão sobre os recursos hídricos. Tecnologias como os sistemas de tratamento de água cinza como água proveniente de pias e chuveiros, que possuem uma quantidade pequena de poluentes (Masala e Coelho, 2021). Esse tipo de tecnologia têm sido implementadas em algumas comunidades do semiárido, com resultados promissores.

Práticas agrícolas como o cultivo de variedades resistentes à seca, a rotação de culturas e o uso de cobertura vegetal podem aumentar a resiliência dos sistemas agrícolas frente às mudanças climáticas. O Serviço Geológico do Brasil (SGB) tem desenvolvido pesquisas e projetos para promover a adoção dessas práticas no semiárido.

A efetividade das políticas públicas de acesso à água no semiárido nordestino depende de uma abordagem integrada e participativa, que considere as particularidades socioambientais da região. É essencial que as políticas sejam planejadas e implementadas com a participação das comunidades locais, garantindo que as soluções atendam às suas reais necessidades e prioridades.

A efetividade das políticas públicas de acesso à água no semiárido nordestino depende de uma abordagem integrada e participativa, que considere as particularidades

socioambientais da região. É essencial que as políticas sejam planejadas e implementadas com a participação das comunidades locais, garantindo que as soluções atendam às suas reais necessidades e prioridades. Além disso, é fundamental que as políticas públicas sejam acompanhadas de investimentos em infraestrutura, capacitação técnica e educação ambiental. A falta de manutenção das estruturas hídricas, por exemplo, é um problema recorrente que limita a efetividade das políticas.

Outro ponto importante é a necessidade de integrar de maneira mais efetiva as políticas de acesso à água com outras políticas públicas, como as de saúde, educação e desenvolvimento rural. A seca no semiárido não é apenas um problema hídrico, mas também um problema social e econômico, que exige uma abordagem multissetorial para sua solução.

O acesso à água no semiárido nordestino é um desafio complexo e multifacetado, que requer políticas públicas eficazes, tecnologias sociais inovadoras e a participação ativa das comunidades locais que sofrem com a escassez hídrica, onde as comunidades podem atuar nesse campo por meio de mobilizações comunitárias, parcerias com ONGs e projetos sociais que ajudem a população, buscando sempre informações em programas governamentais que garantem o acesso à água. Embora avanços significativos a tecnologias e políticas de abastecimento tenham sido alcançados nas últimas décadas, ainda há muito a ser feito para garantir a segurança hídrica e a resiliência climática na região.

As tecnologias sociais, como cisternas, barragens subterrâneas e sistemas de reuso de água, têm papel fundamental na criação de capacidade adaptativa, mas precisam ser acompanhadas de políticas públicas integradas e de longo prazo. A Política Nacional sobre Mudança do Clima e o Plano de Ação Estratégico em Recursos Hídricos no Semiárido Brasileiro são exemplos de iniciativas que podem contribuir para a solução dos problemas relacionados a escassez hídrica, desde que sejam implementadas de forma eficiente e participativa.

A seca no semiárido nordestino não é apenas um fenômeno climático, mas também uma questão social, econômica e política, que exige ações coordenadas e inclusivas para garantir o desenvolvimento sustentável e a justiça socioambiental. A água é um recurso essencial para a vida, e garantir seu acesso equitativo é um passo fundamental para reduzir as desigualdades e melhorar a qualidade de vida da população do semiárido.

5.7 Considerações Finais

Embora houvesse menções anteriores à Constituição Federal de 1988, apenas após sua implantação, ocorreram mudanças significativas em razão da construção de políticas públicas voltadas para os recursos hídricos. Os principais comitês e órgãos voltados para a água foram instituídos após esse momento da política nacional, com a criação da Agência Nacional das Águas.

A institucionalização desses mecanismos foi fortemente influenciada por debates internacionais, como os promovidos pelo Fórum Mundial da Água e pela Agenda 21, que enfatizam a necessidade de equidade, sustentabilidade e participação social na governança da água. No entanto, a literatura evidencia que, apesar dos avanços normativos e institucionais, a distribuição dos recursos hídricos no Brasil permanece marcada por profundas desigualdades regionais, especialmente no semiárido nordestino.

Programas como o Programa Cisternas, a perfuração de poços artesianos e a Operação Carro-Pipa têm desempenhado papel relevante na mitigação dos efeitos da escassez hídrica, sobretudo em períodos de seca extrema. Contudo, estudos recentes apontam que tais iniciativas, embora essenciais, apresentam limitações quanto à universalização do acesso e à sustentabilidade a longo prazo, frequentemente restringindo-se a respostas emergenciais e não estruturais.

A persistência da vulnerabilidade hídrica no semiárido, agravada por fatores climáticos, socioeconômicos e institucionais, evidencia a necessidade de políticas públicas mais robustas, integradas e orientadas pela justiça hídrica. Isso implica não apenas a ampliação e o aprimoramento dos programas existentes, mas também a adoção de estratégias inovadoras, baseadas em evidências científicas, participação social efetiva e articulação intersetorial, conforme recomendam organismos internacionais como a ONU e a OMS (WHO/UNICEF, 2021).

Portanto, para que as políticas públicas de acesso à água no Brasil, especialmente no semiárido nordestino, alcancem efetividade e equidade, é imprescindível superar os desafios estruturais e institucionais, promovendo a integração entre diferentes níveis de governo, a participação ativa das comunidades e a adoção de soluções adaptadas às especificidades locais. Somente assim será possível garantir o direito humano à água, conforme preconizado nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e na legislação nacional.

5.8 Referências

ANA. Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. **Política Nacional de Recursos**

Hídricos. 2020. Disponível em: [https://HYPERLINK \"http://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/sistema-\"www.ana.gov.br/gestao-da-agua/sistema- de-gerenciamento-de-recursos-hídricos](https://HYPERLINK \). Acesso em: 20 maio 2024.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. 2019. **Comitês de Bacias Hidrográficas**. Disponível em: <https://dadosabertos.ana.gov.br/> Acesso em: 10 jun. 2024.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**: relatório pleno. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2017. 169p. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/relatorio-conjuntura-2017.pdf/view> . Acesso em: 30 set. 2024.

AGUIAR, L. C.; GROSSI, M. D.; OLIVEIRA, L. G.; ÁVILA, M. L. As políticas públicas no semiárido brasileiro: uma revisão de literatura. **Rev. Econ. NE**, Fortaleza, v. 50, n. 2, p. 9-22, abr./jun., 2019.

ANDRADE, A. R. S; PINHEIRO, G.M.; ANDRADE, E. K.P.; SANTOS, M.K.S.; CAMPELO, K.B.F. Principais sistemas de captação de água de chuva. **Revista em Extensão**,v. 16, n. 2, p. 101-128, 2017.

ANDRADE, J. A; NUNES, M. A. Acesso à água no Semiárido Brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região. **Revista Espinhaço**, v. 3, n. 2, p. 28-39, 2014.

ARAÚJO, A. R.; BARBOSA, E. M. Evolução do direito de águas no Brasil: uma visão histórico-jurídica. In: I COLÓQUIO INTERNACIONAL DE HISTÓRIA: SOCIEDADE, NATUREZA E CULTURA, 2008. Anais. Campina Grande-PB, 2008.

ARAÚJO, A. S.; LIMA, G. S.; LIMA, J. V. A importância do carro-pipa para o abastecimento de água no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 2, p. 123-131, 2016.

ASA. **Articulação no Semiárido Brasileiro**. 2021. Disponível em: <https://www.asabrasil.org.br/> Acesso em: 20 jun. 2024.

AZEVEDO, A. C. Verso e Reverso das Políticas Públicas de Água para o Semiárido Brasileiro. **Revista Política e Planejamento Regional**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, p. 373-392, jul/dez., 2015.

BAPTISTA, N. Q.; CAMPOS, C. H. Caracterização do Semiárido Brasileiro. In: CONTI, Irio Luiz; SCHROEDER, Edni Oscar (Orgs). **Convivência com o Semiárido Brasileiro: Autonomia e Protagonismo Social**. [Autores: Campos, Carlos Humberto; Pereira, Clara Marinho; Cordeiro, Danielle Leite; Pontel, Evandro; Pereira, Eugênia da Silva; Assis, Gustavo Correa de; Schistek, Haroldo; Arsky, Igor da Costa; Conti, Irio Luiz; Costa, Jales Dantas da; Rocha, José Camelo da; Araújo, Maria de Lourdes L. de; Baptista, Naidison de Quintella; Santana, Vitor Leal. Brasília: IABS, 2013. p.45-50.

BARBOSA, E. M; BARBOSA, M.F. N. Direito de Águas: Arranjo jurídico-institucional, política e gestão. **Revista de Informação Legislativa**, Brasília v. 49 n. 194, p. 147-157, abr./jun., 2012.

p. 1–24, 2014. DOI: 10.21713/2358-2332.2013.v10.415. Disponível em: <https://rbpg.capes.gov.br/rbpg/article/view/415>. Acesso em: 30 jun. 2025.

CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 61-82, 2008.

CUNHA, L. H. Desigualdades nos padrões de acesso à água e limites da cidadania hídrica em comunidades rurais do semiárido. **Revista Sociedade e ambiente no Semiárido: controvérsias e abordagens** v. 55, p. 99-116, dez., 2020.

CARVALHO NETO, J. F.; SILVA, F. T.; GUEDES, A. P. C. Análise espacial da atuação da operação pipa no semiárido da Paraíba. **Okara: Geografia em Debate**, v. 13, n. 1, 2019.

DINIZ, E. M. Os Resultados da Rio+10. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.15, 2002. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/>. Acesso em: 2 jun. 2024.

DINIZ, P. C. L; SANTOS, C. F dos; ROZENDO, C. Acesso à água para consumo humano no semiárido brasileiro: desafios, tensões e perspectivas do programa “Um Milhão de Cisternas”. 2022.

FARIAS, A. E. M.; PINHEIRO, J. N. do Combate a seca À Convivência com o Semiárido:(Re) Significando a Política para os" Nordestes". **Semiárido: Estados, Políticas, Públicas E Saúde**, v. 74, p. 99-119, 2012.

FREITAS, J. B. A.; CARBAL, J. J. D. S. P.; PAIVA, A. L. R.; VERAS, T. B.; MONTEIRO, R. V. A. Influência da interação rio-aquífero sobre a distribuição vertical da meiofauna hiporreica. **Águas Subterrâneas**, v. 33, n. 4, p. 354-367, 2019.

GOMES, F. I. B. P.; ZANELLA M. E. Histórico, causas e características da semiaridez do Nordeste do Brasil. **Geografares**, n. 37, 2023.

GRANZIERA, M. L. M.; SILVA, I. M. G. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e a legislação brasileira sobre abastecimento humano: mecanismos de efetividade. **Rev. Leopoldianum**, Santos, ano 45, n. 125, 2019.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito Ambiental**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

HOWARD, G; BARTRAM, J. **Domestic water quantity, service level and health**. WHO, Geneva, 2003. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240015241> Acesso em: 22 abr. 2024.

IORIS, A. A. R. The headwaters of water problems in Brazil: commodification and exclusion.**Rev. Capitalism Nature Socialism**, v. 18, n. 1, p. 28-50, 2006.

JACOBI, P. R.; FRACALANZA, A. P.; SILVA-SÁNCHEZ, S. Governança da água e inovação na política de recuperação de recursos hídricos na cidade de São Paulo. **Cadernos Metrópole**, v.17, n. 33, p. 61-81, 2015.

LINHARES, L. I.; XIMENES, A.V. S. F.; MONTEIRO, J. B. Secas e políticas públicas no semiárido brasileiro: Um debate oportuno acerca do binômio combate a seca X convivência

Com o semiárido. **Rev. Geopauta**, v. 5, n. 3, 2021.

LOPES, L. S. O.; SOARES, R. C. Susceptibilidade à desertificação das terras secas de Gilbués (Estado do Piauí) e Cabrobró (Estado do Pernambuco), Nordeste do Brasil. **Rev. Geográfica de América Central**, n. 56, p. 307-323, 2016.

MARCON, A. M. ; WESZ, V. J. O “novo” marco legal ea universalização do saneamento básico no espaço rural. **revista brasileira de estudos urbanos e regionais**, v. 26, p. e202441pt, 2024.

MAGALHÃES JUNIOR, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectiva para o Brasil a partir da experiência francesa**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

MASALA, A. Y.; COELHO, L. M. G. Avaliação de implantação de sistema de reúso de águas cinzas para fins não potáveis em uma edificação de ensino. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 9, n. 2, p. 158–174, 2021.

MARENGO, Jose A. et al. Drought in Northeast Brazil: A review of agricultural and policy adaptation options for food security. **Climate Resilience and Sustainability**, v. 1, n. 1, p. e17, 2022.

MARINHO, V.L.F.; MORETTI, E.C. Os caminhos das águas: As políticas públicas ambientais e criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas **Geosul**, v.28, n.55, 2013.

MELITO, L. Programa de cisternas enfrenta "seca" de recursos e fome bate à porta do semiárido. **Brasil de Fato**. 21 de janeiro de 2020. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2020/01/21/programa-de-cisternas-enfrenta-seca-de-recursos-e-fome-bate-a-porta-do-semiarido>. Acesso em: 16 mar 2024.

MELO, J. A. B. de; PEREIRA, R. A.; DANTAS NETO, J. Atuação do estado brasileiro no combate à seca no Nordeste e ampliação das vulnerabilidades locais. **Qualitas**. Revista Eletrônica, v. 8, n. 2, 2009.

MESQUITA, L. F. G. Os comitês de bacias hidrográficas e o gerenciamento integrado na Política Nacional de Recursos Hídricos. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 45, p. 56-80, 2018.

NICOLLIER, V.; KIPERSTOK, A.; BERNARDES, M. E. C. A governança das águas no Brasil: qual o papel dos municípios?. **Estudos Avançados**, v. 37, n. 109, p. 279-302, 2023.

NOGUEIRA, D.. Segurança hídrica, adaptação e gênero: o caso das cisternas para captação de água de chuva no semiárido brasileiro. **Sustainability in Debate**, Brasília, v. 8, n. 3, p. 1–16, 2017. DOI: 10.18472/SustDeb.v8n3.2017.26544.

OLIVEIRA, F. **Elegia para uma re(li)gião**: Sudene, Nordeste. Planejamento e conflito de classes. São Paulo: Boitempo, 2008.

OLIVEIRA, I. **A violação do direito humano à água por meio da contaminação por mercúrio da bacia do Rio Madeira**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciência Jurídica).

Programa de Pós Graduação em Ciência Jurídica da Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2022.

OLIVEIRA, M. G. de; SILVA, A. L. Gestão dos recursos hídricos no semiárido: desafios e estratégias. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 25, n. 1, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbrh/a/3jYczg4czvMqM7XP3Rxhpjr>. Acesso em: 30 jun. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS); FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA (UNICEF). **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2020: five years into the SDGs**. Geneva: WHO/UNICEF, 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2019: Água para um Futuro Sustentável**. UNESCO, 2019. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367306>. Acesso em: 30 jun. 2025.

PBMC – PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Base científica das mudanças climáticas: primeiro relatório de avaliação nacional sobre mudanças climáticas**. Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 2014. v. 1.

PEREIRA, W. D. C. ; HAONAT, A. I. Responsabilidade ambiental na gestão de resíduos: desafio e perspectiva jurídica. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 7, n. 15, p. e151518-e151518, 2024.

RIBEIRO, M. M. R.; AMORIN, A. L.; FERREIRA, J. G.; SCHMIDT, L. Bacias hidrográficas compartilhadas no Brasil e na Península Ibérica: Buscando consensos via mecanismos de resolução de conflitos. In: RIBEIRO, M. M. R.; AMORIN, A. L.; FERREIRA, J. G.; SCHMIDT, L. (Org.) **Gestão de Bacias e Sustentabilidade**. Lisboa. Ed. Manole, 2019. p. 1020-1046.

SACHS, I. **Rumo à ecossocioeconomia: teoria a prática do desenvolvimento**. São Paulo: Cortez, 2007.

SANTOS, R. M.; SILVA, E. P. A efetividade do Programa Cisternas no semiárido: Uma análise crítica. **Revista Brasileira de Recursos Naturais**, v. 24, n. 2, p. 145-160, 2019.

SANTOS, T. F.; ANDRADE, D. S. Desafios da implementação de políticas públicas no semiárido: Uma análise da eficácia e das lacunas. **Revista de Desenvolvimento Regional**, v. 10, n. 2, p. 188-202, 2018.

SENNA, L. D.; MAIA, A. G.; MEDEIROS, J. D. F. O uso da análise de componentes principais para a construção do Índice de Pobreza da Água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 24, n. 19, 2019.

SILVA, L. G.; PEREIRA, J. S.; LIMA, A. P. Políticas de convivência com o semiárido: Um enfoque na sustentabilidade. **Revista de Estudos Rurais**, v. 28, n. 1, p. 213-230, 2020.

SILVA, R. M. A. da. **Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2010.

SOARES, J. A. S.; BARBOSA, E. M. Políticas de Acesso à Água no Brasil: Pensando a Evolução das Políticas de Combate à Seca no Semiárido. **Rev. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 8, n. 4, p. 443-467, out./dez., 2019.

SOBRAL, Maria do Carmo Martins. Estratégia de gestão dos recursos hídricos no Semiárido brasileiro. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 7, n. 2, p. 76-82, 2011.

SOUSA, T. P. de; SOUSA NETO, E. P. de; SILVEIRA, L. R. de S.; SANTOS FILHO, E. F. dos; MARACAJÁ, P. B. Barragem subterrânea: tecnologia sustentável de captação, armazenamento de água e convívio com o semiárido. **Revista Terceiro Incluído**, Goiânia, v. 4, n. 1, p. 97–103, 2014.

SOUSA, A. B; COSTA, C. T. F.; FIRMINO, P. R. A.; BATISTA, V. S. Tecnologias sociais de convivência com o semiárido na região do Cariri Cearense. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 197-220, mai./ago. 2017.

SOUZA, N. G. de M.; SILVA, J. A.; MAIA, J. M.; SILVA, J. B.; NUNES JÚNIOR, E. da S.; MENESES, C. H. S. G. . Tecnologias sociais voltadas para o desenvolvimento do semiárido brasileiro. **BioFarm**, v.12, n. 03, 2016

SOUZA, F. F. G et al. Qualidade da Água do Sistema de Abastecimento numa Comunidade Rural em Município de Pequeno Porte no Sudeste do Brasil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 26, n. 1, p. 59-64, 2022.

TOFA, A. I., KAMARA, A. Y., MOHAMED, A. M., GARBA, M., SOULEY, A. M., SALISSOU, H., ... & ABDOULAYE, T. Assessment of climate change impact and adaptation strategy for millet in the Sudano-Sahelian region of Niger. **Regional Environmental Change**, v. 24, n. 4, p. 151, 2024.

VICTRAL, D. M.; GROSSI, L. B.; RAMOS, A. M; GONTIJO, H.M. Economic sustainability of water supply public policy in Brazil semiarid regions. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, e3435, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3435>. Acesso em: 30 jun. 2025.

VIEIRA, R. S. Rio+20 – Conferência das nações unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento: contexto, principais temas e expectativas em relação ao novo “direito da sustentabilidade”. **Revista Novos Estudos Jurídicos (NEJ)**, v. 17, n. 1, p. 48-69, jan./abr., 2012.

WOLKMER, M. F. S.; PIMMEL, N. F. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. **Sequência (Florianópolis)**, p. 165-198, 2013.

WWC. World Water Council –. 7º **World Water Forum**, Daegu & Gyeongbuk 2015. Disponível em: <https://www.worldwatercouncil.org/en/daegu-gyeongbuk-2015>. Acesso em 05 de mar. de 2024.

WWC. World Water Council. **10th World Water Forum: Indonesia 2024**. Disponível em: <https://www.worldwatercouncil.org>. Acesso em: 23 out. 2024.

6 CLIMA E RECURSOS HÍDRICOS: ESTUDO SOBRE A VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E A (IN)JUSTIÇA CLIMÁTICA NO VALE DO RIO GUARIBAS, PIAUÍ, BRASIL

*CLIMATE AND WATER RESOURCES: A STUDY ON SOCIO-ENVIRONMENTAL
VULNERABILITY AND CLIMATE (IN)JUSTICE IN THE GUARIBAS VALLEY,
PIAUÍ, BRAZIL*

*CLIMA Y RECURSOS HÍDRICOS: UN ESTUDIO SOBRE VULNERABILIDAD
SOCIOAMBIENTAL Y (IN)JUSTICIA CLIMÁTICA EN EL VALLE DE
GUARIBAS, PIAUÍ, BRASIL*

RESUMO

Os eventos climáticos estão intensificando os desafios enfrentados pelo semiárido nordestino, contribuindo para mudanças climáticas, escassez hídrica e aumento da vulnerabilidade socioambiental. Este artigo analisa a vulnerabilidade socioambiental na região do Vale do Guaribas, destacando a falta de acesso à água e como essa realidade é afetada por fenômenos climáticos, como o El Niño. A pesquisa apresenta uma visão geral do clima no semiárido, a crise hídrica e a vulnerabilidade socioambiental, utilizando uma metodologia que combina revisão bibliográfica com análise de dados empíricos. Essa abordagem permitiu a identificação das principais áreas vulneráveis, utilizando indicadores como o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e imagens de áreas rurais da região. Os resultados revelaram que as áreas mais vulneráveis incluem comunidades que dependem de recursos hídricos escassos, exacerbados por períodos de seca e a ineficiência nos serviços de distribuição de água. A população enfrenta um cotidiano difícil, especialmente durante as estiagens, quando a crise hídrica se intensifica e a espera por água potável se torna crítica, afetando diretamente a qualidade de vida e as condições sociais. Portanto, ao analisar a relação entre clima, acesso à água e vulnerabilidade social, o estudo ressalta a necessidade de políticas públicas mais eficazes e sustentáveis para mitigar os impactos dos eventos climáticos e melhorar as condições de vida na região.

PALAVRAS-CHAVE: Vulnerabilidade Socioambiental; Semiárido Nordeste; Clima; Vale do Guaribas; Crise Hídrica.

ABSTRACT

Climate events are intensifying the challenges faced by the northeastern semi-arid region, contributing to climate change, water scarcity, and increased socio-environmental vulnerability. This article analyzes socio-environmental vulnerability in the Vale do Guaribas region, highlighting the lack of access to water and how this reality is affected by climatic phenomena such as El Niño. The research provides an overview of the climate in the semi-arid region, the water crisis, and socio-environmental vulnerability, employing a methodology that combines literature review with empirical data analysis. This approach enabled the identification of the main vulnerable areas, using indicators such as the Human Development Index (HDI) and images of rural areas in the region. The results revealed that the most vulnerable areas include communities dependent on scarce water resources, exacerbated by periods of drought and inefficiencies in water distribution services. The population faces a challenging daily life, especially during droughts, when the water crisis intensifies, and the wait for potable water becomes critical, directly affecting quality of life and social conditions. Therefore, by analyzing the relationship between climate, access to water, and social vulnerability, the study highlights the need for more effective and sustainable public policies to mitigate the impacts of climate events and improve living conditions in the region.

KEYWORDS: Socio-environmental Vulnerability; Northeastern Semi-arid; Climate; Guaribas Valley; Water Crisis.

RESUMEN

Los eventos climáticos están intensificando los desafíos que enfrenta la región semiárida del noreste de Brasil, contribuyendo al cambio climático, la escasez de agua y un aumento de la vulnerabilidad socioambiental. Este artículo analiza la vulnerabilidad socioambiental en la región del Valle de Guaribas, destacando la falta de acceso al agua y cómo esta realidad se ve afectada por fenómenos climáticos como El Niño. La investigación proporciona una visión general del clima en el semiárido, la crisis hídrica y la vulnerabilidad socioambiental, utilizando una metodología que combina revisión bibliográfica con análisis de datos empíricos. Este enfoque permitió identificar las principales áreas vulnerables, utilizando indicadores como el Índice de Desarrollo Humano (IDH) y imágenes de áreas rurales de la región. Los resultados revelaron que las áreas más vulnerables incluyen comunidades que dependen de recursos hídricos escasos, exacerbados por períodos de sequía y la ineficiencia en los servicios de distribución de agua. La población enfrenta un cotidiano difícil, especialmente durante las sequías, cuando la crisis del agua se intensifica y la espera por agua potable se vuelve crítica, afectando directamente la calidad de vida y las condiciones sociales. Por lo tanto, al analizar la relación entre el clima, el acceso al agua y la vulnerabilidad social, el estudio resalta la necesidad de políticas públicas más efectivas y sostenibles para mitigar los impactos de los eventos climáticos y mejorar las condiciones de vida en la región.

PALABRAS CLAVE: Vulnerabilidad socioambiental; Semiárido Nororiental; Clima; Valle de Guaribas; Crisis de agua.

6.1 Introdução

O crescimento populacional, associado à urbanização, à pobreza e à escassez de terras, tem contribuído para o aumento do número de pessoas vivendo em áreas suscetíveis a desastres. Além disso, as mudanças climáticas têm intensificado a frequência de eventos extremos, como secas prolongadas e cheias repentinas, expondo populações a uma maior vulnerabilidade socioambiental. Conforme destacado por Freire, Bonfim e Natezon (2014), o aumento da vulnerabilidade socioambiental decorre tanto das condições ambientais quanto das desigualdades sociais, que comprometem a resiliência de comunidades em situações de risco.

Em contextos de desastres ambientais, a vulnerabilidade socioambiental refere-se à exposição diferenciada das populações a eventos extremos, em função de fatores socioeconômicos e ambientais. Determinados grupos, por suas condições socioeconômicas e geográficas, apresentam maior dificuldade em prever, enfrentar ou se adaptar aos impactos de fenômenos como secas ou enchentes (Queiroga, 2018).

No Nordeste do Brasil, a distribuição irregular das chuvas e os longos períodos de seca agravam a escassez de recursos hídricos, especialmente nas zonas rurais. Regiões como o semiárido nordestino enfrentam dificuldades tanto na produção agrícola quanto no abastecimento de água para a população. A desigualdade na distribuição de água entre áreas urbanas e rurais é evidente, com as zonas urbanas tendo acesso a um maior número de poços e reservatórios, enquanto as áreas rurais dependem de cisternas e carros-pipa, que nem sempre

são suficientes para suprir as necessidades básicas (Santos *et al.*, 2017).

O agravamento das secas, em grande parte relacionado às mudanças climáticas, tem ampliado a vulnerabilidade dessas regiões, o que demanda políticas públicas eficazes de mitigação e adaptação. O conceito de justiça climática é fundamental para entender a desigualdade no impacto das mudanças climáticas, já que, como afirma Pereira (2023), essa abordagem busca promover equidade na distribuição dos impactos climáticos, levando em conta fatores sociais, econômicos e culturais.

A vulnerabilidade climática do semiárido brasileiro tem sido amplamente documentada em estudos recentes que ressaltam a complexidade dos fatores que impactam a agricultura de subsistência na região. Conforme evidenciado por Silva *et al.* (2021) e Mesquita, Wittman e Aroudo Mota (2016), a ocorrência de precipitações pluviométricas isoladas não assegura a produtividade agrícola, uma vez que a irregularidade temporal e espacial das chuvas, especialmente a incidência de veranicos períodos prolongados de estiagem durante a quadra chuvosa, compromete significativamente o desenvolvimento das culturas locais. Essa variabilidade climática acentuada resulta em prejuízos diretos à segurança alimentar das populações rurais, exacerbando a vulnerabilidade socioeconômica e demandando políticas públicas adaptativas que considerem a incerteza e a variabilidade dos regimes hídricos no semiárido (Vieira, 2003; Silva *et al.*, 2021). Além disso, o Nordeste se apresenta como um clima extremo, com longos períodos de seca intercalados por chuvas intensas, o que agrava os problemas sociais, econômicos e ambientais gerados por esses fenômenos climáticos (Travassos, Souza e Silva, 2013).

No estado do Piauí, localizado na transição entre o Norte e o semiárido do Nordeste, a situação hídrica é particularmente crítica, especialmente no sudeste do estado, onde se encontram importantes recursos hídricos, como a Barragem de Bocaina e os rios Itain, Riachão e Guaribas. A irregularidade das chuvas, concentradas em poucos meses do ano, torna essa região altamente vulnerável à escassez hídrica, exigindo uma gestão eficiente dos recursos disponíveis e a implementação de políticas públicas adequadas.

Pelo Censo Agropecuário de 2017 o Vale do Rio Guaribas apresenta grande potencial agrícola, concentrando alguns dos maiores produtores de mel, caju e alho, por exemplo, no Piauí. No entanto, observa-se que as condições socioeconômicas das famílias rurais na região permanecem limitadas. Essa limitação decorre da dificuldade de aumentar a produtividade, expandir as áreas cultivadas e investir em tecnologias de irrigação, refletindo-se em baixos rendimentos econômicos e pouca infraestrutura agrícola (IBGE, 2017).

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) aponta que 17 dos 23 municípios do Vale do Rio Guaribas mantêm baixos índices de desenvolvimento (CEPRO, 2016), variando entre 0,500 e 0,599, muito aquém do considerado satisfatório, que é de pelo menos 0,700. Esse cenário reflete limitações estruturais e a necessidade de políticas públicas mais eficazes para a promoção de desenvolvimento sustentável e combate à vulnerabilidade socioambiental na região.

De acordo com a Lei Federal nº 9.433/9 e a Lei Estadual nº 5.165/2000, que estabelecem a Política Estadual de Recursos Hídricos no Piauí, a gestão dos recursos hídricos no estado visa à racionalização do uso e ao incentivo ao uso múltiplo da água, tendo como instrumentos os Planos de Recursos Hídricos, outorga de uso e cobrança pelo uso da água, além do monitoramento por meio do Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (BRASIL, 2000).

No entanto, a bacia do rio Guaribas, que realiza a drenagem hídrica da região, enfrenta sérios índices de poluição, uma vez que o baixo curso do rio recebe grandes volumes de efluentes domésticos não tratados, que demonstram a ineficiência do poder público em conter o avanço dessa problemática (Sousa *et. al.*, 2018).

A perenidade do rio, que depende do período chuvoso de janeiro a abril, é ameaçada pelo desequilíbrio ambiental e pela irregularidade das chuvas. Essa situação é exacerbada pela natureza climática do semiárido, caracterizada por baixos índices de precipitação, alta evaporação e temperaturas elevadas, fatores que tornam a região particularmente suscetível a crises hídricas e fragilidades ambientais (Zanella, 2014)

A população do semiárido, ao depender dos recursos naturais locais, além de estar exposta a riscos climáticos, como por exemplo, chuvas incertas e condições semiáridas, alta evaporação e calor, fica sujeita a esses fatores críticos, que contribuem para a vulnerabilidade. Essa vulnerabilidade reflete a desigualdade social e ambiental, sendo necessária a realização de ações, que possam contribuir para a garantia da justiça climática e a proteção dos direitos humanos, sendo importante a elaboração de estudos voltados para essa temática (Pereira; Scotti, 2022; Rodrigues; Pereira, 2022).

Assim, neste artigo tem-se como objetivo, identificar as áreas de maior vulnerabilidade socioambiental no Vale do Rio Guaribas, abordando, principalmente, como os impactos da escassez de água e da ocorrência de eventos climáticos extremos contribuem para o aumento dos problemas socioambientais na região.

Como metodologia, foi realizada pesquisa qualitativa, baseada em levantamento bibliográfico, utilizando-se as seguintes palavras-chave: semiárido nordestino; clima;

injustiça climática; vulnerabilidade socioambiental, Vale do Rio Guaribas, buscando-se em teses, dissertações, artigos e sítios de internet. Foi feita, ainda, pesquisa de campo, com coleta de dados em forma de fotografias, com a finalidade de observar fatos e fenômenos do meio onde foi pesquisado.

Foi utilizada também a construção e análise cartográfica, que permitiu a visualização dos aspectos sociais e ambientais da região, com ênfase na escassez de água e na ocorrência de fenômenos climáticos extremos. As etapas da pesquisa foram as seguintes: Pesquisa de informações geoespaciais: As informações geográfico-sociais foram coletadas de outras fontes, pois foram utilizadas as bases de dados, sejam elas públicas, como IBGE, ANA, INPE.

Foi realizado trabalho de campo para validar os dados e tirar fotografias, o que proporcionou uma compreensão do ambiente físico da área, onde se pôde visualizar características de processamento e análise de dados usando o software GIS, QGIS. Os mapas foram analisados e interpretados, de modo que foram consideradas as interações entre eventos climáticos e condições sociais que levam a vulnerabilidades socioambientais, bem como as especificidades do semiárido nordestino e do Vale do Rio Guaribas. Os mapas permitiram a identificação de vulnerabilidades socioambientais, assim essa técnica permitiu a identificação das áreas mais frágeis e pode ser utilizada no planejamento de medidas mitigadoras em relação à variabilidade climática na região.

Foram identificados os municípios da bacia do rio Guaribas, Piauí, como territórios vulneráveis, e estes estão localizados no semiárido nordestino. Esta é uma região do Brasil mais vulnerável às mudanças climáticas e eventos climáticos extremos, porque essa vulnerabilidade não está associada apenas a eventos climáticos (como a seca), mas também a fatores econômicos, sociais e políticos que historicamente causaram danos às pessoas (Sampaio; Sampaio, 2013; Buriti; Barbosa, 2019).

As projeções climáticas para o semiárido brasileiro, que inclui a bacia do rio Guaribas, indicam mudanças significativas com o aumento de eventos climáticos extremos, redução da precipitação e aumento das temperaturas, exacerbando assim a escassez hídrica. Aumentará a evapotranspiração e aumentará os riscos para a agricultura, a principal atividade econômica da região, portanto, terá um impacto negativo na produção de alimentos, na renda familiar e levará a mais êxodo rural. (Ribeiro *et al.*, 2016, Magalhães *et al.*, 2021).

6.2 Clima no semiárido Nordestino

A região do semiárido nordestino caracteriza-se por condições ambientais adversas que intensificam sua vulnerabilidade climática, conforme demonstrado em estudos recentes de alto impacto. A irregularidade das precipitações anuais, associada à escassez hídrica e à limitada capacidade do solo em reter água, constitui um desafio significativo para a sustentabilidade ambiental e socioeconômica local (Lima et al., 2020). Além disso, a incidência de ventos quentes e secos contribui para o aumento da evapotranspiração, agravando o ressecamento do solo e elevando o risco de processos de desertificação (Santos *et al.*, 2021). Essa confluência de fatores climáticos e edáficos posiciona o semiárido nordestino como a região brasileira com maior suscetibilidade à desertificação, demandando estratégias integradas de manejo e políticas públicas específicas para mitigar seus impactos (Oliveira; Pereira, 2019). A região do Nordeste brasileiro possui extensão territorial de, aproximadamente, 1.554. 257 km², sendo composta pelos estados de Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia (Figura 6.1), ocupando aproximadamente 18% de toda área do território brasileiro, sendo considerada a terceira maior região do país (IBGE, 2022).

Figura 6.1- Delimitação do Nordeste brasileiro



Fonte: IBGE (2022)

O Brasil, devido à sua extensa dimensão territorial e à heterogeneidade ambiental, apresenta uma ampla variabilidade climática que se manifesta em distintos padrões térmicos e pluviométricos entre suas regiões. Enquanto áreas do Sul e Sudeste frequentemente registram temperaturas próximas a 0 °C, as regiões Norte e Nordeste são caracterizadas por temperaturas elevadas, frequentemente superiores a 30 °C (Santos et al., 2020).

O fenômeno das secas, embora presente em todo o território nacional, apresenta maior frequência e intensidade no Nordeste, onde seus impactos são particularmente severos, afetando diretamente a produção agrícola e o abastecimento hídrico da população local (Magalhães, 2016; Delazeri, Cunha e Oliveira, 2022). Essa disparidade regional evidencia a necessidade de políticas públicas diferenciadas e adaptativas para mitigar os efeitos adversos das secas, especialmente nas áreas mais vulneráveis do Nordeste brasileiro.

Regiões áridas e semiáridas, como o semiárido brasileiro, abrigam uma parcela significativa da população mundial e são extremamente vulneráveis às mudanças climáticas e às atividades humanas (Huang *et al.*, 2017). A história dessa região está marcada pelas secas severas presentes desde o período colonial, cujos efeitos se apresentam de formas variadas até os dias atuais, ocasionando o aumento do desemprego rural, tendo em vista que os agricultores não conseguem plantar em decorrência da falta de água, a fome, além da pobreza e a migração forçada para outras regiões, sobrecarregando alguns centros urbanos locais, fazem parte da realidade diária desses ambientes. A irregularidade das chuvas nessa região e os baixos índices pluviométricos, inferiores a 800 mm anuais devido a escassez severa de chuva, agravam a situação de maneira emergente, gerando uma escassez crônica de água, que afeta profundamente as atividades agrícolas e pecuárias da região (Lima 2018; Khalkhali, 2021).

A região semiárida do Nordeste brasileiro destaca-se como uma das áreas mais vulneráveis aos extremos climáticos e aos impactos das mudanças climáticas globais. Conforme evidenciado por estudos recentes, a seca nessa região transcende a condição de mero evento natural, configurando-se como um fenômeno multifacetado que envolve dimensões econômicas, sociais e políticas profundamente enraizadas na história e na dinâmica da população local (Martins et al., 2018; Marengo et al., 2019). Essa perspectiva integrada é fundamental para compreender a complexidade dos desafios enfrentados pelo semiárido nordestino, onde a vulnerabilidade climática se entrelaça com desigualdades estruturais, exigindo abordagens políticas e sociais que considerem tais especificidades

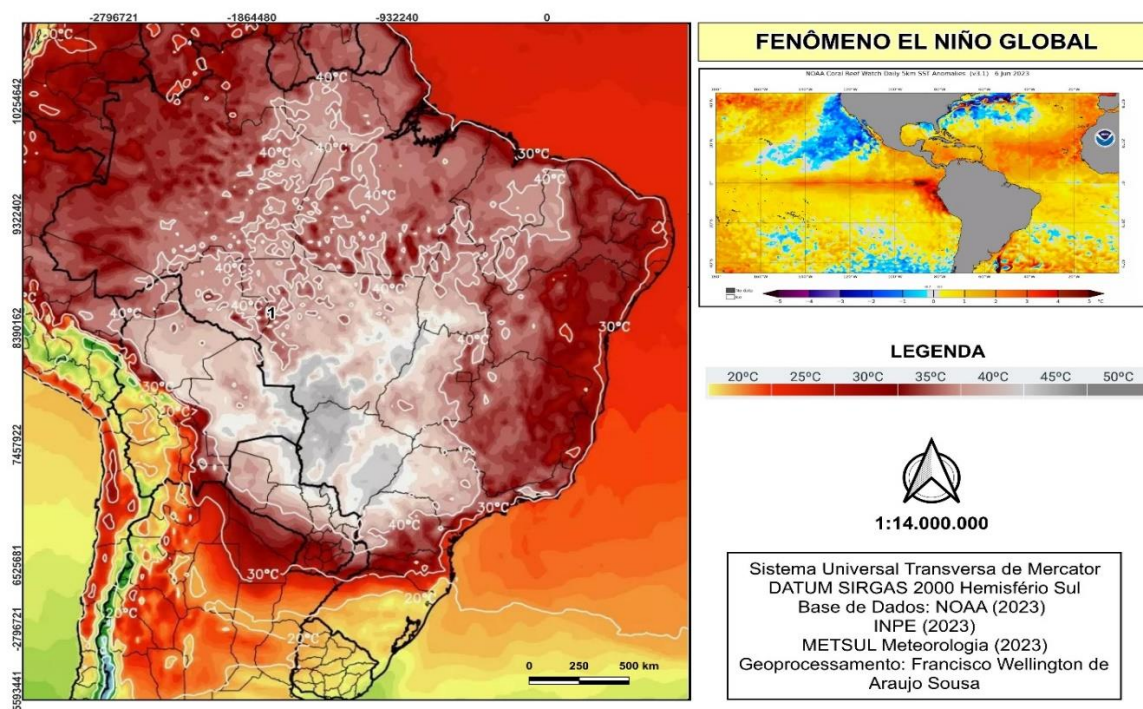
para a formulação de políticas públicas eficazes.

Projeções globais indicam que o Semiárido brasileiro será impactado por alterações climáticas significativas, com expectativa de aumento nos eventos climáticos extremos, diminuição das chuvas e elevação das temperaturas, o que resultará em uma maior frequência de dias secos e em uma alta taxa de evapotranspiração. Essas condições intensificam a deficiência hídrica elevando o risco climático para a agricultura, afetando diretamente a produção de alimentos e a estabilidade econômica das famílias rurais, além de potencialmente promover o êxodo rural (Marengo *et al.*, 2020; Souza *et al.*, 2019).

A intensificação da escassez hídrica e a ampliação de condições climáticas adversas no Semiárido brasileiro exigem medidas adaptativas para reduzir impactos socioeconômicos e ambientais. O aumento das temperaturas e a irregularidade das chuvas agravam a vulnerabilidade agrícola e ameaçam a segurança hídrica, afetando a subsistência das famílias rurais e a produção de alimentos. As mudanças climáticas demandam políticas públicas de gestão eficiente e o fortalecimento da resiliência das comunidades locais, por meio de tecnologias sustentáveis de uso da água e práticas agroecológicas adaptativas (Marengo *et al.*, 2020; Nobre *et al.*, 2022).

Observa-se que o sistema climático global tem experimentado mudanças recentes e significativas em diversos de seus componentes fundamentais, incluindo a radiação solar, a temperatura do ar, a umidade atmosférica e os padrões de precipitação. Conforme relatado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021), a velocidade e a intensidade dessas alterações são inéditas na história geológica da Terra, configurando um cenário de rápida transformação climática que impõe desafios sem precedentes para os sistemas naturais e sociais em escala global. No ano de 2024, o Brasil bateu recorde de temperatura alta em todo o território nacional, registrando-se como o ano mais quente da história, INPE (2023). Na Figura 6.2, é possível visualizar os altos índices de temperatura no ano de 2023, potencializados pelo fenômeno El Niño global no Brasil.

Figura 6.2 - Elevação da temperatura em território nacional



Fonte: INPE (2023)

O clima do Nordeste é muito influenciado pelo fenômeno El Niño e pelas temperaturas da superfície do Oceano Atlântico. Além disso, esses fatores também acabam por ter um papel de influência, propiciadas de frentes frias que vêm do Sul e de ventos que trazem umidade do Atlântico, o que acaba por deixar o clima ainda mais seco, gerando vários problemas relacionados a esse aumento de temperatura (Magalhães, 2016).

6.3 (In)Justiça climática no Brasil

O debate sobre justiça ambiental emergiu nos Estados Unidos na década de 1980 como uma resposta crítica às interações entre fatores sociais, econômicos, ambientais e territoriais, especialmente diante da constatação de que comunidades vulneráveis, em sua maioria de baixa renda e racialmente marginalizadas, eram desproporcionalmente afetadas por danos ambientais (Bullard, 1993). Esse movimento evidenciou como práticas de exploração econômica e urbanização predatória intensificaram riscos ambientais e desigualdades sociais, configurando um cenário de exclusão e vulnerabilidade ambiental que persiste até hoje.

Nesse contexto, a justiça climática assume papel central ao evidenciar que os efeitos das mudanças climáticas não se distribuem de forma homogênea, afetando de maneira mais intensa aqueles com menor responsabilidade histórica pelas emissões de gases de efeito estufa. Conforme apontam Roberts e Parks (2007) e Klein (2014), a justiça climática denuncia

essa assimetria global e defende a adoção de políticas que corrijam tais desequilíbrios, promovendo reparações históricas e garantindo a participação das populações vulnerabilizadas na formulação de estratégias adaptativas.

Esse debate tem se aprofundado significativamente, incorporando análises multidisciplinares que evidenciam a complexidade das interações entre fatores socioeconômicos, ambientais e políticos na reprodução das desigualdades ambientais. Conforme destacado por Schlosberg e Collins (2019), a justiça ambiental não se limita à distribuição equitativa de recursos e riscos, mas envolve também o reconhecimento cultural, a participação política e a capacidade de autonomia das comunidades afetadas, ampliando o conceito para uma abordagem mais inclusiva e interseccional.

No Brasil, estudos de Acselrad (2009) apontam que o discurso da justiça ambiental evoluiu de uma denúncia de desigualdades ecológicas para uma formulação mais ampla que incorpora o direito à cidade, ao território e à soberania alimentar. A justiça climática, nesse sentido, articula-se com a justiça territorial, na medida em que questiona a ocupação desigual do espaço, a falta de acesso à terra, à água e à infraestrutura urbana e rural básica. Essas carências são agravadas por políticas públicas ineficientes ou ausentes, o que demonstra a necessidade de integrar as agendas ambientais e sociais.

Essa interseção entre justiça climática, territorial e social torna-se especialmente evidente nas regiões mais vulneráveis do país. No contexto brasileiro, a injustiça climática manifesta-se com particular gravidade em áreas como o Semiárido, onde o aumento das temperaturas e a redução das chuvas intensificam eventos extremos, como secas prolongadas, afetando diretamente a segurança hídrica e alimentar das populações locais. Estudos indicam que, apesar dos esforços para reduzir os efeitos das secas, como observado no estado do Ceará entre 2010 e 2020, apenas uma parcela limitada dos municípios conseguiu reduzir significativamente sua vulnerabilidade, evidenciando a insuficiência das políticas públicas vigentes para enfrentar os riscos socioambientais enfrentados pelas comunidades mais afetadas (Queiroz *et al.*, 2022).

A ideia de “vulnerabilidade climática diferencial” é essencial para compreender a (in)justiça climática. Segundo Adger (2006), a vulnerabilidade não se restringe à exposição a eventos climáticos, mas envolve fatores estruturais como pobreza, exclusão social e desigualdade no acesso a infraestrutura e serviços. No Brasil, isso se traduz na realidade de comunidades que, embora tenham baixa emissão de gases de efeito estufa, enfrentam maiores impactos devido à precariedade dos sistemas de proteção social e ambiental. Essa lógica impõe a necessidade de políticas que corrijam desigualdades históricas no enfrentamento da

crise climática.

A justiça climática emerge como um campo que enfatiza a responsabilidade histórica e a vulnerabilidade diferenciada dos países e populações, destacando a necessidade de políticas que promovam a equidade global e local (Roberts et al., 2021). Essa perspectiva é particularmente relevante para o Brasil, onde regiões como o Semiárido nordestino enfrentam impactos climáticos desproporcionais, agravados por desigualdades estruturais e históricas (Queiroz et al., 2022; Silva et al., 2023).

A perspectiva da justiça climática propõe ainda uma revisão crítica das políticas climáticas dominantes, muitas vezes baseadas em tecnologias de alto custo e soluções de mercado, que podem reproduzir desigualdades sociais. Conforme Sachs (2015), é preciso romper com modelos de desenvolvimento que intensificam a degradação ambiental e ampliam a injustiça social. Para ele, uma abordagem verdadeiramente sustentável precisa incluir a participação ativa das comunidades mais impactadas, respeitando seus modos de vida e seus conhecimentos tradicionais, especialmente em regiões como o Semiárido, que têm grande potencial de resiliência, desde que apoiadas com políticas inclusivas e adaptativas.

A justiça ambiental, portanto, transcende a mera distribuição equitativa de recursos, englobando a resistência contra a alocação desigual de riscos ambientais, como a disposição de resíduos tóxicos em territórios habitados por grupos marginalizados, incluindo afrodescendentes, povos indígenas e comunidades rurais (Martinez Alier, 2009). A falta de representatividade política dessas populações agrava o cenário de injustiça, tornando imperativa a garantia de um ambiente seguro, digno e culturalmente respeitoso, que assegure a autonomia e os direitos humanos fundamentais dessas comunidades.

A justiça ambiental também está intrinsecamente ligada à luta contra a exclusão social e a promoção da equidade, especialmente para grupos historicamente marginalizados, como povos indígenas, comunidades quilombolas e populações rurais do Semiárido (Martinez-Alier et al., 2021). A falta de representatividade política e o acesso desigual a recursos e serviços ambientais agravam a vulnerabilidade dessas populações, exigindo políticas públicas que promovam a inclusão, o reconhecimento cultural e a autonomia (Silva & Costa, 2023).

A justiça climática também vem sendo reinterpretada sob uma perspectiva decolonial, que denuncia a imposição de modelos eurocêntricos de desenvolvimento e conservação sobre povos tradicionais. Para Cavallo (2018), a justiça ambiental na América Latina precisa considerar a cosmovisão dos povos indígenas e a diversidade epistemológica das formas de viver e se relacionar com a natureza. Nesse sentido, o enfrentamento da crise climática deve incorporar saberes ancestrais e fortalecer a autodeterminação das comunidades tradicionais,

como estratégia de resistência à colonialidade ambiental imposta por políticas globais uniformizadoras.

Nesse sentido, as Tecnologias Sociais (TS) emergem como estratégias promissoras para a adaptação climática no Semiárido brasileiro. Entre elas, destacam-se as cisternas de placa e os tanques de pedra, que têm contribuído para a redução da vulnerabilidade hídrica e a melhoria das condições de vida dos pequenos agricultores (Queiroz *et al.*, 2022). Contudo, para que essas intervenções alcancem eficácia ampla e duradoura, é fundamental que sejam adaptadas às especificidades locais, com monitoramento e ajustes contínuos, garantindo a participação ativa das comunidades e o respeito às suas necessidades e saberes tradicionais.

Um dos pilares da justiça climática é a construção de mecanismos de governança que assegurem a participação popular na formulação e implementação de políticas ambientais. De acordo com Leach, Scoones e Stirling (2010), uma governança climática justa deve ser sensível aos contextos locais, inclusiva em termos de gênero, etnia e classe social, e atenta à distribuição de riscos e benefícios. No Semiárido brasileiro, isso implica reconhecer os limites das políticas centralizadas e tecnocráticas (“*top-down*”) e fortalecer os espaços de deliberação comunitária, como comitês de bacias hidrográficas, conselhos territoriais e fóruns representativos de populações tradicionais. Esses espaços não apenas democratizam o processo decisório, mas também asseguram que as medidas adotadas estejam alinhadas com os saberes, valores e demandas das comunidades locais.

Essa ampliação dos mecanismos participativos é fundamental para a construção de soluções climáticas mais eficazes e justas, especialmente em contextos marcados por desigualdades estruturais e vulnerabilidades históricas. Ao garantir o protagonismo das populações diretamente afetadas, promovem-se políticas mais sensíveis às realidades territoriais e socioculturais, favorecendo a equidade no acesso a recursos naturais e o reconhecimento dos direitos coletivos.

A justiça climática, intimamente ligada à justiça ambiental e social, tem ganhado crescente relevância como uma abordagem estratégica para a redução das desigualdades socioambientais. Ela promove a preservação da diversidade de formas de vida e a dignidade humana, em consonância com os direitos fundamentais (Rodrigues; Pereira, 2022). Assim, a superação da injustiça climática no Brasil requer políticas públicas integradas que não apenas mitiguem os impactos ambientais adversos, mas também promovam a inclusão social e o desenvolvimento sustentável, assegurando a equidade e a proteção efetiva dos direitos humanos.

A abordagem interseccional é cada vez mais valorizada nos estudos sobre justiça

climática, pois evidencia como gênero, raça, classe e território se cruzam na definição das vulnerabilidades. Fraser (2009) argumenta que a justiça requer não apenas redistribuição material, mas também reconhecimento cultural e representação política. Dessa forma, políticas climáticas justas devem ser desenhadas de forma a enfrentar múltiplas opressões simultaneamente, garantindo voz e agência às mulheres, aos povos originários, aos trabalhadores rurais e às populações negras em situação de pobreza.

Conforme Scotti e Pereira (2022, p. 290),

A justiça climática, compreendida como uma forma de diminuir desigualdades, já que maneja a redução de vulnerabilidades dentro de um contexto (ambiental), corresponde à própria ideia de garantia de direitos disposta no texto constitucional. A garantia da vida humana em sua plenitude pede o respeito aos direitos humanos e isso é tarefa, na categoria de direitos ambientais, dessa justiça que se diz climática, mas tem raiz na ideia de justiça ambiental-social.

Por fim, Peralta (2014) destaca que a persistência das desigualdades socioambientais gera custos ambientais e sociais significativos, incluindo pobreza, falta de saneamento básico, urbanização desordenada e aumento de doenças respiratórias, dermatológicas, gastrointestinais e psicológicas. Esses problemas ambientais repercutem nos âmbitos social, político e econômico, reforçando a necessidade de abordagens que integrem justiça ambiental e social para enfrentar os desafios contemporâneos.

6.4 Relação entre Vulnerabilidade Socioambiental e fatores climáticos no Semiárido

A região do semiárido brasileiro permanece como uma das áreas mais vulneráveis do país às mudanças e à variabilidade climática, especialmente no que tange aos eventos extremos de seca e enchentes, cujos impactos têm se intensificado nas últimas décadas (Silva et al., 2021; Lima; Pereira, 2022). Essa vulnerabilidade climática afeta diretamente setores cruciais como a agricultura familiar, a geração de energia hidrelétrica, a saúde pública e os padrões migratórios. Em particular, a migração forçada por eventos climáticos adversos — frequentemente referida como migração climática ou “refugiados do clima” — tem potencial para agravar problemas sociais já existentes nas áreas urbanas receptoras, como déficit habitacional, desemprego e sobrecarga dos serviços públicos (Mesquita; Wittman; Aroudo Mota, 2016; Delazeri, Cunha e Oliveira, 2022).

Adicionalmente, os estados do Nordeste brasileiro apresentam indicadores sociais e de saúde inferiores à média nacional, o que, combinado com as condições climáticas semiáridas predominantes, intensifica a vulnerabilidade socioambiental das populações locais (Ferreira et al., 2022; Mendes et al., 2023). Essa confluência de fatores evidencia a

urgência de políticas públicas integradas e adaptativas, que considerem as especificidades regionais e promovam a resiliência socioeconômica e ambiental frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

A região semiárida brasileira, caracterizada por uma pluviosidade irregular e influenciada por fenômenos oceânico-atmosféricos, apresenta forte sensibilidade a eventos como El Niño e La Niña. Durante anos de El Niño, especialmente quando acompanhado pela fase positiva do dipolo do Atlântico, ocorre uma redução das chuvas, acentuando períodos de seca na região. Em contraste, o fenômeno La Niña, associado à fase negativa do dipolo, tende a aumentar a pluviosidade, resultando em anos com precipitações acima da média (Silva *et al.*, 2022). Essas variações climáticas impactam diretamente a gestão dos recursos hídricos no semiárido, demandando estratégias de armazenamento e uso sustentável da água para mitigar os efeitos das estiagens prolongadas e das chuvas concentradas em períodos curtos.

Para Marengo (2008, p. 155),

Uma mudança de variabilidade climática aumenta a vulnerabilidade de um sistema ecológico e aumenta as incertezas no processo de administração da água. O termo vulnerabilidade denota um limite onde uma pessoa ou sistema pode ser afetado. Por outro lado, sustentabilidade significa a capacidade de um sistema manter-se em uma determinada condição. Então, a vulnerabilidade denota o ponto onde a sustentabilidade pode ser comprometida. Concluindo, no presente contexto, vulnerabilidade e sustentabilidade são conceitos correlatos, onde uma frágil sustentabilidade de um sistema é entendida como mais vulnerável.

Segundo registros históricos, desde o século XVII, a região enfrenta episódios recorrentes de secas severas, o que evidencia uma longa tradição de desafios relacionados à gestão dos recursos hídricos (Oliveira *et al.*, 2016). Esses eventos são influenciados por fenômenos climáticos como El Niño, que altera os padrões de precipitação, resultando em períodos de seca que são agravados pela variabilidade climática natural (Lima *et al.*, 2019).

Projeções recentes indicam que as mudanças climáticas devem intensificar a frequência e a severidade das secas no semiárido brasileiro, resultando em redução da disponibilidade hídrica e impactos negativos sobre a biodiversidade local, mesmo em ecossistemas adaptados à aridez, como a Caatinga (Santos *et al.*, 2022; Delazeri, Cunha e Oliveira, 2022). Apesar da resiliência de muitas espécies vegetais típicas desse bioma, a intensificação dos estresses hídricos compromete a funcionalidade dos ecossistemas e a provisão de serviços ambientais essenciais. Essa conjuntura é agravada pelos persistentes baixos índices de desenvolvimento humano na região, onde problemas sociais estruturais, como pobreza, precariedade na infraestrutura básica e acesso limitado a serviços públicos,

ampliam a vulnerabilidade das comunidades frente às mudanças climáticas (Cunha, Ferreira e Silva, 2021).

As secas frequentes impactam diretamente o setor agropecuário, em que a produção de alimentos e forragens enfrenta limitações, devido à escassez hídrica. O aumento das temperaturas e a redução da umidade agravam o estresse térmico nos animais, afetando o crescimento, a saúde e a produtividade dos rebanhos. Isso representa um risco significativo para a segurança alimentar e para a sustentabilidade econômica da região, que depende fortemente da agropecuária (Silva *et al.*, 2020).

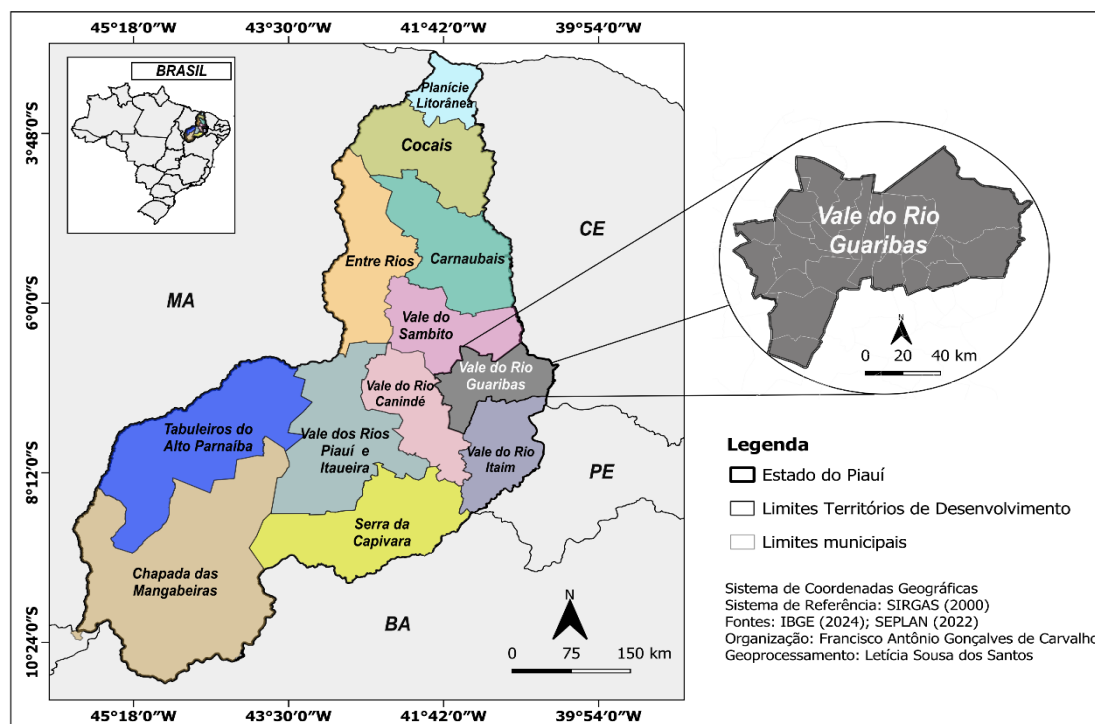
6.5 Vulnerabilidade socioambiental no Vale do Rio Guaribas.

A partir da Constituição Federal de 1988, o Brasil iniciou reforma significativa em sua abordagem à gestão de recursos hídricos, resultando na criação de políticas e órgãos especializados, como a Agência Nacional de Águas (ANA), que passou a coordenar esforços para promover o uso sustentável e equitativo da água. Essa estruturação foi fundamental para enfrentar a escassez de água e promover uma governança descentralizada, com participação dos comitês e conselhos de bacias hidrográficas, que atuam em articulação com as diretrizes internacionais voltadas à segurança hídrica e à justiça ambiental (Nogueira, 2015).

No entanto, o semiárido brasileiro, especialmente estados como Ceará e Piauí, continuam a enfrentar, em muitas de suas áreas, grandes desafios devido sua baixa disponibilidade hídrica e irregularidade pluviométrica.

O Estado do Piauí, com população de 3.271.199 pessoas (IBGE, 2022), está dividido político-administrativamente, em regiões com o objetivo de planejamento, correspondendo, segundo Nobre e Carvalho (2020, p. 187) “a uma configuração regional escalonada e, em certa medida, hierárquica, em que se distinguem as macrorregiões, as mesorregiões ou regiões intermediárias (os Territórios de Desenvolvimento) e as microrregiões (os Aglomerados Municipais)”. O Piauí está dividido em 12 Territórios de Desenvolvimento, em que se destaca a região do Vale do Rio Guaribas, objeto deste estudo, formados por 23 municípios (Figura 6.3).

Figura 6.3: Territórios de Desenvolvimento do Piauí



Fonte: IBGE (2020); Sirgas (2020)

A vulnerabilidade socioambiental da Região do Vale do Rio Guaribas, marcada por secas prolongadas, gera pressões severas sobre as comunidades locais, principalmente entre os pequenos agricultores e pecuaristas, cuja subsistência depende da agricultura de sequeiro. Durante períodos de seca extrema, agravados por fenômenos climáticos como o El Niño, esses agricultores enfrentam dificuldades para manter a produção, o que resulta em perdas agrícolas significativas e intensifica a insegurança alimentar Rockström *et al.*, 2010; Souza, 2019).

Diante dessa situação, políticas de mitigação, como o "Programa Cisternas" e o "Programa Carro-Pipa", têm desempenhado um papel crucial, ao fornecer alternativas de abastecimento para as regiões mais afetadas. O Programa Cisternas, por exemplo, permite o armazenamento de água de chuva, enquanto o Programa Carro-Pipa distribui água potável em áreas isoladas. Apesar da importância desses programas, estudos mostram que eles não conseguem cobrir integralmente a demanda da população, sendo comuns as interrupções e a insuficiência de infraestrutura para atender a todas as localidades necessitadas (Di Giulio *et al.*, 2016).

As consequências sociais das secas prolongadas no Vale do Guaribas, também, incluem o êxodo rural, uma prática recorrente entre as famílias, que migram em busca de melhores condições de vida nas áreas urbanas. Esse movimento impacta negativamente a

economia local, causando perdas de mão de obra e desestruturação familiar, enquanto sobrecarrega as infraestruturas urbanas, que passam a atender uma população migrante e vulnerável (Nobre *et al.*, 2011). Para Tavares *et al.* (2019), a ausência de estratégias eficazes de desenvolvimento adaptativo continua a limitar a resiliência das comunidades frente às adversidades do semiárido.

A implementação de políticas eficazes para a gestão dos recursos hídricos no Brasil continua a enfrentar desafios substanciais, especialmente no que tange à universalização do acesso à água potável (Santos *et al.*, 2022; Oliveira & Ferreira, 2023). A ampliação dos programas existentes, bem como o desenvolvimento de novas iniciativas adaptativas e sustentáveis, é imperativa para garantir a segurança hídrica da população, sobretudo em contextos de escassez prolongada (Mesquita; Wittman; Aroudo Mota, 2016).

Ademais, é crucial que os processos de gestão hídrica sejam estruturados de forma resiliente e contínua, evitando a necessidade de reiniciar integralmente as ações durante períodos críticos, tanto para os comitês e órgãos gestores quanto para as comunidades impactadas pela indisponibilidade do recurso (Lima *et al.*, 2021). Essa abordagem contribui para a manutenção da governança hídrica e para a mitigação dos efeitos adversos da escassez, promovendo maior estabilidade e equidade no acesso à água.

A literatura destaca que a participação ativa da população na gestão hídrica, conforme mencionado por Almeida *et al.* (2021), é crucial para garantir que as políticas atendam efetivamente às necessidades locais e promovam a sustentabilidade a longo prazo. Além disso, o Relatório da ONU sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (2023) enfatiza a importância de um sistema de gestão integrada que priorize a equidade no acesso à água, reconhecendo que a colaboração entre diferentes setores e a sociedade civil é vital para superar os desafios hídricos. Eventos de seca extrema têm impacto profundo na agricultura familiar e na criação de gado, conforme destacado por Souza (2019).

A interrupção dos ciclos de cultivo resulta em perdas significativas, não apenas na produção de alimentos, mas também em termos sociais e econômicos, afetando diretamente a subsistência das famílias rurais. Além disso, a escassez de água e a degradação do solo intensificam a vulnerabilidade desses pequenos produtores, dificultando sua capacidade de se adaptar a condições climáticas adversas. Pesquisas recentes corroboram essa realidade, evidenciando a necessidade urgente de implementar estratégias de gestão hídrica que não apenas mitiguem os efeitos da seca, mas também promovam a resiliência das comunidades afetadas (Silva *et al.*, 2021; Carvalho, 2022).

A mobilização de comunidades em regiões semiáridas está fortemente vinculada a

fatores contextuais e socioeconômicos que incluem a experiência histórica de escassez de água, os impactos diretos das secas e a necessidade de alternativas de subsistência. A implementação de programas como o “Um Milhão de Cisternas” demonstrou que a construção de soluções locais pode não só mitigar a vulnerabilidade frente à escassez, mas também fortalecer o senso de pertencimento e a capacidade de autogestão dos moradores. A educação ambiental e a capacitação técnica surgem como elementos centrais para a criação de redes de apoio e a consolidação de práticas sustentáveis (Silva et al., 2021; Relatório da ONU, 2023).

Em várias localidades do Nordeste, iniciativas comunitárias têm divulgado modelos inovadores de captação e armazenamento de água. A construção de cisternas, a criação de hortas comunitárias irrigadas e a implementação de sistemas de monitoramento colaborativo representam medidas que integraram conhecimentos tradicionais e tecnologias modernas para melhorar a segurança hídrica. Em comunidades onde esses projetos foram implementados, constatou-se uma redução expressiva na vulnerabilidade socioeconômica, com impactos positivos na saúde, na produção agrícola e na qualidade de vida (Souza, 2019).

A governança participativa tende a reduzir os conflitos pelo uso da água, aumentando a coesão social e a resiliência das comunidades. Ao promover a inclusão de diversos atores e a valorização dos saberes locais, os processos participativos conseguem identificar prioridades em consonância com as necessidades específicas de cada território. Além disso, a integração entre diferentes níveis de governo e a articulação de parcerias público-privadas ampliam os recursos disponíveis para a implementação de medidas sustentáveis, contribuindo para a descentralização da gestão hídrica e para a democratização do acesso à água.

Apesar dos benefícios comprovados, a consolidação da governança participativa enfrenta desafios significativos. A desigualdade de poder entre os atores envolvidos, a falta de recursos financeiros e a carência de capacitação técnica podem dificultar a efetividade dos fóruns e conselhos. Ademais, a burocracia e a fragmentação das políticas públicas comprometem a continuidade dos processos participativos. A institucionalização desses mecanismos requer, portanto, não apenas a criação de espaços de diálogo, mas também a implementação de políticas de fortalecimento institucional e de garantia de inclusão social (Carvalho, 2022).

Os pequenos produtores rurais do semiárido nordestino brasileiro dependem majoritariamente da agricultura de sequeiro para sua subsistência, o que os torna altamente

vulneráveis às variações pluviométricas e à irregularidade das chuvas (Rockström et al., 2010; Silva et al., 2021). A dependência de sistemas agrícolas que requerem precipitação natural expõe essas comunidades a estiagens severas, cujos efeitos se manifestam em impactos ambientais, econômicos e sociais amplos e profundos. Conforme destacado por Correia (2003), as secas têm historicamente exercido influência determinante sobre a dinâmica socioeconômica do Nordeste, afetando não apenas o semiárido, onde sua intensidade é maior, mas também o Agreste e outras regiões adjacentes, evidenciando a abrangência e a complexidade do fenômeno.

Ao longo das últimas décadas, o governo brasileiro implementou diversas ações para mitigar a vulnerabilidade das populações rurais em relação à seca. Entre essas iniciativas, destacam-se as políticas públicas que incluem o abastecimento de água por meio de caminhões- pipa e programas de garantia de safra, voltados especialmente para agricultores em situação de vulnerabilidade. Essas medidas foram essenciais para auxiliar a população mais afetada pelos efeitos das secas recorrentes no Nordeste (Nascimento e Santos, 2022; Lima e Magalhães, 2018).

Mesmo com alguns programas voltados para abastecimento de água, a população ainda sofre com a falta de água própria para consumo, no território Vale do Rio Guaribas. Em relação à criação de animais e à plantação de alimentos, a água é praticamente inexistente, pois mesmo a região possuir rios como o Rio Guaribas, Rio Itaim e Rio Riachão, sendo considerados perenes, os mesmos tem secado nas épocas de meados de agosto a dezembro. A falta de água, da chuva ou irrigação, deixa a população à mercê da seca durante o período de verão, onde foi constatado índices baixos de pluviosidade, conforme evidencia a (figura 6.4), dificultando assim a vida da população local.

Figura 6.4: Precipitação na região do vale do Rio Guaribas, dados de 2013 a 2023.



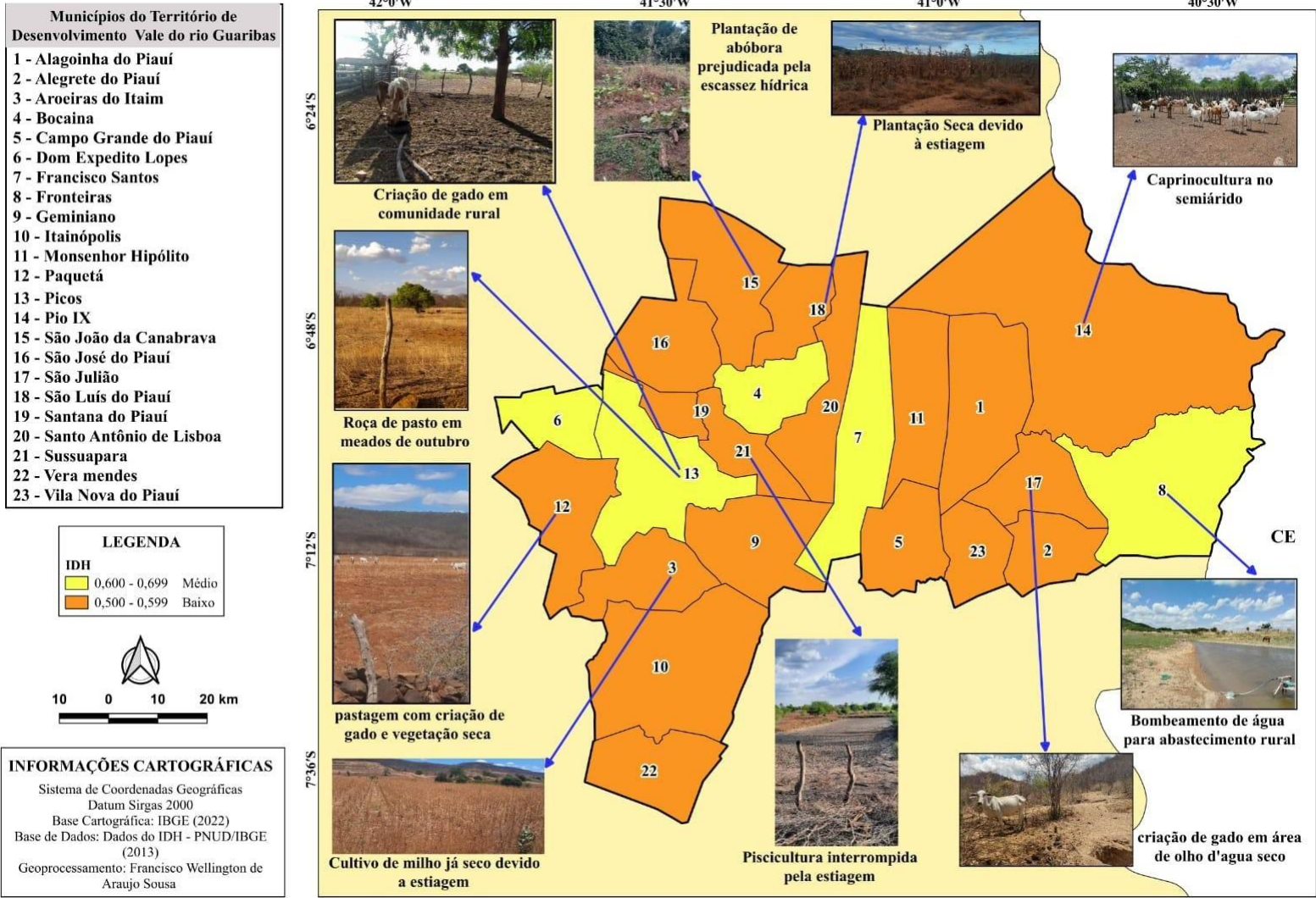
Fonte: Elaborado pelo autor (2025) Estação: Picos A343

A precipitação de índices pluviométricos na região do Vale do Rio Guaribas demonstra que os municípios ao longo dos anos vem passando por estiagens severas, tendo uma recuperação a partir de 2022. Entretanto, fica evidente que o volume de chuva nos últimos anos foi insuficiente para atender as necessidades emergenciais relacionadas a água, dificultando assim, a vida dos moradores locais, e repercutindo também no IDH desses municípios.

Na Figura 6.5 estão apresentados os índices de IDH no território do Vale do Guaribas de acordo com sua classificação, demonstrando o quanto os municípios que compõem o território estão abaixo do esperado para índices de desenvolvimento mediano ou elevados, além de problemas relacionados a escassez hídrica na região, que dificulta a agricultura familiar e criação de animais nas regiões de grandes estiagens que sofrem com a falta de chuva, que consequentemente leva a seca do rio, dos córregos e até tanques, deixando a população à mercê da água de carros-pipa e das cisternas, que por muitas vezes demora a chegar, e quando chega é apenas para o consumo e afazeres domésticos e com racionamento, deixando a plantação e a criação sem nenhuma água para beber e levando muitas vezes a morte dos animais e da plantação, onde a pastagem seca das roças não serve de alimento para os animais.

Esses fatores em conjunto só mostram como a população, principalmente das zonas rurais sofrem e convivem diariamente com a vulnerabilidade socioambiental, que reflete de forma significativa no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

Figura 6.5- IDHM do Vale do Rio Guaribas e a realidade no periodo de estiagem



Fonte: Adaptado de CEPRO (2016)

Ao se analisar o IDHM dos 23 municípios do Território de Desenvolvimento Vale do Rio Guaribas (TD-6), utilizando-se o ano de 2010 como parâmetro analítico, foi verificado que 18 municípios (78,3%) apresentaram nível de desenvolvimento baixo, enquanto 5 municípios (21,7%) apresentaram nível médio (CEPRO, 2016).

Destaca-se que, os valores do IDH são a média aritmética simples de seus três índices componentes: Saúde (Expectativa de Vida ao Nascer), Educação (Taxa de Alfabetização de Adultos e Média de Anos de Estudo dos 10 anos ou mais) e Renda (Produto Interno Bruto em Paridade do Poder de Compra corrigido pela distribuição de renda), pois esses índices são utilizados para o cálculo do IDH.

Foi constatado que, os municípios com menor IDH foram as cidades de Paquetá, com 0,509 (112ª posição) e Vera Mendes, com 0,503 (116ª posição), em relação ao Piauí. Porém, observa-se que todos estão abaixo dos índices base, que são de 0.700 a 0.799, deixando claro que o Vale do Rio Guaribas apresenta Índice de Desenvolvimento Humano abaixo do necessário para o desenvolvimento.

Na Tabela 6.1 estão relacionados os valores do IDH para os municípios da região do Vale do Rio Guaribas, no semiárido nordestino, a partir de dados compilados pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), para as edições de 2000 e 2010 de seu Relatório de Desenvolvimento Humano (CEPRO, 2016).

Tabela 6.1 – IDMH Vale do Rio Guaribas – Cenário para o ano de 2020.

Municípios	DHM 2000	DHM 2010	Crescimento 2000 - 2010	Pontos para atingir 0,700 em 2020	Pontos para atingir 0,800 em 2020
Brasil	0,612	0,727	0,115	-	0,073
Piauí	0,545	0,698	0,162	0,054	0,154
Picos	0,545	0,698	0,153	0,002	0,102
Bocaina	0,483	0,632	0,149	0,068	0,168
Fronteiras	0,421	0,619	0,198	0,081	0,181
Francisco Santos	0,438	0,608	0,170	0,092	0,192
Dom expedito Lopes	0,466	0,601	0,135	0,099	0,199
São Julião	0,436	0,594	0,158	0,106	0,206
Sussuapara	0,390	0,586	0,196	0,114	0,214
Alegrete do Piauí	0,431	0,585	0,154	0,185	0,285
Santo Antônio de Lisboa	0,433	0,584	0,151	0,116	0,216
Santana do Piauí	0,351	0,574	0,223	0,126	0,226
Vila Nova do Piauí	0,357	0,565	0,208	0,135	0,235
Pio IX	0,367	0,564	0,197	0,136	0,236
Geminiano	0,322	0,561	0,239	0,130	0,239
Monsenhor Hipólito	0,409	0,561	0,152	0,139	0,239
Campo Grande do Piauí	0,350	0,560	0,210	0,140	0,240
São João da Canabrava	0,366	0,559	0,193	0,141	0,241

São Luís do Piauí	0,390	0,554	0,164	0,146	0,246
São José do Piauí	0,357	0,552	0,195	0,148	0,248
Itainópolis	0,397	0,541	0,144	0,159	0,259
Alagoinha do Piauí	0,368	0,531	0,163	0,169	0,269
Aroeiras do Itaim	0,208	0,519	0,311	0,181	0,281
Paquetá	0,284	0,509	0,225	0,191	0,291
Vera Mendes	0,358	0,503	0,145	0,197	0,297

Fonte: Fundação CEPRO (2016)

O valor do IDH aumentou de 0,396, em 2000, para 0,573, em 2010, apresentando ganho de 0,177, que representa aumento de 44,7%, mostrando, assim, melhora significativa no IDH da região. O IDH médio da região foi de 0,573 inferior à média nacional de 0,727. Ressalta-se que o município com maior IDH da região foi Picos, com 0,698, enquanto o município com menor IDH foi Bocaina, com 0,632.

Observa-se, ainda que a mediana do IDH da região foi de 0,561, o que significa que metade dos municípios apresentou IDH abaixo de 0,561, enquanto o desvio-padrão do IDH da região foi de 0,045, em torno do valor nacional de 0,031, indicando, portanto, um nível relativamente alto de desigualdade na região. O ranking do IDH Mundi lista municípios com mais de 5.000 habitantes, e os demais, Vera Mendes e Paquetá, têm IDHs muito baixos (0,503 e 0,509), por isso não estão incluídos neste ranking (CIDADES IBGE, 2025).

O maior crescimento entre 2000 e 2010 ocorreu nas cidades mais subdesenvolvidas, por exemplo, Geminiano, que cresceu 0,239, de 0,322 para 0,561. No cenário previsto para 2020, a maioria das cidades precisaria crescer acima de 0,1 IDH para chegar a 0,700, exigindo melhorias significativas em seus valores de IDH. Como exemplos específicos, Alegrete do Piauí precisaria de 0,185, enquanto Vera Mendes precisaria de 0,197, portanto, constata-se que esses municípios enfrentam desafios significativos para alcançar níveis mais elevados de IDH.

A crise hídrica e o baixo desenvolvimento estão intimamente relacionados, pois no semiárido nordestino, a crise hídrica está relacionada ao baixo desenvolvimento, considerando que a região tem poucas chuvas e longas estações secas, o que afeta a lavoura, principal fonte de emprego da região.

O município de Aroeiras do Itaim, por sua vez, aumentou 0,311 IDH no período 2000-2010, porém, ainda apresenta um IDH baixo em 2010 (0,519), de modo que será difícil sustentar seu crescimento com novas crises hídricas mais severas. Na projeção para 2020, os municípios de Alegrete do Piauí, Alagoinha do Piauí, Aroeiras do Itaim, Paquetá, Vera Mendes e Itainópolis teriam os piores índices de desenvolvimento, precisando alcançar entre 0,159 e 0,197 pontos para chegar ao índice ideal. Assim, para identificação do IDHM é feita análise dos índices de educação, longevidade e renda.

A relação entre IDH e crise hídrica também é observada na diferença do IDH que as cidades precisam chegar a 0,700 e 0,800, e na capacidade de enfrentar crises climáticas. Vera Mendes e Paquetá, por exemplo, precisam de um IDH muito maior para chegar a 0,700 e 0,800, e têm menos capacidade de enfrentar a crise hídrica, uma vez que têm menos recursos e ferramentas para construir infraestrutura hídrica, como tanques de água e irrigação.

A crise hídrica também afeta a segurança alimentar e as condições econômicas das famílias rurais, porque as famílias rurais dependem da agricultura para sustentar suas vidas, e a redução agrícola por falta de água levará a mais pobreza e maior êxodo rural, o que levará a mais pressão sobre as cidades vizinhas, como Picos, que já enfrenta problemas com serviços e infraestrutura. As políticas públicas devem ter como objetivo reduzir a vulnerabilidade socioambiental da região, pois isso inclui a construção de caixas d'água e outras infraestruturas de água, além de capacitar a agricultura que possa lidar com as mudanças climáticas, além de maiores políticas assistencialistas às famílias pobres para ajudá-las nas estações secas.

As políticas públicas, também, devem visar investir em educação e saúde, que estão incluídas no IDH, para garantir que o crescimento continue e os municípios atinjam níveis mais elevados de IDH, pois em resumo, os dados sobre o IDH da região do Vale do Rio Guaribas mostram muito crescimento, mas ainda não é suficiente para superar as desigualdades e vulnerabilidades da região.

A crise hídrica, agravada pelas mudanças climáticas, é um grande problema para o desenvolvimento humano nas cidades da região, particularmente aquelas com baixo IDH, e a conexão entre vulnerabilidade socioeconômica e vulnerabilidade ambiental destaca a necessidade de ações integradas e sustentáveis que levem em consideração as necessidades da região e ajudem as comunidades locais a lidar com os desafios climáticos e estruturais, portanto, exigindo uma abordagem abrangente e coordenada para abordar essas questões.

O abastecimento de água no Vale do Guaribas é desigual, e a população e a produção agrícola da região são abastecidas por poços, poços tubulares, cisternas e rios. A tabela 6.2 ilustra os dados do uso desses recursos hídricos nos municípios para o cultivo de lavouras, hortas familiares, pomar, pecuária e piscicultura, e como pode ser visto na tabela, alguns municípios utilizam mais poços tubulares e cisternas, como é o caso de Picos e Pio IX, enquanto outros, como Monsenhor Hipólito e São João da Canabrava, usar mais poços e rios. O que se pode deduzir dessa variabilidade é o desnível com que a água está disponível na região e, portanto, a tabela mostra que o uso de água para o gado é maior do que para qualquer outra finalidade, seguido pelo uso para culturas sazonais. No entanto, o fato de cisternas e poços tubulares serem utilizados para suprir as necessidades hídricas dessas atividades mostra que o

abastecimento de água na região é deficiente, principalmente durante a estação seca. Evidencia-se que o baixo uso de hortas e piscicultura também indica um limite na capacidade de diversificar a agricultura na região devido ao déficit hídrico e à falta de tecnologia de irrigação.

É possível então afirmar que a crise hídrica no Vale do Guaribas é resultado da má gestão hídrica e da falta de políticas conjuntas, pois, as medidas emergenciais, como cisternas e poços tubulares, são insuficientes para atender às necessidades hídricas das pessoas e das fazendas. Depender de caminhões-pipa para entregar água às comunidades é um indicador da vulnerabilidade das comunidades da região e, portanto, as mudanças climáticas estão intensificando a crise hídrica na região, prolongando o período de déficit hídrico e reduzindo a quantidade de água disponível e, portanto, temperaturas mais altas e mudanças climáticas impactam diretamente a quantidade de água subterrânea e o fluxo dos rios, agravando a escassez de água na região e ameaçando a segurança alimentar e hídrica com os problemas hídricos e

Os dados apontam que ações para ajudar as comunidades a se adaptarem às mudanças climáticas são essenciais, como a proteção das bacias hidrográficas e a restauração de áreas degradadas na região, o uso de tecnologia para a captação e armazenamento de água da chuva. Portanto, a crise hídrica e a vulnerabilidade das pessoas andam juntas, pois a falta de água de qualidade afeta a saúde, a educação, o bem-estar e a qualidade de vida das pessoas, e também afeta o desenvolvimento econômico.

Na Tabela 6.2, apresenta-se como ocorre o abastecimento de água e seu uso, para cada município do Vale do Rio Guaribas.

Município	Direcionamento	Rios ou riachos	Poços e/ou cisternas - poços convencionais	Poços e/ou cisternas poços tubulares profundos	Poços e/ou cisternas - cisternas
Alagoinha do Piauí (PI)	Total	82	68	70	1434
	Lavouras temporárias	33	20	15	741
	Horticultura	-	-	-	1
	Lavouras permanentes	4	3	3	49
	Pecuária	45	44	52	601
Alegrete do Piauí (PI)	Total	112	11	72	412
	Lavouras temporárias	62	4	31	237
	Horticultura	-	1	4	6
	Lavouras permanentes	-	-	1	1
	Pecuária	48	4	36	157

	Aquicultura	-	-	-	-
	Total	207	87	77	202
Aroeiras do Itaim (PI)	Lavouras temporárias	48	22	11	46
	Horticultura	-	-	1	1
	Lavouras permanentes	-	1	-	1
	Pecuária	153	62	61	153
	Aquicultura	-	-	1	-
	Total	110	5	57	5
Bocaina (PI)	Lavouras temporárias	43	2	17	-
	Lavouras permanentes	8	-	3	1
	Pecuária	57	3	36	4
	Total	57	21	23	720
Campo Grande do Piauí (PI)	Lavouras temporárias	31	10	6	367
	Horticultura	-	-	2	-
	Lavouras permanentes	-	-	4	41
	Pecuária	24	11	11	310
	Total	37	38	49	12
Dom Expedito Lopes (PI)	Lavouras temporárias	-	5	10	-
	Horticultura	-	-	5	-
	Lavouras permanentes	8	6	7	6
	Sementes e mudas	-	-	-	1
	Pecuária	25	27	24	5
	Aquicultura	-	-	2	-
	Total	-	153	38	479
Francisco Santos (PI)	Lavouras temporárias	-	104	13	123
	Horticultura	-	-	-	4
	Lavouras permanentes	-	9	7	80
	Pecuária	-	40	18	271
	Total	457	54	269	817
Fronteiras (PI)	Lavouras temporárias	155	23	74	383
	Pecuária	290	30	186	417
	Aquicultura	-	-	1	-
	Total	72	28	143	189
Geminiano (PI)	Lavouras temporárias	20	13	41	75
	Horticultura	-	-	2	-
	Lavouras permanentes	-	-	5	14
	Total	72	28	143	189

	Pecuária e criação de outros animais	52	15	92	96
	Aquicultura	-	-	3	-
	Total	451	88	343	576
Itainópolis (PI)	Lavouras temporárias	94	22	75	119
	Horticultura	2	2	3	-
	Lavouras permanentes	4	2	5	3
	Pecuária	333	55	232	440
	Aquicultura	9	1	20	5
	Total	705	460	465	425
Itaueira (PI)	Lavouras temporárias	457	304	305	260
	Horticultura	-	-	-	1
	Lavouras permanentes	21	19	13	15
	Pecuária	210	128	135	142
	Aquicultura	-	-	1	1
	Total	7	6	50	981
Monsenhor Hipólito (PI)	Lavouras temporárias	-	1	13	492
	Horticultura	-	-	-	-
	Lavouras permanentes	-	1	10	213
	Pecuária	4	4	26	275
	Aquicultura	-	1	6	-
	Total	893	456	487	2855
Picos (PI)	Lavouras temporárias	148	60	79	224
	Horticultura	-	7	12	1
	Lavouras permanentes	3	2	18	15
	Pecuária	191	114	294	244
	Aquicultura	-	1	6	-
	Total	350	185	414	488
Pio IX (PI)	Lavouras temporárias	299	135	119	1648
	Horticultura	-	1	3	14
	Lavouras permanentes	5	3	10	224
	Pecuária	561	305	340	934
	Aquicultura	-	1	6	-
	Total	143	32	11	102
Santana do Piauí (PI)	Lavouras temporárias	91	21	3	63
	Horticultura	5	4	1	5
	Lavouras permanentes	2	-	-	-
	Pecuária	45	7	7	34
	Total	67	19	50	164
Santo	Total	67	19	50	164

Antônio de Lisboa (PI)	Lavouras temporárias	20	8	2	29
	Horticultura	-	-	1	1
	Lavouras permanentes	4	4	30	83
	Sementes e mudas	-	-	1	1
	Pecuária	41	7	16	49
São João da Canabrava (PI)	Total	54	20	21	37
	Lavouras temporárias	28	9	8	22
	Horticultura	-	-	2	-
	Lavouras permanentes	-	-	-	2
	Pecuária	25	11	11	13
São José do Piauí (PI)	Total	19	18	45	614
	Lavouras temporárias	10	9	16	363
	Horticultura	-	-	1	-
	Lavouras permanentes	-	-	5	16
	Mudas e sementes	-	-	-	1
	Pecuária	9	9	23	231
São Julião (PI)	Total	159	54	109	478
	Lavouras temporárias	45	15	28	160
	Horticultura	-	1	-	1
	Lavouras permanentes	-	1	1	1
	Pecuária	113	37	79	314
São Luis do Piauí (PI)	Total	210	-	4	63
	Lavouras temporárias	88	-	-	26
	Lavouras permanentes	-	-	1	-
	Pecuária	106	-	2	31
Sussuapara (PI)	Total	170	44	203	32
	Lavouras temporárias	73	17	64	8
	Horticultura	6	4	23	1
	Lavouras permanentes	4	-	14	4
	Pecuária	84	23	92	18
	Aquicultura	3	-	9	1
Vera Mendes (PI)	Total	181	19	80	262
	Lavouras temporárias	28	4	15	47
	Lavouras permanentes	-	-	-	-
	Pecuária	151	15	64	211

Vila Nova do Piauí (PI)	Aquicultura	-	-	1	-
	Total	84	52	83	571
	Lavouras temporárias	56	24	35	328
	Horticultura	-	-	-	1
	Lavouras permanentes	-	1	2	5
	Pecuária e	28	23	45	215

Fonte: Extraído do SIDRA/IGBE (2025)

Os dados da Tabela 6.2 também mostram que, na maioria dos municípios, a oferta de água é insuficiente para a demanda mínima da população, o que agrava a vulnerabilidade social e dificulta o alcance das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente aquelas relacionadas à água e ao saneamento, à redução das desigualdades e ao combate às mudanças climáticas. Nesse contexto, este estudo reforça a necessidade de investimento em políticas públicas voltadas para a água e o esgotamento sanitário, bem como tecnologia para a vida no semiárido.

6.6 Integração entre Vulnerabilidade Socioambiental, Acesso à Água e Desenvolvimento Humano no Semiárido

A inter-relação entre vulnerabilidade socioambiental, acesso à água e desenvolvimento humano é um tema central na compreensão dos desafios enfrentados pelas populações do semiárido brasileiro. Em regiões como o Vale do Guaribas, a escassez hídrica não é apenas um problema ambiental, mas um fator intrínseco à reprodução de desigualdades sociais e à limitação do desenvolvimento humano. Essa integração pode ser analisada sob três dimensões interdependentes.

A vulnerabilidade socioambiental envolve a exposição de comunidades a riscos decorrentes de degradação ambiental, precariedade de infraestrutura, pobreza e baixos indicadores de desenvolvimento humano. Estudos recentes demonstram que os territórios com menor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e maior Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) são os que apresentam as condições mais críticas para acesso à água potável e saneamento básico. Nas áreas do semiárido, onde eventos climáticos extremos (como secas prolongadas e a irregularidade das chuvas agravadas por fenômenos como o El Niño) são recorrentes, essa vulnerabilidade se intensifica, perpetuando ciclos de pobreza e exclusão social (Silva et al., 2021).

O acesso à água potável é um direito humano fundamental e um dos pilares para a

melhoria dos indicadores de saúde, educação e renda das comunidades. Em muitas regiões semiáridas, a oferta hídrica enfrenta limitações estruturais, o que repercute diretamente na qualidade de vida dos moradores. Quando a população não tem acesso seguro e contínuo à água, os impactos são multidimensionais: há maior incidência de problemas de saúde, dificuldades no desenvolvimento infantil e fatores que prejudicam a produtividade agrícola. Por sua vez, a falta de infraestrutura para o abastecimento e a precariedade dos sistemas de distribuição evidenciam a necessidade de instrumentos robustos de monitoramento e intervenção (Carvalho, 2022).

Nesse sentido, os indicadores como o acesso domiciliar à água potável funcionam não apenas como reflexo de uma política pública deficiente, mas também como preditores do desenvolvimento humano regional. Estudos empíricos, baseados em levantamentos de campo e análises estatísticas, apontam que melhorias no acesso à água e na gestão dos recursos hídricos resultam em ganhos expressivos no IDH e na redução do IVS, evidenciando que o fortalecimento das políticas públicas pode ser um motor para a transformação social. Portanto, o desenvolvimento humano em regiões vulneráveis depende da capacidade das políticas públicas em promover infraestrutura, educação, saúde e inclusão social.

Quando os programas voltados para a ampliação do acesso à água são eficazes, eles contribuem para elevar os índices de desenvolvimento, reduzir desigualdades e aumentar a resiliência das comunidades frente aos desafios climáticos. No entanto, a relação entre esses fatores é bidirecional: a melhoria do desenvolvimento humano promove a criação de condições melhores para a gestão dos recursos naturais, enquanto a sustentabilidade ambiental fortalece o potencial de inclusão social e a redução da pobreza.

Apesar dos avanços teóricos e de iniciativas emergenciais, as políticas públicas de acesso à água e mitigação da vulnerabilidade socioambiental no semiárido apresentam falhas estruturais e entraves institucionais. Entre os principais pontos críticos, destaca-se a implementação de programas de acesso à água, como a construção de cisternas e a distribuição de veículos-pipa, frequentemente ocorre de forma isolada e pontual, sem a integração necessária entre diferentes órgãos e setores. Essa fragmentação impede uma abordagem sistêmica que considere as especificidades regionais e a continuidade dos investimentos, comprometendo a transformação sustentável dos territórios (ANA, 2023). Destaca-se também a ausência de mecanismos efetivos para a participação social tem sido apontada como um obstáculo significativo. A governança participativa, envolvendo o Estado, usuários, comunidades locais e ONGs, é essencial para que as políticas públicas reflitam as necessidades e as potencialidades dos territórios. Sem essa integração, as decisões tendem a

ser centralizadas e pouco sensíveis às realidades locais, agravando a vulnerabilidade socioambiental (Sordi; Vaz 2021).

Outro entrave é a desigualdade no acesso e na manutenção das soluções hídricas implementadas. Embora programas de captação e armazenamento de água tenham alcançado certos avanços, a distribuição dos recursos continua a ser desigual entre áreas urbanas e rurais, e entre municípios com diferentes capacidades administrativas. A falta de manutenção regular das infraestruturas geradas (cisternas, reservatórios) compromete sua eficácia a longo prazo, contribuindo para o agravamento das condições de vulnerabilidade (Bartoli; Villa, 2019).

Os entraves burocráticos e a sobreposição de competências entre os níveis federal, estadual e municipal dificultam uma resposta ágil e efetiva à crise hídrica. A morosidade dos processos de licenciamento ambiental e a insuficiência de financiamento público para inovação e manutenção das políticas implementadas são desafios que perpetuam os problemas de acesso à água, mesmo em contextos de disponibilidade crescente de tecnologias e conhecimentos (Maia, 2020).

Assim, com base nos desafios identificados pela literatura científica recente, recomenda-se que gestores e formuladores de políticas considerem as seguintes diretrizes para aprimorar as estratégias de acesso à água e redução da vulnerabilidade socioambiental no semiárido, através de planos de gestão ou de agendas manuais, que visem a saber: 1) Estabelecer e consolidar conselhos de bacia e comitês de gestão que reúnam representantes do governo, sociedade civil e usuários locais, permitindo que as decisões reflitam as diversidades culturais e as necessidades específicas dos territórios. 2) Promoção de ações integradas entre setores como saúde, educação, agricultura e meio ambiente, de forma a abordar as dimensões da vulnerabilidade de maneira holística, 3) Priorização da implementação e a manutenção de soluções de captação e distribuições de água que sejam adaptadas às realidades locais, como cisternas e sistemas de microirrigação, associadas a programas de capacitação comunitária, 3) Utilização de indicadores como o IDH, o IVS e dados de acesso à água potável para monitorar e avaliar o impacto das políticas implementadas, permitindo ajustes dinâmicos e orientados por evidência e 4) Redução da Burocracia e Centralização de Recursos ao simplificar os processos de licenciamento ambiental e melhorar a articulação entre as esferas governamentais, garantindo que os recursos financeiros e técnicos sejam direcionados de forma robusta e contínua para as áreas mais vulneráveis.

A inter-relação entre vulnerabilidade socioambiental, acesso à água e desenvolvimento humano revela que a segurança hídrica é tanto um desafio quanto uma oportunidade para promover equidade e justiça social em regiões semiáridas. Superar os entraves das políticas

públicas exige uma abordagem multidimensional que combine participação social, inovação tecnológica e integração intersetorial. A partir dessa perspectiva, as futuras intervenções poderão não apenas mitigar os riscos imediatos da seca e da insegurança hídrica, mas também construir as bases para um desenvolvimento humano sustentável e resiliente no semiárido.

6.7 Considerações finais

A construção de barragens, a implantação de sistemas de dessalinização e o uso de tecnologia de captação de água da chuva são essenciais para garantir o abastecimento de água da população, pois, além disso, há necessidade de melhores políticas de gestão da água, bem como uma maior integração entre as ações emergenciais e o planejamento público na região. Assim, também é importante ressaltar que a participação da população local na gestão da água é essencial, uma vez que permite políticas mais eficazes, participativas e regionalizadas, bem como maior conscientização sobre a necessidade do uso racional da água.

A educação ambiental, aliada à capacitação técnica, pode contribuir para o fortalecimento das competências locais e o desenvolvimento de uma cultura sustentável para o uso da água, e por isso, em síntese, os dados do estudo corroboram os resultados da crise hídrica no Vale do Rio Guaribas, indicando a falta de serviços básicos e a ausência de uma boa gestão hídrica como os principais fatores de risco socioambiental no território. Isso traz luz também à necessidade de uma perspectiva integrada e sustentável da gestão da água, levando em consideração os aspectos técnicos, sociais e ambientais, e assim, enfatiza a importância das políticas públicas, das novas tecnologias e da boa governança da água na garantia da segurança hídrica e na promoção do desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino.

A mobilização comunitária e a governança participativa representam uma abordagem inovadora e necessária para a gestão dos recursos hídricos, especialmente em regiões marcadas por vulnerabilidades agudas, como o semiárido brasileiro. A integração dos saberes locais, a participação ativa dos cidadãos e a articulação de espaços colaborativos têm demonstrado sua eficácia na promoção da justiça hídrica e na construção de soluções resilientes. Embora desafios institucionais e operacionais persistam, a experiência acumulada – tanto em nível nacional quanto internacional – evidencia que políticas de participação e engajamento podem transformar o cenário da gestão hídrica, garantindo sustentabilidade e equidade.

Futuras investigações devem aprofundar a análise dos impactos de tais mecanismos em termos de melhoria da qualidade de vida, redução da vulnerabilidade socioeconômica e

eficácia dos sistemas de captação e distribuição da água. Além disso, é fundamental que as políticas públicas evoluam para incorporar mecanismos de monitoramento, avaliação e adaptação contínua, assegurando que as lições aprendidas no campo sejam constantemente integradas às práticas de gestão e governança dos recursos hídricos.

A partir dos problemas hídricos e sociais, conseguiu-se apontar as principais áreas de vulnerabilidade ambiental, tanto com relação ao Índice de Desenvolvimento Humano, como por imagens de algumas áreas rurais pertencentes ao Vale do Rio Guaribas. Assim, quando analisado o clima, distribuição de água, períodos chuvosos, períodos de seca, foi observado que, pelo menos 6 dos 23 municípios têm índices de vulnerabilidade socioambiental muito grande, mesmo ao se comparar com cidades que, também, estão com índice de desenvolvimento baixo. Diante disso, percebe-se que, para compreender a realidade da vida e da adaptação da população ao clima quente e seco do semiárido, é necessário considerar como ela convive com a crise hídrica e social, especialmente durante os períodos de estiagem. Nesses momentos, a vulnerabilidade da população se intensifica, pois ela fica completamente dependente das operações de distribuição de água, que frequentemente demoram a chegar e, quando finalmente são realizadas, muitas vezes não conseguem atender às necessidades básicas da comunidade.

Ressalta-se, ainda, a necessidade de uma perspectiva integrada e sustentável da gestão da água, levando em consideração os aspectos técnicos, sociais e ambientais, e assim, enfatiza a importância das políticas públicas, das novas tecnologias e da boa governança da água na garantia da segurança hídrica e na promoção do desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino.

6.8 Referências

- ACSELRAD, H. **Justiça ambiental: construção e defesa de territórios de resistência**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.
- ADGER, W. N. **Vulnerability**. *Global Environmental Change*, v. 16, n. 3, p. 268-281, 2006.
- ALMEIDA, H. A. de. Índices de secas e a influência do fenômeno El Niño na estação chuvosa de Ipiaú, BA. **Agrotrópica**, v. 29, n. 1, p. 51-62, 2017.
- BRASIL. **Lei Federal nº 9.433/97**: Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm#:~:text=Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de,28%20de%20dezembro%20de%201989.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Relatório Anual de Recursos Hídricos 2023. Brasília: ANA, 2023.

BORTOLI, K. C. R. de; VILLA, S. B. Adequação ambiental como atributo facilitador da resiliência no ambiente construído em Habitações de Interesse Social. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 1, p. 391-422, 2019.

BRASIL. **Lei Estadual nº 5.165/2000**: Política Estadual de Recursos Hídricos no Piauí. Brasília, 2000. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=151141>

BULLARD, R. D. (Ed.). **Confronting environmental racism: Voices from the grassroots**. South End Press, 1993.

BURITI, C. de O.; BARBOSA, Humberto Alves. Secas e vulnerabilidade socioambiental no semiárido brasileiro: a institucionalização dos estudos científicos e das políticas hídricas na região. **Ciência Geográfica**, v. 23, n. 1, p. 276-282, 2019.

CAVALLO, G. A. Conhecimentos ecológicos indígenas e recursos naturais: a descolonização inacabada. **Estudos Avançados**, v. 32, 94, p. 373-390, 2018.

CEPRO - Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí. **Estudo sobre o IDH no Vale do Guaribas**. Teresina: Fundação Cepro, 2016.

CUNHA, M. C. L.; FERREIRA, T. C.; SILVA, S. R. P. Cenários de mudanças climáticas influenciando a germinação e vigor de sementes de *Mimosa tenuiflora* e *Genostigma pyramidalis*. **Revista Principia**, n. 54, p. 62-70, 2021

CARVALHO, A. G. N. C. Análise estatística para avaliação sazonal da qualidade da água do igarapé Pau-Cheiroso, Igarapé-Açu-PA. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 11, p. 150-165, 2022.

DELAZERI, L. M. M.; CUNHA, D. A.; OLIVEIRA, L. R. Climate change and rural–urban migration in the Brazilian Northeast region. **GeoJournal**, v. 87, n. 3, p. 2159-2179, 2022.

Di GIULIO, GABRIELA et al. Adaptação climática: Fronteiras do conhecimento para pensar o contexto brasileiro. **Estudos Avançados**, v. 30, p. 25-41, 2016.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre A Região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. 2005.

FREIRE, F. L.; BONFIM, L. A.; NATEZON, E. Vulnerabilidade socioambiental e resiliência: desafios para a gestão de desastres no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 45-60, 2014

FERREIRA, L. M.; COSTA, F. A. Socioeconomic vulnerability and climate change in Northeast Brazil: challenges for sustainable development. *Sustainability Science*, v. 16, n. 3, p. 987-1002, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00889-7>

FERREIRA, L. M. et al. Governance challenges in climate adaptation: lessons from the Brazilian semi-arid region. *Climate Policy*, v. 22, n. 7, p. 891-907, 2022. <https://doi.org/10.1080/14693062.2022.2041234>

FRASER, N. Reenquadrando a justiça em um mundo globalizado. **Lua Nova: Revista de cultura e política**, p. 11-39, 2009.

HERCULANO, S. O clamor por justiça ambiental e contra o racismo ambiental. **Revista de gestão integrada em saúde do trabalho e meio ambiente**, v. 3, n. 1, p. 1-20, 2008.

HUANG, J. et al. Global semi-arid climate change over last 60 years. **Climate Dynamics**, v. 46, p. 1131-1150, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Brasília, 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>. Acesso em: 18 mar. 2025.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Piauí. Panorama**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/panorama>. Acesso em: 15 mar. 2025.

IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Cambridge University Press, 2021.

KHALKHALI, M. et al. Decentralized water management systems: Case study of New York City. **Water Science and Technology**, v. 84, n. 1, p. 129-141, 2021. DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2021.169>.

KLEIN, N. **This changes everything: Capitalism vs. the climate**. Simon and Schuster, 2014.

LEACH, M; STIRLING, A.C.; SCOONES, I. **Dynamic sustainabilities: technology, environment, social justice**. Taylor & Francis, 2010.

LIMA S. S. et al. Turismo e segurança hídrica: desafios na Ilha do Combu, Pará. **Turismo e Sociedade**, v. 13, n. 1, 2020.

LIMA, L. F. A. A importância do Brasil em um provável cenário de crise hídrica mundial. **Escola de comando e estado-maior do Exército da escola Marechal Castello Branco**. 2018b

LIMA, S. S. et al. Diversidade da fauna epígea em diferentes sistemas de manejo no semiárido. **Agrarian**, v. 12, n. 45, p. 328-337, 2019.

LIMA, J. A et al. Eficiência da gestão hídrica através de cisternas de placas. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 15, n. 2, p. 26-38, 2021.

LIMA R., J.; MAGALHÃES, R. A. Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21. **Parcerias Estratégicas**, v. 23, n. 46, 2018

LIMA PEREIRA, G. **Direitos humanos e migrações forçadas: introdução ao direito migratório e ao direito dos refugiados no Brasil e no mundo**. Editora da PUCRS, 2022.

MAIA, A. C. J. et al. Reservatório para armazenamento de água da chuva em edificações na cidade de Maceió–AL. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 6, n. 2, p. 219-219, 2020.

MARENGO, J. A. et al. Increase risk of drought in the semiarid lands of Northeast Brazil due to regional warming above 4 C. In: **Climate change risks in Brazil**. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 181-200.

MAGALHÃES, A. R. Impactos das secas no Nordeste brasileiro: desafios para a segurança

hídrica e alimentar. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, p. 45-62, 2016.

MAGALHÃES, D. O. Mudanças climáticas e segurança hídrica no Brasil: uma análise das regiões. **Cadernos de Gestão**, v. 26, n. 3, p. 221-239, 2016.

MAGALHÃES, H. F. *et al.* Perceptions of risks related to climate change in agroecosystems in a semi-arid region of Brazil. **Human Ecology**, v. 49, p. 403-413, 2021.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, v. 22, p. 83-96, 2008.

MARENGO, J. A. CUNHA, A. P.; SOARES, W. R.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M.; BRITO, S. S. B.; CUARTAS, L. A.; LEAL, K. D.; RIBEIRO NETO, G.; ALVALÁ, R. C. S.; MAGALHÃES, A. R. **Increase risk of drought in the semiarid lands of Northeast Brazil due to regional warming above 4 °C**. In: NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. (Ed.). *Climate change risks in Brazil*. New York: Springer International, 2019. p. 181-200.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Secas no Semiárido brasileiro: impactos e adaptações. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 1, p. 95-110, 2020.

MARTINEZ ALIER, J. O ecologismo dos pobres: conflitos ambientais e linguagens de valoração. In: *O ecologismo dos pobres: conflitos ambientais e linguagens de valoração*. 2009. p. 379-379.

MARTINEZ-ALIER, J. *et al.* Environmental justice and the global South: new perspectives and challenges. *Global Environmental Change*, v. 69, p. 102303, 2021.

MARTINS, E. S. P. R.; COELHO, C. A. S.; HAARSMA, R.; OTTO, F. E. L.; KING, A. A.; OLDENBORGH, G. J. van; KEW, S.; PHILIP, S.; VASCONCELOS JUNIOR, F. C.; CULLEN, H. A multimethod attribution analysis of the prolonged Northeast Brazil hydrometeorological drought (2012-2016). **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 90, p. S65-S69, jan. 2018. DOI: 10.1175/BAMS-D-17-0102.1.

MESQUITA, P. S.; WITTMAN, H.; AROUDO MOTA, J. Climate variability, agricultural livelihoods and food security in semiarid Brazil. **Sustainability in Debate/Sustentabilidade em Debate**, v. 7, n. 3, 2016.

NOBRE, C. A.; DANTAS, T. L.; OLIVEIRA, A. S. Mudanças climáticas e o Semiárido: desafios para a segurança hídrica e alimentar. **Climatologia e Sociedade**, v. 9, p. 120-136, 2022.

NOBRE, C. E.; CARVALHO, K. C. M. Regionalização do Piauí como estratégia de desenvolvimento territorial: considerações a partir da distribuição de recursos orçamentários. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**. Três Lagoas, v. 1, n. 32, 2020.

PERALTA, C. E. A justiça ecológica como novo paradigma da sociedade de risco contemporânea. In: PERALTA, C. E.; ALVARENGA, L. J.; AUGUSTIN, S. (Org.). *Direito e justiça ambiental: diálogos interdisciplinares sobre a crise ecológica*. Caxias do Sul: EDUCS, 2014. p. 13-29.

QUEIROZ, D.B.; CAVALCANTE, A. M. B.; LIMA, P. V. P. S.; SILVA, EMERSON, M.

Tecnologias sociais na redução da vulnerabilidade às mudanças climáticas nos municípios do Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, n. 2, p. 261-268, 2022.

SCOTTI, G.; PEREIRA, D.. Injustiça Climática: A Desigualdade Social como Violação à Garantia de Direitos. **Direito Público**, v. 19, n. 104, 2022.

SORDI, V. F. ; VAZ, C. S. M. Os principais desafios Para a popularização de práticas inovadoras de agricultura inteligente. **Desenvolvimento em Questão**, v. 19, n. 54, p. 204-217, 2021.

RODRIGUES, G. Scotti; PEREIRA, D. Quem precisa de Justiça Climática? Um debate sobre desigualdades. **Cadernos Adenauer**, ano XXIV, n. 3, 2023.

PEREIRA, D. O que é justiça climática. **Consultor Jurídico**, Opinião. Maio 2023. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2023-mai-16/diego-pereira-justica-climatica/>. Acesso em: 14 out. 2024.

RODRIGUES, G. S; PEREIRA, D. Justiça climática e direitos humanos: uma análise crítica. **Revista Brasileira de Direito Ambiental**, v. 27, n. 105, p. 279-295, 2022.

ROCKSTRÖM, J.; FALKENMARK, M. Semiarid crop production from a hydrological perspective: gap between potential and actual yields. **Critical reviews in plant sciences**, v. 19, n. 4, p. 319-346, 2010.

SACHS, I. Rumo à ecossocioeconomia: teoria e prática do desenvolvimento. São Paulo: Cortez, 2015.

SANTOS, A. C.; DE CEBALLOS, B. S. O.; DE SOUSA, C. M. Políticas públicas de água e participação no semiárido: limites e tensões no P1MC. **Revista eletrônica de gestão e tecnologias ambientais**, v. 1, n. 1, p. 145-161, 2013.

SANTOS COSTA, A. et al. Environmental correlates of seed weight of tropical semi-arid woody species. **Plant and Soil**, v. 446, p. 369-378, 2020.

SCHLOSBERG, D.; COLLINS, L. B. From environmental to climate justice: climate change and the discourse of environmental justice. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 5, n. 3, p. 359-374, 2014.

SILVA, A. O. et al. Produção de rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando água salina do Semiárido-PE e rejeito de dessalinizador. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 147-155, 2011.

SOUZA, R. F.; CARVALHO, J. L.; MEDEIROS, J. A. Riscos climáticos para a agricultura no Semiárido do Brasil. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 14, n. 4, p. 213-227, 2019.

SOUZA, M. A. A hegemonia ideológica do conceito de agronegócio como modelo de desenvolvimento prioritário para o espaço agrário brasileiro: notas para um debate/The ideological hegemony of the agribusiness concept as a model of priority development for the brazilian agrarian space: notes for a debate. **Geografia em Atos (Online)**, v. 3, n. 10, p. 50-72, 2019.

TRAVASSOS, Ibrahim Soares; DE SOUZA, Bartolomeu Israel; DA SILVA, Anieres Barbosa. Secas, desertificação e políticas públicas no semiárido nordestino brasileiro. **OKARA: Geografia em debate**, v. 7, n. 1, 2013.

VIEIRA, V. P. P. B. Desafios da gestão integrada de recursos hídricos no semi-árido. **Revista brasileira de recursos hídricos**, v. 8, n. 2, p. 7-17, 2003.

ZANELLA, Maria Elisa. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 36, p. 126-142, 2014.

7 **GESTÃO PÚBLICA E HIDROGRAFIA: UM ESTUDO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUARIBAS, PIAUÍ, BRASIL**

*PUBLIC MANAGEMENT AND HYDROGRAPHY: A STUDY OF THE OF THE
GUARIBAS RIVER BASIN, PIAUÍ, BRAZIL*

*GESTIÓN PÚBLICA E HIDROGRAFÍA: UN ESTUDIO DE LA CUENCA DEL RÍO
GUARIBAS, PIAUÍ, BRASIL*

RESUMO

O presente artigo analisa a gestão das bacias hidrográficas, concentrando-se na bacia do Rio Guaribas, localizada no estado do Piauí. O estudo visa apresentar a estrutura de gestão hídrica e as políticas implementadas nessa área, além de caracterizar os principais rios e barragens que integram a bacia. Para isso, foi utilizada a metodologia de revisão bibliográfica, complementada pela elaboração de mapas de localização que foram criados a partir de arquivos vetoriais (shapefiles) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e dados da Agência Nacional de Águas (ANA) sobre cursos d'água e limites da bacia. Os mapas foram desenvolvidos utilizando o software QGIS (versão 3.32.3), com o referencial geodésico baseado no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000), que é o datum oficial do Brasil. Os resultados do estudo destacam a relevância das políticas de gestão hídrica, principalmente em períodos de escassez de água. Embora os rios da bacia atinjam sua capacidade máxima durante as cheias, a gestão inadequada limita a construção de reservatórios e canais essenciais para a retenção de água nas secas. A pesquisa aponta que, atualmente, apenas a Barragem de Bocaina possui capacidade de armazenamento ao longo do ano, evidenciando a necessidade urgente de melhorias na gestão e na infraestrutura hídrica da região para assegurar a disponibilidade de água e enfrentar os desafios climáticos e socioeconômicos.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão Hídrica. Bacias hidrográficas. Rio Guaribas. Rios.

ABSTRACT

This article analyzes the management of hydrographic basins, focusing on the Guaribas River basin located in the state of Piauí. The study aims to present the structure of water management and the policies implemented in this area, as well as to characterize the main rivers and reservoirs within the basin. The methodology employed was a literature review, supplemented by the creation of location maps using vector files (shapefiles) from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) and data from the National Water Agency (ANA) regarding watercourses and basin limits. The maps were developed using QGIS software (version 3.32.3), with the geodetic reference based on the Geocentric Reference System for the Americas (SIRGAS 2000), the official datum of Brazil. The study highlights the importance of water management policies, especially during periods of water scarcity. Although the rivers of the basin reach their maximum capacity during floods, inadequate management limits the construction of essential reservoirs and channels for water retention during droughts. The research indicates that currently, only the Bocaina Dam has the capacity to store water throughout the year, underscoring the urgent need for improvements in the management and hydraulic infrastructure of the region to ensure water availability and address climatic and socioeconomic challenges.

KEYWORDS: Water Management. Watersheds. Guaribas River. Rivers.

RESUMEN

Este artículo analiza la gestión de las cuencas hidrográficas, centrándose en la cuenca del río Guaribas, ubicada en el estado de Piauí. El estudio tiene como objetivo presentar la estructura de la gestión del agua y las políticas implementadas en esta área, así como caracterizar los principales ríos y embalses dentro de la cuenca. La metodología utilizada fue una revisión bibliográfica, complementada por la creación de mapas de localización mediante archivos vectoriales (shapefiles) del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) y datos de la Agencia Nacional de Aguas (ANA) sobre cursos de agua y límites de cuenca. Los mapas se desarrollaron utilizando el software QGIS (versión 3.32.3), con la referencia geodésica basada en el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS 2000), que es el datum oficial de Brasil. El estudio destaca la importancia de las políticas de gestión del agua, especialmente en períodos de escasez hídrica. Aunque los ríos de la cuenca alcanzan su capacidad máxima durante las inundaciones, la gestión inadecuada limita la construcción de embalses y canales esenciales para la retención de agua durante las sequías. La investigación indica que actualmente solo la represa de Bocaina tiene la capacidad de almacenar agua a lo largo del año, lo que subraya la necesidad urgente de mejoras en la gestión y la infraestructura hidráulica de la región para asegurar la disponibilidad de agua y enfrentar los desafíos climáticos y socioeconómicos.

PALABRAS CLAVE: Gestión del Agua. Cuencas hidrográficas. Río Guaribas. Ríos.

7.1 Introdução

A intensificação da demanda por recursos naturais, impulsionada pelo crescimento populacional, urbanização e expansão das atividades produtivas, tem colocado a gestão dos recursos hídricos no centro do debate ambiental contemporâneo, tanto no Brasil quanto em escala global (ANA, 2022; FAO, 2023). A crescente pressão sobre os sistemas hídricos, associada aos efeitos das mudanças climáticas e à degradação ambiental, evidencia a necessidade de práticas de gestão integradas, adaptativas e sustentáveis, especialmente em regiões semiáridas e vulneráveis (Mendes *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2023).

No cenário internacional, a crise hídrica foi reconhecida como um dos principais desafios do século XXI desde a Conferência de Estocolmo (1972) e, mais recentemente, reafirmada nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 6), que visam assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todos até 2030 (UNICEF; WHO, 2021). Dados atualizados indicam que cerca de 2,2 bilhões de pessoas ainda não têm acesso a serviços de água potável gerenciados de forma segura, e aproximadamente 4,2 bilhões carecem de saneamento básico adequado, ressaltando a magnitude do problema (WHO; UNICEF, 2021).

No contexto brasileiro, a gestão das bacias hidrográficas consolidou-se como estratégia fundamental para o enfrentamento dos desafios relacionados à escassez hídrica, conflitos pelo uso da água e degradação dos ecossistemas aquáticos (ANA, 2022; Souza *et al.*, 2021). A partir da década de 1990, o país adotou um modelo de gestão descentralizada e participativa, fundamentado na Lei nº 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de

Recursos Hídricos e estabeleceu os comitês de bacia como instâncias colegiadas de deliberação, promovendo a integração entre diferentes setores e a participação da sociedade civil (Silva; Oliveira, 2020; Mendes *et al.*, 2022).

A bacia hidrográfica, definida como a unidade territorial composta por terras drenadas por um curso d'água principal e seus afluentes, é reconhecida como a escala mais apropriada para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, permitindo a análise integrada dos fluxos de água, sedimentos e nutrientes, bem como das interações entre processos naturais e atividades antrópicas (Souza *et al.*, 2021).

Neste contexto, a bacia hidrográfica do Rio Guaribas, localizada no estado do Piauí, destaca-se como um caso relevante para a análise da gestão hídrica regional. Estudos recentes, como o de Feijão Neto (2017), evidenciam o aumento da pegada hídrica e das demandas por água na bacia, refletindo tanto o crescimento populacional quanto as transformações nos padrões de uso e ocupação do solo. Entre 2000 e 2010, a pegada hídrica média per capita variou de 685 m³/ano a 974 m³/ano, representando um aumento de mais de 40% no período, o que impõe desafios adicionais à sustentabilidade hídrica local.

Diante desse cenário, o presente artigo tem como objetivo analisar a estrutura de gestão hídrica e as políticas implementadas na bacia do Rio Guaribas, caracterizando seus principais rios, barragens e a influência desses elementos no abastecimento regional. Para tanto, adota-se uma abordagem descritiva, fundamentada em revisão sistemática da literatura e análise de dados secundários provenientes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), complementada pela elaboração de mapas temáticos a partir de arquivos vetoriais (shapefiles) oficiais. A pesquisa busca contribuir para o aprofundamento do conhecimento sobre a gestão integrada de bacias hidrográficas, destacando a importância de abordagens participativas e adaptativas para a promoção da segurança hídrica e do desenvolvimento sustentável no semiárido brasileiro.

7.2 Bacia Hidrográfica: Breve Conceito

Bacia hidrográficas, também conhecidas como bacias de drenagem, são comumente conceituadas como a área territorial que capta toda a água proveniente da precipitação pluvial, convergindo-a para um ponto de menor altitude, denominado exutório, onde as águas escoam para o rio principal ou para corpos d'água adjacentes (Braga *et al.*, 2005).

O rio principal é caracterizado por ser o maior curso d'água da bacia, recebendo água dos drenos secundários, conhecidos como afluentes, que, por sua vez, podem ter seus próprios

subafluentes. Essa estrutura em rede é chamada de rede de drenagem, na qual o rio principal e seus afluentes transportam e redistribuem a água coletada por toda a bacia. A bacia hidrográfica é delimitada por divisores de água, que são áreas de maior elevação do terreno, separando diferentes sistemas de drenagem. Esses divisores desempenham um papel crucial ao determinar para qual bacia hidrográfica a precipitação será direcionada. A partir do momento em que a água passa pelo exutório, ela pode ser incorporada a outra bacia hidrográfica maior, ou, em muitos casos, pode ser direcionada ao oceano (Tucci, 1993; Medeiros *et al.*, 2021).

As bacias hidrográficas desempenham papel central na gestão dos recursos hídricos, uma vez que, representam unidades funcionais do ciclo hidrológico. Neste contexto, a dinâmica hídrica de uma bacia é influenciada tanto pelas características físicas do terreno quanto pelas atividades humanas desenvolvidas na região, como urbanização, desmatamento e práticas agrícolas (Tucci, 2009). A degradação ambiental nas áreas de drenagem e a má gestão dos recursos hídricos podem impactar diretamente a qualidade e quantidade de água disponível, aumentando a vulnerabilidade das populações que dependem dos recursos hídricos das bacias (Tundisi; Tundisi, 2010).

Além disso, os divisores de águas formam os limites entre diferentes bacias, determinando o direcionamento do fluxo superficial de água. Em regiões onde há complexidade geológica e topográfica, como em zonas montanhosas ou regiões com diferentes formações de relevo, os divisores podem variar em sua eficiência para separar as bacias, o que pode influenciar o padrão de escoamento e a formação de microbacias (Molle; Wester, 2009). Essas características devem ser consideradas na formulação de políticas públicas voltadas para a gestão sustentável das bacias hidrográficas, promovendo a conservação dos recursos hídricos e a mitigação dos impactos ambientais (Molle *et al.*, 2009).

A interconectividade entre as bacias e seus afluentes faz com que o monitoramento e o manejo integrado sejam fundamentais para a preservação ambiental, particularmente em áreas onde a pressão antrópica sobre os recursos hídricos é mais intensa (Lopes & Silva, 2015). Portanto, as bacias hidrográficas, ao serem observadas como sistemas complexos, demandam ações conjuntas entre a sociedade, governos e organizações ambientais para garantir a qualidade da água e a sustentabilidade dos ecossistemas associados.

7.3 Gestão de Recursos de Bacias Hidrográficas no Brasil

A gestão dos recursos hídricos no Brasil tem passado por uma profunda transformação, marcada pela transição de uma “cultura do desperdício” para uma “cultura do

compartilhamento” e pela ampliação da governança participativa. Estudos recentes evidenciam que esse movimento decorre de uma necessidade crescente de reconhecer a finitude dos recursos hídricos e de implementar práticas integradas e sustentáveis, diante dos desafios impostos tanto por pressões ambientais quanto por demandas sociais e econômicas (Mendes *et al.*, 2021; Oliveira; Silva, 2022).

Nesse contexto, o Estado – em todas as suas esferas – tem buscado aprimorar a gestão da água por meio de instrumentos como a cobrança pelo uso, o pagamento por serviços ambientais e a integração dos processos decisórios com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Who; Unicef, 2021; Piroli *et al.*, 2022). Historicamente, o Código de Águas de 1934, que já era reconhecido internacionalmente por sua abrangência, estabeleceu as bases legais para o uso dos recursos hídricos, embora com foco na exploração e no aproveitamento dos recursos para desenvolvimento econômico (BRASIL, 1934). Desde então, o advento da Política Nacional de Recursos Hídricos – instituída pela Lei 9.433/1997 – representou um marco regulatório que, ao definir a bacia hidrográfica como a unidade de planejamento e ao promover a participação social, reformulou a abordagem da gestão hídrica no país, orientando-a para uma maior equidade e sustentabilidade (Santos; Pereira, 2021; ANA, 2023).

Apesar dos avanços, persistem desafios relacionados aos conflitos pelo uso da água e à adaptação frente às mudanças climáticas, que exigem respostas adaptativas e coordenação multiescalar para assegurar o acesso universal a esse recurso essencial (Lira *et al.*, 2022; Chaves *et al.*, 2022).

A Lei nº 9.433/1997 (Brasil, 1997), conhecida como “Lei das Águas”, estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, promovendo uma gestão integrada e descentralizada da água. Essa lei foi resultado de debates intensos e visou responder às crescentes demandas por regulação eficaz e sustentável dos recursos hídricos no Brasil. O sistema inclui mecanismos participativos como os comitês de bacias hidrográficas, que integram governo, usuários e sociedade civil (Tucci, 2002; Brasil, 1997).

A criação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), constituída pela Lei nº 9.433/1997 (Brasil, 1997), representa um marco importante na gestão dos recursos hídricos no Brasil, consolidando a abordagem das bacias hidrográficas como unidade básica de planejamento. Essa política foi concebida em um contexto de crescente preocupação com a escassez de água e com os conflitos entre os diferentes usos do recurso, o que demandou uma estrutura de gestão capaz de envolver diferentes esferas do governo e a sociedade civil. Os princípios da PNRH incluem o reconhecimento da água como um bem de domínio público e

recurso limitado, dotado de valor econômico, e o uso prioritário para o abastecimento humano e a dessedentação de animais em situações de escassez (ANA, 2020).

Além disso, os Planos de Recursos Hídricos, desenvolvidos para cada bacia hidrográfica, funcionam como instrumentos estratégicos de gestão, fornecendo diretrizes para o uso sustentável dos recursos hídricos. Esses planos consideram as demandas de cada setor econômico, a qualidade dos mananciais e as necessidades de proteção ambiental, visando uma alocação mais eficiente e equitativa da água. A formulação desses planos deve ocorrer de maneira participativa, envolvendo os Comitês de Bacias Hidrográficas, que atuam como fóruns de decisão e deliberação local (Silva *et al.*, 2021).

A implementação do sistema de cobrança pelo uso da água foi outra inovação relevante trazida pela PNRH, buscando não apenas gerar receita para a gestão e recuperação das bacias hidrográficas, mas também estimular o uso racional do recurso. A cobrança é baseada na quantidade e na qualidade da água utilizada e tem como objetivo sinalizar o valor econômico do recurso hídrico, incentivando os usuários a adotarem práticas mais sustentáveis. Esse mecanismo se mostra essencial para fomentar a responsabilidade compartilhada e para financiar as ações de monitoramento e controle da poluição, além de projetos de recuperação ambiental (Mendonça; Santos, 2006).

Uma iniciativa de grande relevância foi a instituição do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), concebido com o propósito de consolidar e integrar os dados relativos à disponibilidade, à qualidade e aos múltiplos usos da água em todo o território brasileiro. A descentralização administrativa, aliada à articulação coordenada do SNIRH, constitui um elemento essencial para fundamentar processos decisórios embasados em evidências, permitindo que o gerenciamento dos recursos hídricos seja pautado por informações sistematizadas, atualizadas e de caráter abrangente. Nesse sentido, o sistema exerce um papel estratégico ao promover a transparência na gestão e ao assegurar a democratização do acesso às informações, ampliando a participação social nos processos decisórios e fortalecendo os princípios de governança ambiental (ANA, 2020).

7.4 Bacias Hidrográficas do Piauí

A bacia hidrográfica pode ser compreendida como uma unidade territorial natural que desempenha a função de coletar, armazenar e escoar a água da chuva, transportando também sedimentos e outros materiais para um ponto comum, geralmente localizado em um curso d'água principal. Além de sua importância física e geográfica, as bacias hidrográficas

especificamente à disponibilidade das reservas de águas subterrâneas do Estado do Piauí, informam que poderá ser utilizado um volume de até 10 bilhões de m³/ano sem que haja rebaixamento das águas dos aquíferos, num prazo de 50 anos seguidos.

Embora o quantitativo de bacias no estado seja significativo, a vazão da água muitas vezes não é suficiente para atender a demanda hídrica da população, tendo em vista os múltiplos usos da água, principalmente, no tocante a agricultura familiar, aquicultura e atividades domésticas. Nesse cenário, muitas cidades do estado, em especial as que estão localizadas no semiárido, recorrem a políticas emergenciais de abastecimento durante períodos de estiagem, que vai de julho a dezembro. Na tabela 7.1, é evidenciado a potencialidade hídrica das bacias hidrográficas presentes no Piauí, refletindo a distribuição delas em todo o território e o volume de água em m³.

Tabela: 7.1 Potencialidade hídrica das bacias hidrográficas do Piauí

Bacia	Área da Bacia (km ²)	Vazão Específica (l/s/km ²)	Deflúvio Médio Anual (mm)	Volume Anual Produzido (hm ³)	Vazão Natural (m ³ /s)
Canindé	75.683	0,73	23,02	1742,32	55,25
Difusas Barragem Boa Esperança	8.030	2,44	76,95	617,86	19,59
Difusas do Alto Parnaíba	17.091	6,97	219,81	3756,81	119,13
Difusas do Baixo Parnaíba	7.643	2,20	69,38	530,29	16,82
Difusas do Litoral	2.071	5,08	160,20	331,77	10,52
Difusas do Médio Parnaíba	6.320	2,35	74,11	468,40	14,85
Gurguéia	48.826	0,75	23,65	1154,83	36,62
Itaueira	10.247	1,64	51,72	529,97	16,81
Longá	22.623	7,27	229,27	5186,59	164,47
Piranji	1.082	4,42	139,39	150,89	4,78
Poti	39.050	1,85	58,34	2278,25	72,24
Uruçuí Preto	15.784	2,42	76,32	1204,62	38,20
TOTAL	254.451		1.202,15	17.952,60	569,27

Fonte: Adaptado de (SEMAR, 2010 p. 36)

Percebe-se através da tabela 7.1 que o estado do Piauí possui várias bacias hidrográficas distribuídas em seu território e que mesmo com o volume anual produzido a potencialidade hídrica não é suficiente para o abastecimento hídrico de muitas regiões que ainda sofrem de maneira expressiva com a escassez de água, sendo esses números ainda mais reduzidos nos períodos de longas estiagens, fazendo com as famílias que mais sofrem sejam inseridas em programas de abastecimento como o programa Cisternas e a Operação Carro Pipa.

No espaço geográfico piauiense os grandes volumes de águas subterrâneas existentes está relacionado com o fluxo e quantitativo de águas doces que existem no meio natural, onde

é comum no território uma presença significativa de lagos, barragens e açudes, que em sua maioria, são construídos por vales fluviais, essenciais para o abastecimento de comunidades locais (Lima, 2017).

Entretanto, existe uma escassez de dados fluviométricos, em especial na região sul do estado, onde se encontram bacias que não possuem estações para a realização de registro de dados, o que dificulta de forma potencial informações de dados hídricos quantitativos. Ademais, do total de 95 estações fluviométricas do Estado, apenas 25 possuem dados efetivos que são utilizados para acompanhamento das bacias, e destas, apenas sete possuem informações igual ou superior no período temporal de 25 anos, e área de drenagem compatível (SEMAR, 2010).

Isso demonstra o quanto a gestão, manutenção, estudos e quantificação de dados das bacias hidrográficas são essenciais para que se possa oferecer a população uma água de qualidade e sem restrições, sendo essencial o investimento em novas estações que possam abranger uma maior cobertura.

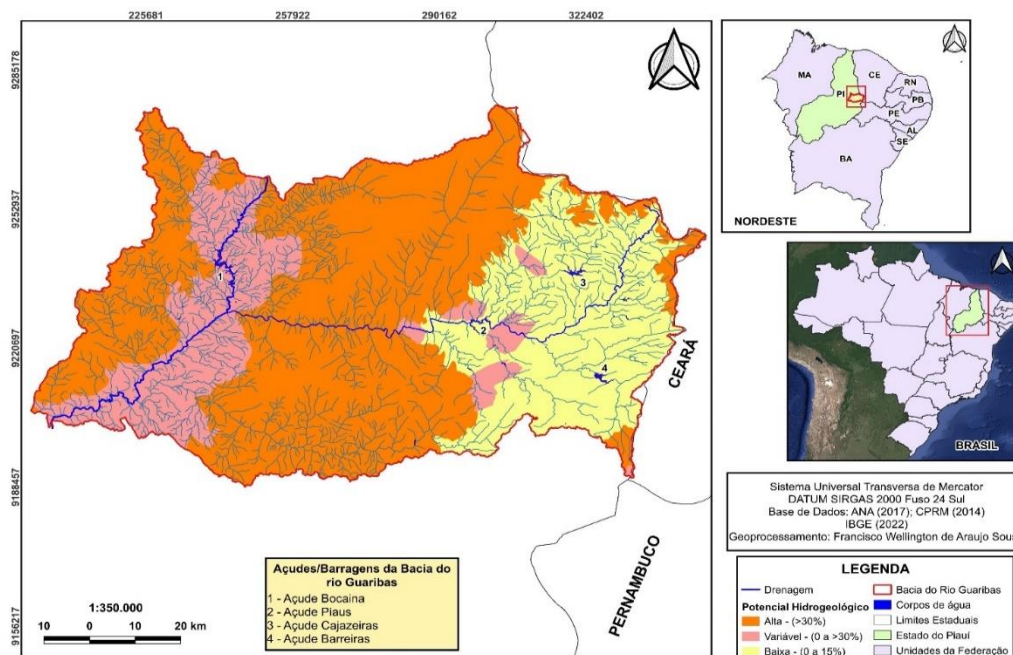
7.5 Bacia Hidrográfica do Rio Guaribas

O Rio Guaribas tem início no percurso da Serra do Batista, que fica localizada entre as cidades de Pimenteiras e São Luís do Piauí, possuindo em sua extensão aproximadamente 117 km, percorrendo outras cidades circunvizinhas, sendo direcionado até o município de Picos, desaguardo no Rio Itaim, que fica localizado no município de Paquetá. (Sousa, 2020).

A bacia hidrográfica do Rio Guaribas (Figura 7.2) constitui uma das onze bacias hidrográficas catalogadas no Piauí pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente e de Recursos Hídricos do Piauí. A bacia possui 8.415 km², ocupando cerca de 3,35% da área total do Estado. (Silva Filho, 2004; Barros 2022).

Além disso, a figura demonstra o potencial hidrogeológico da bacia, onde grande parte do território possui um quantitativo hídrico baixo ou variável, enquanto que outros locais possuem uma potencialidade alta, entretanto, mesmo com esse quantitativo, muitas localidades possuem águas em péssimas qualidades devido ao alto grau de salinidade, ou problemas relacionados a poluição e contaminação do solo, o que faz a região ser classificada como vulnerável em termos de disponibilidade hídrica, deixando a população sem muitas alternativas de abastecimento.

Figura 7.2- Potencial hidrogeológico da Bacia Hidrográfica do Rio Guaribas



Fonte: Base de dados ANA (2017); CPRM (2014); IBGE (2022)

No Piauí, a riqueza de bacias hidrográficas e de aquíferos classifica o estado como um dos que mais possuem riqueza hídrica subterrânea, entretanto, na região do Vale do Rio Guaribas esse quantitativo apresenta números baixos, repercutindo na vida da população, que carece de fontes alternativas de abastecimento.

A configuração do relevo da região caracteriza-se por altitudes moderadas e pela presença de morros que influenciam a dinâmica atmosférica local, contribuindo para a redução dos índices pluviométricos devido à modulação dos ventos e à orografia (Silva, 2014; Viana *et al.*, 2017). O índice médio anual de precipitação varia entre 800 e 1400 mm, com maior concentração no período de janeiro a abril, enquanto os meses de maio a setembro apresentam condições mais secas, configurando um regime pluviométrico marcado por forte sazonalidade (Viana *et al.*, 2017).

Segundo Penna (2002), os ambientes naturais assumem crescente relevância não apenas como recursos, mas também como valores de uso, reforçando sua importância na produção e transformação do espaço urbano. Historicamente, o desenvolvimento das cidades tem ocorrido próximo a corpos d'água, especialmente rios, que oferecem condições favoráveis para a segurança alimentar e localização estratégica, aspectos fundamentais para a formação das sociabilidades humanas.

No contexto do Vale do Guaribas, o território é drenado pelos rios Guaribas e Riachão, cujas margens foram historicamente ocupadas por processos urbanos que, em muitos casos,

resultaram no comprometimento ambiental desses corpos hídricos. A ocupação irregular dos leitos fluviais, associada à expansão urbana desordenada, tem provocado o assoreamento e a degradação da qualidade da água, gerando impactos ambientais locais significativos (Sousa; Lima, 2021).

Sousa e Lima (2021) ressaltam que a expansão dos perímetros urbanos está intimamente associada ao agravamento dos impactos ambientais nas bacias hidrográficas, evidenciado pelo aumento na geração de sedimentos, pela contaminação dos recursos hídricos decorrente da lavagem de vias públicas, pelo descarte impróprio de resíduos sólidos e pelo lançamento inadequado de efluentes, frequentemente realizado por meio de conexões irregulares. Tais elementos reforçam a necessidade premente de pesquisas e ações voltadas à gestão integrada dos recursos hídricos, com o objetivo de atenuar os efeitos negativos da urbanização sobre os ecossistemas aquáticos e promover a sustentabilidade ambiental em nível regional.

De acordo com Fonseca e Nóbrega (1993), toda a composição da bacia do Rio Guaribas tem profunda relação com o amplo crescimento e desenvolvimento da região que vinha sendo muito ascentuado, já que as frequentes inundações que aconteciam no leito do rio faziam com que o seu solo ficasse fértil para o plantio, o que beneficiava inúmeros produtores, que procuravam cultivar diversas culturas locais. Somente a partir de 1960, com o crescimento urbano e as cheias frequentes foram estabelecidas medidas para um desvio no caminho das águas, ocasionando assim a construção da Barragem de Bocaina e consequentemente a redução das atividades agrícolas que eram expostas no leito do rio (Rocha *et al.*, 2017).

Na extensão da Bacia do Rio Guaribas são encontrados, ainda três grandes reservatórios que ajudam a suprir a escassez hídrica presente na região, sendo eles: A Barragem de Bocaina, com capacidade de 106.000.000 m³; Açude Piaus, também denominado como (Riacho Marçal), com uma capacidade cúbica de 120.000.00 m³, sendo um importante meio de abastecimento para os municípios do seu entorno, e o açude Cajazeiras, com uma capacidade de 24.702.000 m³ (CEPRO, 2012; Piauí, 2010).

A barragem de Bocaina que faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Guaribas foi contemplada no intuito de auxiliar não somente a população que permanecia no seu perímetro, mas também os municípios vizinhos que também sofriam com questões relacionadas a escassez hídrica ocasionados pelas secas severas na região, dificultando muitas vezes a agricultura local para subsistência. Nesse sentido, é evidenciado que a falha na gestão dos recursos hídricos na região pode acabar por gerar conflitos relacionados ao abastecimento precário e questões que envolvem o racionamento da água por meio do seu uso (Barros,

2022).

Destaca-se que a Barragem de Bocaina (Figura 7.3), situada no semiárido piauiense, foi projetada para desempenhar funções essenciais de abastecimento e mitigação de impactos relacionados a escassez hídrica, como o controle de cheias, o fornecimento de água potável e a irrigação agrícola nas áreas circundantes. Este projeto tornou-se imprescindível devido à irregularidade das chuvas e às secas recorrentes na região que prejudicava toda a população dessa área, afetando a bacia hidrográfica do Rio Guaribas, onde predominam rios efêmeros e temporários.

Com uma capacidade de armazenamento de aproximadamente 106 milhões de metros cúbicos de água, a barragem assegura a segurança hídrica de grande parte dos habitantes que residem em localidades de sua área de influência, beneficiando diretamente os municípios de Bocaina e Picos, além de diversas comunidades rurais e de outros municípios limítrofes. (Rocha, Leite, 2020). A barragem de Bocaina se configura como uma das principais fontes de abastecimento para as atividades cotidianas e para a agricultura local, além de ser uma importante atração turística, proporcionando o desenvolvimento para pescas, passeios, trilhas locais, lazer e festividades regionais (Rocha *et al.*, 2017).

Figura 7.3- Barragem de Bocaina no período de inverno



Fonte: Francisco Antônio Gonçalves de Carvalho (2024)

O clima tropical quente presente nessa região do semiárido possui temperaturas médias que variam de 30° a 38°, com precipitações anuais muitas vezes abaixo dos 800 mm, na qual acaba por influenciar de maneira direta na água presente nos açudes e rios locais, que são utilizados para o abastecimento da população. Esse cenário climático acaba por concentrar chuva em períodos específicos do ano como Janeiro a Março/Maio, época em que ocorrem os maiores volumes de chuva nessa área de abrangência (Rocha, Leite, 2020). Nesse aspecto, a

barragem de Bocaina surge como uma das principais fontes de abastecimento hídrico, garantindo assim um importante meio de auxílio para driblar a severidade das secas na região, com atividades que envolvem irrigação, piscicultura e empregabilidade local.

O aproveitamento sustentável dos aquíferos e demais recursos hídricos configura-se como uma estratégia promissora para fomentar o desenvolvimento socioeconômico do estado do Piauí, contribuindo para a mitigação da escassez hídrica histórica e para a superação dos baixos indicadores de desenvolvimento que caracterizam a região Nordeste. Tal perspectiva é reforçada pelo expressivo potencial hídrico existente, sobretudo em aquíferos regionais, conforme apontado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2007).

7.6 Estratégias de Gestão Municipal para Redução dos Impactos da Seca no Semiárido do Piauí: Indicadores e Análise

A intensificação das secas exige uma abordagem mais robusta, com maior alocação de recursos e planejamento estratégico. Além disso, é crucial fortalecer a governança local, capacitando gestores municipais para implementar e monitorar políticas públicas de forma eficiente. A combinação de infraestrutura hídrica, incentivos à agricultura sustentável e políticas intersetoriais pode contribuir significativamente para mitigar os efeitos da seca e promover o desenvolvimento sustentável na região.

O Piauí registrou, em 2024, a maior extensão territorial sob seca moderada desde o início do monitoramento sistemático, com 24% do estado atingido por estiagem grave. O avanço do fenômeno está associado à interação entre o El Niño e padrões de precipitação abaixo da média histórica, resultando, segundo Nunes (2020) em:

- Redução de 38% no volume dos principais reservatórios entre 2023 e 2024 (Diário Oficial do Estado do Piauí, 2023),
- Exaustão de 45% dos poços artesianos na região do sedimentar cristalino (Diário Oficial do Estado do Piauí, 2023)
- Perda de 22% da safra agrícola em municípios do Cariri Oriental (Nunes, 2020)

A Agência Nacional de Águas (ANA) identificou que 63% da população rural depende parcial ou totalmente de fontes alternativas de água, como cisternas e poços (Dados Piauí, 2024), evidenciando a fragilidade dos sistemas convencionais de abastecimento.

A governança municipal opera sob o Decreto nº 22.306/2023, que estabelece protocolos emergenciais para 94 municípios em situação de colapso hídrico. Este marco legal prioriza:

1. Alocação de recursos para perfuração de poços profundos
2. Distribuição emergencial de água via carros-pipa

1. Subsídios a culturas resistentes à seca

Contudo, avaliações do PNUD apontam que apenas 30% dos municípios possuem planos municipais de contingência atualizados conforme padrões do Monitor de Secas. O Piauí instalou 51.174 cisternas familiares, 7.200 cisternas para produção agrícola e 492 unidades escolares até 2024 (IBGE, 2024), conforme detalhado na Tabela 7.2:

Tabela 7.2 - Distribuição de Cisternas no Piauí (2024)

Tipo de Cisterna	Quantidade	Cobertura Populacional
Familiar	51.174	18,7% domicílios rurais
Produção	7.200	6,3% propriedades agrícolas
Escolar	492	12,1% escolas rurais

Fonte: Dados Piauí, extraído da MUNIC 2023.

Apesar do avanço quantitativo, 42% das cisternas familiares apresentam problemas de manutenção após 5 anos de uso, comprometendo a segurança hídrica (ANA, 2023). A perfuração de poços profundos (>100m) aumentou 17% entre 2020-2024, conforme demonstra a (figura 7.4) , porém, segundo a Secretaria de do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 65% operam sem licença ambiental e 28% apresentam contaminação por sais minerais (Diário Oficial do Estado do Piauí, 2023). Municípios com maior densidade de poços (e.g., Picos, Oeiras) registram redução de 40% no nível freático desde 2020, indicando sobreexploração dos aquíferos. Esse quantitativo de poços instalados no Vale do rio Guaribas, demonstra que mesmo havendo lençol freático abundante para a perfuração de poços, perceb-se que a água muitas vezes não é de qualidade devido a salinidade, o que pode provocar problemas de saúde da população, restando assim buscar outras fontes de abastecimento.

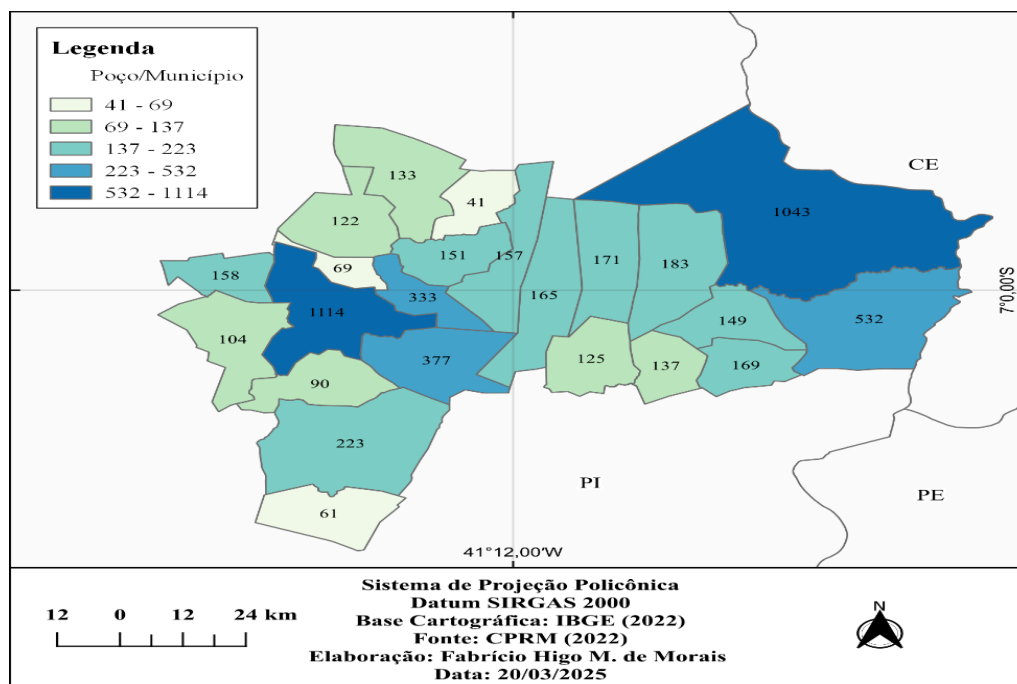
O aumento em 17% na quantidade de poços perfurados ocorre no contexto em que 42% das cisternas familiares apresentam problemas de manutenção após cinco anos de uso – um dado que, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2023), compromete a segurança hídrica. Paralelamente, a Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos destacou que 65% dos poços operam sem licença ambiental e 28% apresentam contaminação por sais minerais (Diário Oficial do Estado do Piauí, 2023). O presente relatório examina as possíveis explicações para esse incremento na perfuração de poços e avalia as implicações ambientais decorrentes dessa tendência. Nas últimas décadas, políticas emergenciais de enfrentamento à seca, muitas vezes combinadas com incentivos locais, têm reforçado a adoção de tecnologias de extração de água subterrânea. Embora a legislação e regulamentação visem a gestão sustentável dos recursos hídricos (como a Lei nº 9.433/1997), a fiscalização e a exigência de licenciamento ambiental nem sempre acompanham o ritmo do aumento na perfuração. Dados da Secretaria do Meio Ambiente indicam que 65% dos poços operam sem a devida licença

ambiental, o que reflete falhas institucionais na regulação do uso do recurso.

A intensificação da perfuração de poços profundos pode levar à superexploração dos aquíferos, provocando o rebaixamento dos lençóis freáticos. Esse fenômeno não só reduz a disponibilidade de água para usos essenciais – como o abastecimento público e a irrigação – mas também influencia negativamente o fluxo de cursos d’água que dependem da recarga dos aquíferos, comprometendo ecossistemas dependentes dessa água. Nesse sentido, a extração intensiva de água subterrânea pode favorecer a concentração de sais minerais, especialmente em regiões onde a taxa de recarga é baixa e a evaporação é alta. O aumento do teor de sais pode resultar em salinização dos aquíferos, tornando a água inadequada para consumo humano e para uso na agricultura. Comparativamente, problemas semelhantes foram documentados em regiões do Sahel e no Vale Central da Califórnia, onde a superexploração levou à deterioração da qualidade da água.

Portanto, a elevação de 17% na perfuração de poços profundos entre 2020 e 2024 deve ser vista como um sintoma de uma crise hídrica agravada por secas prolongadas, falhas na manutenção de cisternas e ineficiências na governança dos recursos hídricos. Embora essa estratégia possa oferecer uma solução emergencial para o abastecimento, ela impõe riscos ambientais substanciais, como o rebaixamento do lençol freático, a contaminação por sais minerais e a exploração insustentável dos aquíferos.

Figura 7.4: Número de poços no Vale do Rio Guaribas



Fonte: CRPM (2022)

Já o Programa Estadual de Convivência com o Semiárido (PECS) beneficia 32.000 famílias por meio de distribuição de sementes tolerantes à seca (feijão caupi, milho BRS), crédito rural subsidiado (taxa de 2,5% ao ano) e assistência técnica para sistemas agroflorestais. Dados da Secretaria de Agricultura mostram que municípios com cobertura superior a 60% do PECS tiveram aumento de 22% na produtividade de grãos (Nunes, 2020) e redução de 35% no êxodo rural (Movimento Econômico, 2024). No entanto, a implantação de sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão recebeu investimentos de R\$ 84 milhões entre 2023-2025, com resultados contrastantes, Tabela 7.3:

Tabela 7.3 - Eficácia de Sistemas de Irrigação

Sistema	Área Implementada (ha)	Economia Hídrica
Gotejamento	1.200	40-60%
Microaspersão	850	30-50%
Convencional	3.500	0-15%

Fonte: Relatórios PNUD/PECS e MUNIC 2023.

Nesse cenário, o Índice de Vulnerabilidade à Seca (IVS), uma ferramenta analítica que combina variáveis políticas, demográficas e socioeconômicas, é usada para avaliar a capacidade de uma região ou população de lidar com os impactos da seca (Mesquita;Wittman; Aroudo Mota, 2016). No contexto do semiárido do Piauí, o IVS é particularmente relevante, pois permite identificar as áreas mais vulneráveis e orientar a alocação de recursos e a formulação de políticas públicas.

Variáveis Políticas: O IVS considera a governança e a capacidade institucional dos municípios para implementar e gerenciar políticas de combate à seca. Isso inclui a existência de programas de infraestrutura hídrica, como cisternas, barragens e poços, além da articulação entre diferentes níveis de governo (municipal, estadual e federal).

Variáveis Demográficas: Aspectos como densidade populacional, distribuição geográfica e características das comunidades locais são levados em conta. Regiões com populações dispersas ou predominantemente rurais, como grande parte do semiárido piauiense, tendem a ser mais vulneráveis devido à dificuldade de acesso a serviços básicos e infraestrutura hídrica.

Variáveis Socioeconômicas: O IVS também incorpora indicadores como renda, educação, acesso a serviços de saúde e condições de moradia. No semiárido do Piauí, a baixa renda per capita e a dependência de atividades agrícolas vulneráveis à seca aumentam a exposição das populações aos impactos das estiagens. Além disso, a falta de diversificação econômica limita as opções de adaptação das comunidades.

Análise do IVS no Semiárido do Piauí: A combinação dessas variáveis no IVS revela

que a vulnerabilidade à seca no semiárido do Piauí é resultado de fatores estruturais históricos, como desigualdades socioeconômicas e fragilidades institucionais. Apesar de avanços pontuais, como a instalação de cisternas, a análise integrada de dados sugere que as estratégias atuais ainda não são suficientes para superar essas vulnerabilidades (Brito e Almeida, 2023). O IVS, portanto, é uma ferramenta essencial para identificar prioridades e orientar políticas intersetoriais que promovam maior resiliência às secas.

A aplicação do IVS no planejamento regional pode ajudar a direcionar investimentos para as áreas mais críticas, promovendo uma abordagem mais equitativa e eficiente no combate aos efeitos da seca. Além disso, ao integrar variáveis políticas, demográficas e socioeconômicas, o índice oferece uma visão abrangente das vulnerabilidades, permitindo que gestores públicos desenvolvam estratégias mais alinhadas às necessidades locais (Da Silva Medeiros, 2020). O Índice de Vulnerabilidade à Seca (IVS) combina variáveis políticas, demográficas e socioeconômicas (Nunes, 2020).

Fórmula 1 - Cálculo do IVS

$$IVS = (CA + SE + EX) / 3$$

Em que:

- CA: Capacidade Adaptativa (governança)
- SE: Sensibilidade Econômica
- EX: Exposição Sociocultural

Destaca-se que, municípios com $IVS > 0,7$ requerem intervenções prioritárias, apresentando, taxa de desemprego acima da média estadual e cobertura vegetal 30% inferior à necessária para equilíbrio hídrico. O Plano de Contingência para Secas 2025-2030 estabelece metas críticas, como reduzir tempo de resposta a emergências de 72 para 48 horas, ampliar rede de monitoramento hidrometeorológico em 40% e capacitar 100% dos gestores municipais em gestão de riscos. Dados indicam que apenas 28% dos municípios atingiram a primeira meta em 2024 (Diário Oficial do Estado do Piauí, 2024, Movimento Econômico, 2024).

A partir da análise dos indicadores, foi observado progressos significativos na infraestrutura hídrica no estado do Piauí, porém com disparidades regionais acentuadas que necessitam ser mais abrangentes em sua totalidade, para que possam cobrir mais áreas e populações.

7.7 Considerações Finais

No decorrer do texto foram apresentadas reflexões sobre como é feita gestão dos recursos hídricos das bacias hidrográficas, abordando desde as primeiras discussões a respeito do tema, como também, as políticas criadas, voltadas para o gerenciamento das bacias hidrográficas no Brasil, mais especificamente no Piauí, na Bacia Hidrográfica do Guaribas.

A partir dos conceitos de bacias hidrográficas apresentados e sua importância para o abastecimento de água, foi focado como as políticas de gestão desses recursos são importantes para a sociedade, principalmente, quando se vive momentos de desabastecimento de água em território nacional. Este fato ocorre, principalmente nas épocas em que os rios sofrem uma baixa em seus volumes hídricos, devido a variação climática que culmina em períodos muito longos de estiagem, dificultando assim que populações que dependem do abastecimento feito por rios possam ser abastecidas.

Em relação aos recursos advindos da bacia hidrográfica do Rio Guaribas, destaca-se a Barragem de Bocaina, que apresenta volume de água durante todo o ano, seja no período de cheia ou na épocas de seca. A referida barragem destina água, tanto para o consumo humano, quanto para a plantação e criação de animais, além de ser ponto turístico regional, levando centenas de pessoas a visitá-la mensalmente, ajudando assim no desenvolvimento regional.

Nesse contexto, ao se analisar a caracterização dos recursos hídricos que integram a bacia hidrográfica do Rio Guaribas, observa-se que, além desse curso d'água, outros rios como o Itaim e o Riachão, que também compõem a bacia, apresentam regime predominantemente perene, embora sejam suscetíveis aos efeitos da estiagem. Ademais, verifica-se que, durante os períodos de cheia, esses rios frequentemente atingem sua capacidade máxima de vazão, o que evidencia que os desafios enfrentados pela bacia não se limitam às secas prolongadas, mas também à ineficiência na gestão hídrica. A ausência de sistemas adequados de captação, canalização e armazenamento das águas pluviais compromete a utilização racional desses recursos, especialmente em períodos de escassez. Ressalta-se que apenas a Barragem de Bocaina desempenha, de forma contínua, a função de reservatório, contribuindo para o atendimento da demanda de abastecimento hídrico local ao longo do ano.

7.8 Referências

ANA. Agência Nacional de Águas. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. 2020. Disponível em: <https://dadosabertos.ana.gov.br/>. Acesso em: 1 abr. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Relatório Anual de Recursos Hídricos 2023. Brasília: ANA, 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2022*. Brasília: ANA, 2022.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Seca se intensifica e avança pelo território brasileiro, segundo a última atualização do Monitor de Secas**. Gov.br, [2024?]. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/seca-se-intensifica-e-avanca-pelo-territorio-brasileiro-segundo-a-ultima-atualizacao-do-monitor-secas>. Acesso em: 25 out. 2023.

ANA. Agência Nacional de Águas. *GEO Brasil - Recursos Hídricos*. Brasília: ANA/PNUMA, 2007 disponível em: http://www.pnuma.org/deat1/pdf/GEOrecursos_hidricos_portugues.pdf

ANA. Agência Nacional de Águas. Política Nacional de Recursos Hídricos: **Lei nº 9.433/1997**. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos>

BARROS, J. S. Geologia da Bacia do Rio Guaribas. **Revista da Academia de Ciências do Piauí**, v. 3, n. 3, p. 336-352, jan./jun. 2022.

BRAGA, L. C. *et al.* A bacia hidrográfica: conceitos e fundamentos. In: GOMES, E. S. (Org.). **Geografia e Geologia: um olhar interdisciplinar**. São Paulo: Contexto, 2005.

BRASIL. **Código de Águas**. 1934. Disponível em: Disponível em: <https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos>. Acesso em 08 de maio, 2024.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro**. Brasília. Brasília/DF: MI-SPDR, 2005.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regula o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 3 jul. 2025.

CHAVES, H. M. L. et al. Panorama da gestão de recursos hídricos no estado do Rio Grande do Sul. In: CHAVES, H. M. L. (org.). *Gestão de recursos hídricos no Brasil: desafios e perspectivas*. São Paulo: SciELO Books, 2022. p. 345-370. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/8jms4/pdf/chaves-9786589524946-17.pdf>.

DADOS PIAUÍ, **Acumulado do Programa Cisternas: Água para Consumo, Produção e Escolar**, Disponível em: https://dados.pi.gov.br/desenvolvimento-rural/acumulado-do-programa-cisternas_-agua-para-consumo-producao-e-escolar/. Acesso em 25 de fevereiro de 2025.

DA SILVA MEDEIROS, W. Vulnerabilidade, exclusão e a pobreza no Piauí. URBANA: **Revista Eletrônica do Centro Interdisciplinar de Estudos sobre a Cidade**, v. 12, p. e020002-e020002, 2020.

DE SOUSA JÚNIOR, W. C. **Gestão das águas no Brasil: reflexões, diagnósticos e desafios**. Editora Peirópolis, 2004.

DE ARAUJO SOUSA, Francisco Wellington; LIMA, Iracilde Maria Moura Fé. DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL DA PORÇÃO OESTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUARIBAS, PIAUÍ. **Revista da Academia de Ciências do Piauí**, v. 2, n. 2, 2021.

FAO. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture 2023. Rome: FAO, 2023.

FEIJÃO NETO, F. G. **Estudo da pegada hídrica no semiárido piauiense: a bacia hidrográfica do rio Guaribas**. 2017. 131 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, 2017.

FONSECA, G. G. NÓBREGA, F. C. G. Situação da agropecuária do Piauí e de suas populações no contexto da seca de 1993. Teresina: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, 1993.

IBGE. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais: MUNIC 2023**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 26 fev. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Perfil dos Municípios Brasileiros – MUNIC: Piauí. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/pesquisa/1>. Acesso em: 3 jul. 2025.

LIMA, Iracilde Maria de Moura Fé. HIDROGRAFIA DO ESTADO DO PIAUÍ, DISPONIBILIDADES E USOS DA ÁGUA. 2017. In: AQUINO, C. M. S. A.; SANTOS, F. A. **Recursos Hídricos do Estado do Piauí: fundamentos de gestão e estudos de casos em bacias hidrográficas do centro-norte piauiense**. Teresina: EDUFPI, 2017, p.43-68.

LIRA, S. M. et al. Avaliação ambiental estratégica para a gestão integrada e participativa dos recursos hídricos. In: LIRA, S. M. (org.). **Gestão ambiental estratégica**. São Paulo: SciELO Books, 2022. p. 245-270. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/bxj5n/pdf/lira-9788578792824-13.pdf>.

LOPES, J. E.; SILVA, R. S. O papel das bacias hidrográficas na gestão dos recursos hídricos. **Geografia e Sustentabilidade**, v. 5, n. 2, p. 35-46, 2015.

MENDES, T. S. et al. Governança e cultura hídrica no Brasil: avanços e desafios. *Water Policy*, v. 23, n. 4, p. 789-805, 2021. <https://doi.org/10.2166/wp.2021.123>

MENDONÇA, F.; SANTOS, L. J. C. Gestão da água e dos recursos hídricos no Brasil: Avanços e desafios a partir das bacias hidrográficas–Uma abordagem geográfica. **Geografia**, p. 103-117, 2006.

MOLLE, Feyem. et al. Integrated water resources management: a new paradigm for sustainability? **International Journal of Water Resources Development**, v. 25, n. 4, p. 609-620, 2009.

MOVIMENTO ECONÔMICO. **Seca impõe gestão hídrica a destinos turísticos do NE, ameaçando a economia.** Movimento Econômico, 6 jan. 2025. Disponível em: <https://movimentoeconomico.com.br/economia/turismo/2025/01/06/seca-impoe-gestao-hidrica-a-destinos-turistico-do-ne-ameacando-a-economia/>. Acesso em: 25 out. 2024.

NUNES, S. H. P. et al. Indicadores de vulnerabilidade da seca e avaliação da governança de 1991-2010 no semiárido Paraibano. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 3, p. 210-228, 2020.

OLIVEIRA, M. C.; SILVA, J. P. Desafios do abastecimento de água potável em áreas vulneráveis. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, n. 6, p. 789-801, 2019

PENNA, M. L. A. Espaço urbano e meio ambiente: a produção do espaço naturalizado. **Cadernos Metrópole**, v. 4, n. 7, p. 33-50, 2002.

PIAUI, Decreto Nº 22.306, de 08 de agosto de 2023. Declara situação de emergência provocada pelo desastre natural classificado e codificado como "Estiagem" (COBRADE 1.4.1.1.0), nos municípios que especifica. Teresina, Ano 2023, Páginas 1 a 4. Disponível em: [https://www.diario.pi.gov.br/doe/files/diarios/anexo/3ea10c5f-b5c2-4d5e-a235-0c1fb8d8b790/DIARIO-OFICIAL-DO-ESTADO-DO-PIAUI-PUBLICACAO-N-154%20\(4\).pdf](https://www.diario.pi.gov.br/doe/files/diarios/anexo/3ea10c5f-b5c2-4d5e-a235-0c1fb8d8b790/DIARIO-OFICIAL-DO-ESTADO-DO-PIAUI-PUBLICACAO-N-154%20(4).pdf)

PIAUI. Diário Oficial do Estado do Piauí, Teresina, n. 105, 31 maio 2024. Disponível em: <https://www.diario.pi.gov.br/doe/>. Acesso em: 3 jul. 2025.

PIROLI, E. L. et al. Água e bacias hidrográficas: planejamento, gestão e manejo. São Paulo: SciELO Books, 2022. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/wphz3/pdf/piroli-9786557142981-01.pdf>.

ROCHA, P. H. L. et al. Barragem de Bocaina, Piauí: contexto histórico da construção, finalidades e uso recente. **Contraponto**, v. 6, n. 2, p. 119-128, 2017.

ROCHA, C. C.; LEITE, M. A.. A seca de 1979 a 1983 no Semiárido Piauiense: reflexões a partir da Construção da Barragem de Bocaína, Picos-PI. **Voices, Pretérito & Devir: Revista de historia da UESPI**, v. 11, n. 1, p. 88-110, 2020.

SANTOS, Alisson Campos; DE CEBALLOS, Beatriz Susana Ovruski; DE SOUSA, Cidoval Moraes. Políticas públicas de água e participação no semiárido: limites e tensões no P1MC. **Revista eletrônica de gestão e tecnologias ambientais**, v. 1, n. 1, p. 145-161, 2013.

SANTOS, L. A; Sousa, T. M.; LIMA, A. S.; LIMA, I. M. de M. F. Bacia Hidrográfica do rio Guaribas, Piauí: Aspectos da geomorfologia fluvial. Anais IX SINAGEO. 2012. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://iracildefelima.webnode.com>.

SILVA, F. L. et al. Gestão de recursos hídricos e manejo de bacias hidrográficas no Brasil: elementos básicos, histórico e estratégias. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 3, p. 1626-1653, 2021.

SILVA FILHO, J. S. **Indicadores de desenvolvimento sustentável nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Guaribas – Piauí.** 2004. 139f. Dissertação (Mestrado em

Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, 2004.

SOUSA, F. W. A. Levantamento de dados dos municípios por sub-bacia hidrográfica do rio Parnaíba e do litoral do Piauí: Bacia hidrográfica do rio Guaribas. Teresina: UFPI, 2020.

SOUZA, F. F. G et al. Qualidade da Água do Sistema de Abastecimento numa Comunidade Rural em Município de Pequeno Porte no Sudeste do Brasil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 26, n. 1, p. 59-64, 2022.

SOUZA, S. D. G. de; SOUZA, A. C. N. de; SOUSA, M. L. M. de. BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO: DO DEBATE CONCEITUAL À REALIDADE BRASILEIRA NAS LEIS AMBIENTAIS . **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, [S. l.], v. 24, n. 3, p. 551–566, 2023. DOI: 10.35701/rcgs.v24.889. Disponível em: [//rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/889](http://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/889). Acesso em: 30 jun. 2025.

SEMAR (Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos). Plano Estadual de Recursos Hídricos: Relatório Síntese. Teresina: SEMAR, 2010.

TUCCI, Carlos EM. Hidrologia: fundamentos e aplicações. São Paulo: **Oficina de Textos**, 1993.

TUCCI, Carlos EM. **Recursos hídricos e suas aplicações**: desafios e perspectivas. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **A água**. São Paulo: Publifolha (Folha Explica), 2005.

VIANA, A. I. G. et al. Caracterização fisiográfica e socioeconômica do município de Picos/PI: potencialidades, limitações e vulnerabilidades. 2017.

WHO; UNICEF. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2020: Five years into the SDGs. Geneva: World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF), 2021.

8 VIVÊNCIAS NA ESCASSEZ HÍDRICA: A REALIDADE SOCIAL E ECONOMICA NO SEMIÁRIDO PIAUIENSE¹

*EXPERIENCES IN WATER SCARCITY: THE SOCIAL AND ECONOMIC REALITY
IN THE SEMI-ARID REGION OF PIAUÍ*

*EXPERIENCIAS EN ESCASEZ DE AGUA: LA REALIDAD SOCIAL Y ECONOMICA
EN EL SEMIARIDO PIAUIENSE*

RESUMO

Com o objetivo de conhecer as dificuldades diárias da população do Território Vale do Guaribas, causadas pela restrição ao acesso de água, este estudo coletou dados da região do semiárido piauiense concernente ao vale do rio Guaribas, que mostram que o uso doméstico de água ainda sofre restrições, independentemente da presença de fontes melhoradas, e as variações no uso são impulsionadas pelas interações da pobreza e da variabilidade das chuvas. Na estação seca, quando muitas fontes falham, o uso para higiene e subsistência cai perigosamente, principalmente entre as famílias pobres, pois o tempo de coleta coincide com a alta demanda por trabalho assalariado. O fornecimento de água suficiente para produção animal e plantio também configuram um desafio para as famílias pobres, que usam menos água porque têm menos mão de obra para a coleta de água e menos ativos de armazenamento e transporte. A escassez de mão de obra também faz com que fontes mais próximas e inseguras sejam preteridas a esquemas protegidos mais distantes. Os benefícios para a saúde e os meios de subsistência de um melhor acesso à água dependem do uso contínuo de água segura suficiente, por todos, mas há um conhecimento limitado dos padrões reais de uso da água e de suas políticas de fornecimento. Aqui, evidenciamos uma lacuna e documentamos as desigualdades intracomunitárias e as variações sazonais no acesso à água. Elas não são capturadas nas estatísticas de cobertura, mas é provável que ocorram sempre que a variabilidade climática se acentue, pois a infraestrutura é inadequada e a pobreza ainda é grave.

Palavras-Chave: Escassez de água; Políticas assistenciais; Semiárido.

ABSTRACT

With the aim of understanding the difficulties faced by the population of the Vale do Guaribas Territory, caused by restricted access to water, this study collected data from the semi-arid region of Piauí concerning the Guaribas river valley, which shows that domestic water use is still subject to restrictions, regardless of the presence of improved sources, and variations in use are driven by the interactions of poverty and rainfall variability. In the dry season, when many sources fail, use for hygiene and subsistence drops dangerously, especially among poor families, as the collection time coincides with the high demand for wage labor. Having enough water for animal production and planting also poses a challenge for poor families, who use less water because they have less labor to collect water and fewer storage and transportation assets. Labor shortages also mean that closer, more insecure sources are passed over for more distant protected schemes. The health and livelihood benefits of improved access to water depend on the continued use of sufficiently safe water by all, but there is limited knowledge of actual water use patterns and supply policies. Here, we highlight a gap and document intra-community inequalities and seasonal variations in access to water. They are not captured in coverage statistics, but are likely to occur whenever climate variability increases, as infrastructure is extensive and poverty is still severe.

Keywords: Water scarcity; Assistance policies; Semiarid

¹ Artigo Publicado na Revista PRACS (Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais a Unifap), Qualis A2.

RESUMEN

Con el objetivo de comprender las dificultades cotidianas de la población del territorio Vale do Guaribas, causadas por el acceso restringido al agua, este estudio recopiló datos de la región semiárida de Piauí sobre el valle del río Guaribas, que muestran que el uso doméstico del agua aún sufre restricciones independientemente de la presencia de fuentes mejoradas, y las variaciones en el uso son impulsadas por las interacciones de la pobreza y la variabilidad de las precipitaciones. En la estación seca, cuando muchas fuentes fallan, el uso para higiene y subsistencia cae peligrosamente, especialmente entre las familias pobres, ya que el tiempo de recolección coincide con la alta demanda de mano de obra asalariada. Proporcionar suficiente agua para la producción animal y la siembra también plantea un desafío para las familias pobres, que usan menos agua porque tienen menos mano de obra para recolectarla y menos recursos de almacenamiento y transporte. La escasez de mano de obra también implica que se pasen por alto fuentes más cercanas e inseguras en favor de sistemas de protección más distantes. Los beneficios para la salud y los medios de vida de un mejor acceso al agua dependen del uso continuo de suficiente agua potable por parte de todos, pero existe un conocimiento limitado de los patrones reales de uso del agua y de las políticas de suministro de agua. Aquí destacamos una brecha y documentamos las desigualdades intracomunitarias y las variaciones estacionales en el acceso al agua. No se reflejan en las estadísticas de cobertura, pero es probable que ocurran cada vez que aumenta la variabilidad climática, ya que la infraestructura es inadecuada y la pobreza sigue siendo grave.

Palabras-Clave: Escasez de agua; Políticas de asistencia; Semiárido.

8.1 Introdução

As restrições relacionadas à água tem um impacto significativo na renda e na segurança alimentar das famílias residentes no semiárido piauiense. A falta de fornecimento adequado de água é um problema já reconhecido há muito (Gleick, 1998) e para famílias de agricultores, por exemplo, o acesso à água pode estabilizar a renda, aumentar a eficiência de outros insumos e abrir novas alternativas de produção, como a diversificação para produtos de maior valor (Namara *et al.*, 2010; Crow *et al.*, 2012).

Nas áreas rurais do semiárido piauiense, a água para uso doméstico é frequentemente usada tanto para produção quanto para consumo e o seu uso em nível doméstico inclui beber, saneamento, higiene e cozinha, bem como a irrigação manual e a subsistência de animais, o que afeta diretamente a renda, além de contribuir para aumentar as possibilidades de educação e saúde (Moriarty *et al.*, 2004; Mesquita; Wittman; Aroudo Mota, 2016)

O tempo necessário para coletar água potável influencia a escolha da fonte de abastecimento de uma casa. Isso foi demonstrado por Multsch *et al.*, 2020, que apontou que essa escolha de usar uma fonte de água não melhorada foi, muitas vezes, uma consequência da distância até as fontes de água melhoradas. Nesse sentido, distância para uma fonte de água, bem como sua forma de captação e armazenamento, independente da qualidade da água,

também tem um impacto sobre a família de outras maneiras, ou seja, aumento do tempo necessário para a coleta de água pode diminuir o tempo de trabalho disponível para a agricultura e afetar o uso de outros insumos (Croppenstedt e Muller, 2000; Botai *et al.*, 2021;).

Isso significa que as famílias estão armazenando mais água em nível doméstico, possivelmente aumentando a exposição a poluentes decorrentes de manuseio ou armazenamento inadequados (Multsch *et al.*, 2020; Tourinho *et al.*, 2022). Além disso, os horários de coleta de água podem influenciar o seu uso dentro da residência, limitar o seu consumo e mudar as práticas de saneamento das famílias como uma estratégia de economia de água, o que tem um impacto negativo na saúde.

De fato, a quantidade de água disponível já havia sido considerada um indicador mais robusto de saúde do que a qualidade da água, em grande parte devido às limitações no saneamento e não no consumo (Esrey *et al.*, 1991; Fewtrell *et al.*, 2005). Especificamente no nordeste brasileiro, o acesso à água foi reconhecido como um dos componentes mais importantes e necessários para atingir as metas de desenvolvimento social e econômico reconhecidas nacionalmente (Multsch *et al.*, 2020; Milhorange, Le Coq e Sabourin, 2021).

Em 2020, a economia brasileira consumiu 6,2 litros de água para cada real de valor adicionado bruto (VAB) produzido. Essa informação foi divulgada nas Contas Econômicas Ambientais da Água (2018-2020), um estudo realizado pelo IBGE em colaboração com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), dados mais recentes. O estudo fornece dados sobre os recursos hídricos disponíveis e a contribuição da água para as atividades econômicas e para as famílias. Entre 2018 e 2020, o volume de água retirado para captação, tratamento e distribuição apresentou um crescimento médio de 1,9%, um percentual considerado relativamente estável.

As famílias, como principais usuárias, foram responsáveis por 70,5% desse total. Durante esse período, enquanto o uso de água para abastecimento pelas famílias aumentou em 1,6%, a utilização de água nas atividades econômicas registrou uma redução média de 3,2%. Em 2020, ano em que a pandemia de Covid-19 começou no país, observou-se uma queda de 11,3% em relação ao ano anterior no consumo de água pelas atividades econômicas.

Estudos realizados no semiárido do nordeste brasileiro mostraram que o acesso precário à água é um determinante significativo de diarreia e doenças bacterianas diversas causadas pelo mal abastecimento ou baixa qualidade da água (Ferrarini *et al.*, 2020). Isso se confirma pela grande quantidade de literatura que analisa as ligações entre o acesso à água potável e a saúde (Zwane e Kremer, 2007; Ruben e Zintl, 2011; Peres *et al.*, 2020; Ferreira *et al.*, 2021).

Há também estudos que analisam a influência da saúde sobre a produtividade e a eficiência agrícola (Asenso-Okyere e Mekonnen, 2011; Yekimov, 2021). No entanto, há ainda, em sentido crescente, pesquisas que analisam o impacto direto das restrições domésticas de acesso à água na produtividade agrícola.

Dadas as restrições orçamentárias do governo, a compreensão das repercussões das políticas e dos gastos de um setor é importante para a elaboração de estratégias de políticas eficientes. Isso é especialmente importante para as repercussões na agricultura, que é a principal fonte de renda da população rural pobre.

Tem-se como hipótese que as restrições de acesso à água têm um impacto negativo sobre a produtividade da mão de obra agrícola, impactando, também, o uso doméstico e contribui para queda na qualidade de vida do cidadão.

Assim, o objetivo foi conhecer as dificuldades diárias da população do Território Vale do Guaribas, causadas pela restrição ao acesso de água.

Para isso, foi utilizado dados primários de pesquisas domiciliares, desenvolvendo abordagem analítica ao apresentar uma visão geral da pesquisa domiciliar e das estatísticas descritivas, quanto à situação dos residentes do vale do rio Guaribas e seu uso da água.

8.2 A água como recurso: distribuição, acesso e uso

A Lei 12.787, promulgada em 2013, marcou um avanço significativo na consolidação de uma política nacional de irrigação no Brasil. Esta legislação visava, entre outros objetivos, fomentar a expansão das áreas irrigadas e incrementar a produtividade agrícola de forma ambientalmente sustentável. A implementação desta política deveria ser fundamentada em planos regionais e nacionais que avaliassem o potencial de expansão e identificassem áreas prioritárias para investimentos públicos. Contudo, até 2019, o plano nacional ainda não havia sido elaborado, e o estudo oficial existente para embasar tal plano necessitava de uma revisão completa (FEALQ-IICA-MI, 2015).

As metas subjacentes a esta política incluem a promoção de um desenvolvimento socioeconômico equitativo (VanWey *et al.*, 2013), a manutenção do papel relevante dos biocombustíveis na matriz energética nacional e o fortalecimento do setor agrícola para atender às demandas domésticas e internacionais de commodities, como a soja (Dalin *et al.*, 2012). Um princípio fundamental desta política é a utilização e gestão sustentáveis dos recursos hídricos e terrestres para irrigação, buscando evitar impactos negativos sobre comunidades e preservar os recursos hídricos, ecossistemas únicos e os serviços ecossistêmicos por eles fornecidos

(Alkimim *et al.*, 2015; Castello e Macedo, 2016; Lathuillière *et al.*, 2016).

A adequação da irrigação como medida para alcançar esses objetivos é tema de debate na literatura científica. Estudos conduzidos por Fachinelli e Pereira (2015) e Scarpore *et al.* (2016), revelam que a irrigação aumenta a produtividade da cana-de-açúcar, especialmente em áreas de expansão projetada, mas também na região central da bacia, onde a produção já está estabelecida. A irrigação demonstra potencial para reduzir custos, melhorando assim a viabilidade econômica da expansão da colheita.

No entanto, estes estudos alertam para a necessidade de não comprometer os recursos hídricos disponíveis, recomendando que as práticas de irrigação sejam restritas a áreas com disponibilidade hídrica suficiente, o que, segundo Scarpore *et al.* (2016), geralmente corresponde à maior parte das porções central e oeste da bacia.

Em uma pesquisa focada na região amazônica, Lathuillière *et al.* (2016) identificaram que o melhor manejo terra-água seria aquele que intensifica a produção agrícola expandindo as áreas de cultivo em pastagens e considerando a irrigação, evitando conflitos com usuários a jusante, como produtores de eletricidade, e reduzindo a pressão sobre os ecossistemas aquáticos na bacia amazônica.

Sabe-se que a expansão da agricultura de sequeiro no sul da Amazônia reduz o suprimento de vapor d'água para a atmosfera. Alkimim *et al.* (2015) propõem que é possível expandir a produção de cana-de-açúcar no Brasil convertendo pastagens existentes em terras agrícolas, sem causar perdas ambientais adicionais. Eles estimam que uma área de 50 milhões de hectares é moderada ou altamente adequada para a produção de cana-de-açúcar.

Em outro estudo, Strassburg *et al.* (2014) avaliam que a produtividade atual das pastagens cultivadas no Brasil é apenas um terço de seu potencial. Os autores argumentam que aumentar essa produtividade para metade do potencial seria suficiente para atender às demandas nacionais de carne, cultivos, produtos madeireiros e biocombustíveis até pelo menos 2040, evitando assim a conversão adicional de ecossistemas naturais. Já Sparovek *et al.* (2015) analisam cenários abrangentes utilizando um modelo espacialmente explícito de uso da terra para a produção agrícola e conservação da natureza no Brasil. Eles concluem que um aumento substancial na produção agrícola, utilizando uma área 1,5 a 2,7 vezes maior que a atual área de cultivo, é viável. Grande parte dessa nova área agrícola estaria localizada em terras atualmente utilizadas como pastagens.

Esses estudos sugerem que há um potencial significativo para expandir a produção

agrícola no Brasil, principalmente por meio da conversão de pastagens em terras cultiváveis e do aumento da produtividade das áreas existentes. Essa abordagem poderia permitir o crescimento da produção agrícola sem necessariamente resultar em desmatamento adicional ou perda de ecossistemas naturais.

O uso e manejo da terra afetam diretamente a utilização dos recursos hídricos. Assim, cada estratégia e decisão relacionada à terra é também relacionada à água. Isso se aplica tanto à água da precipitação que se armazena no solo quanto à água dos rios, lagos, áreas úmidas e aquíferos (Falkenmark, 1995). Embora o Brasil seja considerado rico em recursos hídricos, estes são distribuídos de forma desigual pelo país, o que exige estratégias sustentáveis e equitativas, considerando a disponibilidade hídrica variável no espaço e no tempo.

Nesse contexto, Getirana (2016) ressalta que políticas ineficazes de desenvolvimento energético e gestão hídrica no Brasil têm amplificado os impactos de secas severas recentes, resultando em perdas agrícolas massivas, restrições no abastecimento de água e racionamento de energia.

As métricas de escassez e estresse hídrico evoluíram de simples indicadores de limiar para medidas holísticas que caracterizam os ambientes humanos e a sustentabilidade da água doce (Damkjaer e Taylor, 2017). A Agência Nacional de Águas (ANA) do Brasil utiliza a disponibilidade de água de rios, lagos e aquíferos na gestão operacional, comparando a vazão dos rios, parcialmente fornecida por fluxos regulados de reservatórios, com as retiradas de água. A ANA classifica os níveis de escassez hídrica com base no risco de o fluxo dos rios não suportar os serviços ambientais (ANA, 2015).

8.3 Infraestrutura, investimento e impactos da escassez de água

Um dos desafios governamentais mais significativos do Brasil é garantir a universalização dos serviços de água e saneamento (SAS), apesar de todas as dificuldades geográficas para fornecer esses serviços em certas regiões. É necessário reforçar as conexões entre as condições sociais e ambientais, juntamente com as tendências e o impacto social das políticas ambientais, o valor da vida humana, a equidade, o emprego, o acesso à informação e a participação pública no processo de tomada de decisões. A ausência de SAS adequados é uma das principais causas de poluição e contaminação da água destinada ao consumo humano. Consequentemente, a falta dessa cobertura contribui para o agravamento da disseminação de doenças de veiculação hídrica (Ercumen *et al.*, 2014).

Neste contexto, é fundamental que o governo brasileiro priorize investimentos e

políticas públicas voltadas para a expansão e melhoria dos serviços de água e saneamento em todo o território nacional. Isso não apenas melhoraria a qualidade de vida da população, mas também teria um impacto positivo significativo na saúde pública, no meio ambiente e no desenvolvimento socioeconômico do país.

A universalização dos serviços de água e saneamento requer uma abordagem multidisciplinar, envolvendo não apenas aspectos técnicos e de infraestrutura, mas também considerações sociais, econômicas e ambientais. É crucial promover a participação da comunidade, a educação ambiental e a conscientização sobre o uso sustentável dos recursos hídricos para garantir o sucesso e a sustentabilidade a longo prazo desses esforços (Sathler, 2021).

Embora as condições de acesso aos serviços de água e saneamento (SAS) tenham melhorado nos últimos cinquenta anos, sua infraestrutura no Brasil ainda é deficiente segundo o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS, 2021), o mais recente disponível. Na coleta de esgoto, apenas 55,8% dos domicílios brasileiros estão conectados à rede, o que significa que quase metade das residências descarta seus efluentes em locais inadequados. O sistema de abastecimento de água é mais abrangente que o de saneamento, embora seu acesso ainda não seja universal, atingindo cerca de 84,9% dos domicílios (SNIS, 2021).

De acordo com o Plano Nacional de Saneamento Básico de 2019, o governo brasileiro visaria aumentar de 79% para 85% (até 2023) o percentual de domicílios urbanos atendidos por rede de esgoto ou fossas sépticas (PLANSAB, 2019), o que não aconteceu efetivamente. Além disso, pretendia-se elevar o tratamento de esgoto de 69% para 79%. No entanto, são necessários investimentos ainda mais significativos para universalizar os serviços de saneamento, uma vez que essas taxas não incluem a população rural.

Esses valores expressam uma realidade nacional. Contudo, ao adotar uma perspectiva de análise interterritorial, percebem-se desigualdades regionais significativas: o Brasil é um país continental com vasta dimensão territorial e características heterogêneas, tanto naturais quanto socioeconômicas. As regiões Sul e Sudeste são diferentes das regiões Norte e Nordeste, assim como as áreas metropolitanas e grandes cidades diferem substancialmente dos pequenos municípios em áreas rurais em todo o país.

Tanto os indicadores biofísicos quanto os socioeconômicos e suas interações influenciam significativamente a sustentabilidade do país e a qualidade de vida da população, particularmente a provisão de serviços públicos, como saúde e saneamento básico. Consequentemente, essas diferenciações afetam substancialmente a forma e a qualidade do

acesso aos SAS (Cetrulo *et al.*, 2020, Stefanakis, 2020).

Esta disparidade regional e socioeconômica ressalta a necessidade de políticas públicas e investimentos direcionados, que levem em consideração as particularidades de cada região e contexto social para alcançar uma universalização efetiva e equitativa dos serviços de água e saneamento em todo o território brasileiro, pois a maior parte da população vive em regiões urbanas, frequentemente em condições socioambientais desfavoráveis, vulneráveis a diversas doenças (Tomaz, Jepson e Santos, 2020). É importante ressaltar que essa situação não se restringe apenas aos países em desenvolvimento. No entanto, essa realidade tem se agravado desde 2007, quando a população urbana superou a rural devido ao crescimento populacional natural e à acelerada migração do campo para as cidades (ONU, 2018).

A predominância da falta de serviços de água e saneamento continua sendo um dos problemas críticos nas áreas urbanas. Em 2009, o percentual de domicílios de baixa renda sem infraestrutura era seis vezes maior do que o de domicílios de alta renda (Jaitman, 2015, Meron, Blass e Thoma, 2020). Em grande parte, esses problemas são considerados falhas urbanas que comprometem a qualidade de vida dos moradores, principalmente devido às doenças de veiculação hídrica (Ercumen *et al.*, 2014; Marengo *et al.*, 2022).

Este cenário destaca a urgência de abordar as desigualdades no acesso aos SAS nas áreas urbanas. A rápida urbanização, especialmente nos países em desenvolvimento, tem exacerbado os desafios de infraestrutura adequada para os cidadãos e as disparidades socioeconômicas se refletem diretamente na qualidade e disponibilidade dos serviços básicos, criando um ciclo de vulnerabilidade para as populações de baixa renda.

Os montantes investimentos em infraestrutura de serviços de água e saneamento exigem uma gestão coordenada para torná-los eficientes e eficazes na universalização do acesso e na prevenção de doenças. O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), para o período 2014-2033, propõe os meios para atingir esse objetivo, incluindo o papel da participação dos stakeholders e os instrumentos sociais e subsídios necessários. De acordo com o PLANSAB, o investimento federal anual em SAS (cerca de R\$10 bilhões, em média, na última década) deve ser reduzido para R\$9 bilhões até 2023 e depois aumentado para R\$19,2 bilhões até 2033.

No Brasil, o investimento em infraestrutura de SAS tem quatro fontes principais a saber: (1) prestador de SAS, seja municipal ou estadual; (2) município; (3) Governo Estadual; e (4) União. Até 2021, 91,67% do investimento total veio dos prestadores de SAS (SNIS, 2021). No entanto, isso não é necessariamente válido para todos os Estados. Por exemplo, o investimento

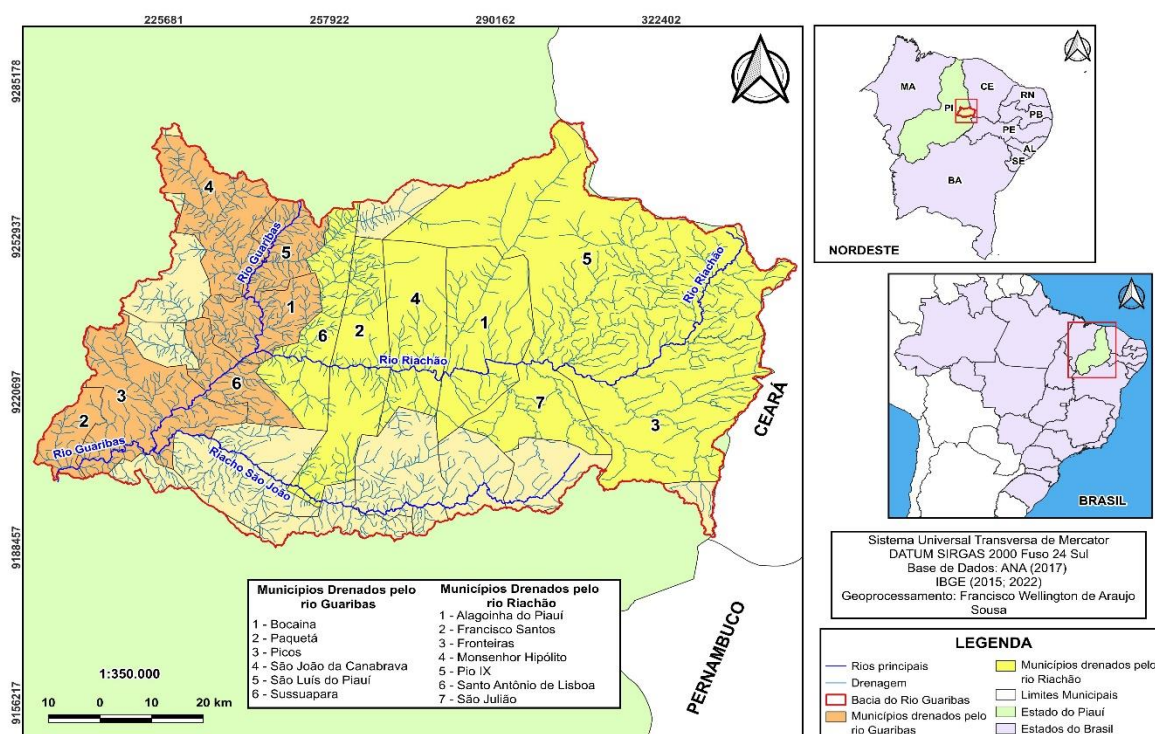
estadual supera as outras fontes nos Estados do Acre (99,46%), Roraima (94,88%), Pará (72,89%), Paraíba (73,42%) e Alagoas (62,60%). Os demais Estados tendem a se posicionar no outro extremo, favorecendo o investimento do prestador de SAS. De fato, em alguns Estados, esta é a única fonte de investimento (por exemplo, São Paulo, Paraná, Distrito Federal, entre outros).

Em outros casos, como Rondônia, Piauí, Pernambuco, Espírito Santo e Rio de Janeiro, embora essa seja a principal fonte de investimento, as outras duas também podem ser significativas. Por exemplo, 27,43% do investimento em SAS no Piauí é municipal, e quase um terço do investimento em Rondônia é estadual. Há uma falta de investimento em SAS no Brasil, e o compromisso político para reverter esse cenário é preocupante. A ausência de infraestrutura de SAS com qualidade adequada é uma consequência direta desse contexto, o que contribui efetivamente para a perpetuação de doenças e epidemias já erradicadas em grande parte do Ocidente. A racionalidade na direção dos investimentos é essencial para aumentar sua eficiência.

Este cenário destaca a necessidade urgente de uma estratégia nacional coesa para abordar as disparidades regionais no investimento em SAS. É crucial que haja uma coordenação mais eficaz entre os diferentes níveis de governo e os prestadores de serviços para garantir uma distribuição mais equitativa dos recursos (Dantas, Da Silva e Santos, 2020). Além disso, é importante explorar modelos de financiamento inovadores e parcerias público-privadas para suprir a lacuna de investimentos. A priorização de investimentos em áreas com maior déficit de saneamento e a implementação de políticas que incentivem a eficiência operacional dos prestadores de serviços são medidas que podem contribuir significativamente para a universalização do acesso aos SAS no Brasil

8.4 Metodologia

Este estudo foi realizado em oito municípios do estado do Piauí, Brasil, sendo eles Monsenhor Hipólito, Pio IX, São Luís do Piauí, São João da Canabrava, Sussuapara, Paquetá, Santo Antônio de Lisboa e Alagoinha, que compõem parte da Bacia Hidrográfica do Rio Guaribas, que abastece a região. Destaca-se que a Bacia Hidrográfica do Rio Guaribas é composta, no total, por 18 municípios (Barros, 2022).

Figura 8.1 – Bacia hidrográfica do Rio Guaribas

Fonte: ANA (2017) e IBGE (2015; 2022)

Os dados coletados foram tabulados e analisados utilizando estatística descritiva. Foram calculadas frequências e porcentagens para variáveis categóricas, e médias e desvios-padrão para variáveis contínuas. Análises cruzadas foram realizadas para examinar relações entre variáveis socioeconômicas e acesso a recursos hídricos.

Para realização do estudo, o projeto de pesquisa foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Piauí (UFPI). A amostra consistiu em 143 participantes, moradores dos municípios selecionados por meio de amostragem por conveniência, aplicada em oito municípios (Tabela 8.1), sendo os municípios escolhidos dentro o território, usando os critérios de terem rios em sua área geográfica e os menores índices de IDH.

Tabela 8.1 – Contagem de indivíduos entrevistados por município

Cidade	Contagem de Indivíduos Entrevistados	Distribuição relativa (%)
Alagoinha	17	11,89
Monsenhor Hipólito	18	12,59
Paquetá	17	11,89
Pio IX	18	12,59
Santo Antônio de Lisboa	18	12,59
São João da Canabrava	19	13,29

São Luís do Piauí	18	12,59
Sussuapara	18	12,59
Total Geral	143	100,00

Fonte: dados da pesquisa (2024)

Os participantes foram abordados em suas residências e convidados a participar do estudo, que foi conduzido entre junho e setembro de 2024. Foi utilizado um questionário estruturado, contendo 44 itens, abrangendo aspectos demográficos, socioeconômicos, condições de moradia, acesso a recursos hídricos e percepções sobre mudanças ambientais (APÊNDICE B).

A distribuição dos participantes por cidade foi relativamente uniforme, garantindo uma amostra representativa das diferentes localidades dentro da região estudada. Essa distribuição equilibrada permite uma análise comparativa entre as cidades, contribuindo para um entendimento mais abrangente das condições de acesso à água na região da bacia do rio Guaribas. A escolha das cidades e o número de entrevistados em cada localidade foram planejados para assegurar que diferentes perspectivas e experiências com relação ao acesso à água fossem adequadamente representadas, proporcionando uma visão detalhada e diversificada sobre a situação hídrica na área estudada.

A representatividade da amostra de 143 participantes para o estudo está fundamentada em critérios metodológicos adaptados à realidade de populações de baixa densidade e alta vulnerabilidade, como as observadas nos 8 municípios em questão. Primeiramente, em contextos onde há heterogeneidade socioeconômica e ambiental significativa – característica comum às regiões do semiárido piauiense – a seleção de uma amostra que oscile entre 100 e 200 participantes é frequentemente adotada por pesquisadores (Hox; Mcneish, 2020; Lakens, 2022). Esse intervalo permite captar a diversidade de experiências relacionadas ao acesso à água, sem comprometer a viabilidade operacional da pesquisa. Em áreas com limitados recursos de deslocamento e dispersão geográfica, a estratégia de dividir a amostra proporcionalmente entre os municípios possibilita que cada recorte local (por exemplo, áreas com diferentes índices de vulnerabilidade e características hídricas) seja representado de forma satisfatória.

Ademais, o critério de seleção dos municípios – a presença de rios e os índices mais baixos de IDH – reforça a adequação da amostra, pois concentra o estudo em áreas onde as restrições ao uso doméstico da água são mais pronunciadas. Essa delimitação geográfica e socioeconômica garante que os dados coletados reflitam, de maneira robusta,

, a influência combinada de fatores como a pobreza e a variabilidade pluviométrica nos padrões de uso da água. Estudos recentes na região do semiárido demonstram que, mesmo com uma amostra relativamente modesta, é possível identificar tendências e disparidades significativas quando há a devida estratificação dos dados (Clemente *et al.*, 2022; Mesquita; Wittman; Aroudo Mota, 2016).

A metodologia de cálculo amostral nesses estudos considera, também, a margem de erro e o nível de confiança (geralmente 95%) adequados para pesquisas em ambientes de difícil acesso e dispersão populacional. Quando a população é heterogênea, a utilização de técnicas como a amostragem estratificada por município – onde cada estrato representa as características locais – é recomendada para reduzir vieses e melhorar a precisão dos resultados (Barbetta, 2019; Fiocruz, 2021). Assim, apesar de 143 participantes parecerem, à primeira vista, um número modesto, esse recorte foi estrategicamente definido para que os dados sejam estatisticamente robustos e representativos do conjunto das condições encontradas na área estudada.

Por fim, a literatura recente sobre acesso à água em áreas do semiárido brasileiro corrobora que, em estudos similares, amostras na faixa de 100 a 200 participantes são metodologicamente aceitáveis para captar as nuances dos desafios enfrentados pelas populações locais (Andrade *et al.*, 2021; Almeida *et al.*, 2023). Dessa forma, a amostra adotada no estudo é considerada suficiente para refletir a realidade dos municípios com rios e baixos índices de desenvolvimento humano, contribuindo para a compreensão dos impactos da pobreza e da variabilidade das chuvas no acesso doméstico à água.

8.5 Resultados e Discussão

Foi observado média relativamente alta na idade e no tempo de moradia dos respondentes (Tabela 8.2).

Tabela 8.2 – Média de idade e tempo de moradia dos entrevistados

Sexo de Nascimento	Média de Tempo de Moradia	Média de Idade
Feminino	47,8	58,8
Masculino	52,7	61,8
Média total geral	50,6	60,5

Fonte: dados da pesquisa (2024)

A diferença entre a média de tempo de moradia para as entrevistadas do sexo feminino (47,8 anos) e sua a média de idade (58,8 anos), indicando que as mulheres da amostra tendem

a ter uma longa história de residência na área, proporcionando uma perspectiva enraizada nas condições locais de acesso à água, representado, também, na média de expectativa de vida da população, também maior para as mulheres com 76,4 anos, enquanto a média de idade dos homens na mesma região, foi de 67,6, quase dez anos a mais (IBGE, 2021).

Para os entrevistados do sexo masculino, a média de tempo de moradia foi ligeiramente superior, sugerindo que os homens na amostra são geralmente mais velhos e têm vivido na região por um período mais longo, o que pode influenciar suas experiências e opiniões sobre o acesso à água.

De forma agregada, a média de tempo de moradia para toda a amostra foi de 50,6 anos, e a média de idade foi de 60,5 anos. Esses números refletem uma população relativamente idosa com uma conexão de longo prazo com a região, o que é crucial para entender as tendências históricas e atuais no acesso à água, porém muito abaixo da expectativa geral de vida esperada para o estado do Piauí, de 71,9 anos (IBGE, 2021), o que lança evidência de que a restrição de acesso à água tem impacto na expectativa de vida.

Essas estatísticas são fundamentais para compreender como diferentes demografias na bacia do rio Guaribas experienciam e percebem questões relacionadas ao acesso à água e seu consumo e como isso se reflete na vida e na saúde do residente. A longa média de tempo de moradia sugere que muitos dos entrevistados têm vivenciado mudanças significativas na gestão de recursos hídricos da região, enquanto as diferenças de idade entre os sexos indicam variações nas percepções e nas necessidades relacionadas à água. Essa análise demográfica detalhada ajuda a enriquecer a compreensão dos desafios e das oportunidades na gestão sustentável da água na região estudada, o fato pode sofrer influência da escolarização do indivíduo (Sathler, 2021), dados apresentados na Tabela 8.3.

Tabela 8.3 – Descritivo de escolarização por sexo de nascimento

Escolaridade	Feminino	Masculino	Total Geral	Distribuição relativa (%)
Ensino fundamental	23	32	55	38,46
Ensino médio	11	18	29	20,28
Ensino superior	8	3	11	7,69
Não Escolarizado	17	28	45	31,47
Pós-graduação	2	1	3	2,10
Total Geral	61	82	143	100,00

Fonte: dados da pesquisa (2024)

Com uma amostra composta por 55 indivíduos, o grupo com apenas o ensino fundamental representa a maior parte da amostra, indicando uma prevalência de educação

básica entre os entrevistados, o que influencia as perspectivas sobre o acesso e gestão da água na região, considerando que experiências e percepções podem variar, significativamente, quanto ao conhecimento concernente às políticas públicas, direitos e deveres relativos ao acesso e consumo da água, dado que poucos indivíduos conhecem de fato o que é uma política de abastecimento e saneamento, percebendo que esse processo se limita apenas à entrega da água, isso se reflete nas falas quando, aos entrevistados, foi indagado sobre seu conhecimento sobre o tema.

São programas de governo que são utilizados para abastecimento da população, o acesso a água, o cuidado que a gente tem até porque é um bem precioso, o que temos hoje é um posto para abastecer (Morador de São Luís do Piauí)

Eu acho que é a forma como o governo se preocupa em como fazer pra abastecer uma cidade, para a água chegar em nossa casa (Morador de Paquetá)

Quando o governo por meio de uma política leva água pra população, limpa e para consumo (Morador de Sussuapara)

Políticas que auxiliam a população a se manter contra a escassez de água atinge níveis alarmantes, o governo faz para poder ter água na nossa casa que é de responsabilidade dos governantes, mas eu acho que ainda tem muito o que ser melhorado (Morador de Pio IX).

Acredita-se que, a baixa formação educacional pode se refletir no nível de renda, apresentado pelos entrevistados da amostra (Tabela 8.4).

Tabela 8.4 – Distribuição da amostra por renda nas cidades entrevistadas

Cidade	01 SM	02 SM	Acima de 03 SM	Entre 01 e 02 SM	Entre 02 e 03 SM	Menor que 01 SM	Total Geral	Distribuição relativa (%)
Alagoinha	5	5	0	1	2	4	17	11,89
Monsenhor Hipólito	5	1	2	4	1	5	18	12,59
Paquetá	10	3	0	1	0	3	17	11,89
Pio IX	4	2	5	1	1	5	18	12,59
Santo Antônio de Lisboa	8	7	0	2	1	0	18	12,59
São João da Canabrava	11	0	2	0	0	6	19	13,29
São Luís do Piauí	6	2	1	0	1	8	18	12,59
Sussuapara	11	5	0	0	0	2	18	12,59
Total Geral	60	25	10	9	6	33	143	100,00

*SM: Salário-mínimo

Fonte: dados da pesquisa (2024)

Quanto à renda, pelos resultados obtidos na amostra, reflete uma diversidade socioeconômica das comunidades na bacia do rio Guaribas, permitindo uma análise contextualizada sobre como a renda influencia o acesso à água. A distribuição dos entrevistados entre diferentes faixas de renda permite entender as disparidades no acesso a água, bem como para identificar as necessidades específicas de cada grupo. Essa abordagem possibilita que as políticas e intervenções futuras sejam mais bem direcionadas, visando melhorar as condições de acesso à água para todos os segmentos da população.

Quanto ao acesso a recursos hídricos na região da pesquisa (Tabela 8.5), o tipo de abastecimento mais comum mencionado pelos entrevistados entre as cidades é o poço tubular, com um total de 84 registros. Isso representa aproximadamente 58,7% da amostra total, indicando que a maioria dos entrevistados depende desse método para o abastecimento de água, achado que converge com os estudos de Jaitman (2015), Meron, Blass e Thoma (2020) e Şen (2021), que analisaram como as estruturas de distribuição de água contribuem para o suporte às regiões mais secas

Tabela 8.5 – Tipo de abastecimento predominante por cidade

Cidade	Açudes	Carro Pipa	Cisternas	Poço artesiano	Poço tubular	Total Geral	Distribuição relativa (%)
Alagoinha	0	2	1	0	14	17	11,89
Monsenhor Hipólito	0	0	0	17	1	18	12,59
Paquetá	0	0	1	0	16	17	11,89
Pio IX	16	1	0	0	1	18	12,59
Santo Antônio de Lisboa	0	0	0	0	18	18	12,59
São João da Canabrava	0	0	0	2	17	19	13,29
São Luís do Piauí	0	0	1	0	17	18	12,59
Sussuapara	0	0	1	0	17	18	12,59
Total Geral	16	3	4	19	101	143	100,00

Fonte: dados da pesquisa (2024)

O abastecimento por açudes é quase inexistente, com apenas 16 registros em Pio IX, mesmo que tenha sido afirmado por boa parte dos entrevistados que esse meio foi um dos principais caminhos de acesso à água na região. Isso sugere que, embora os açudes possam ser uma fonte tradicional de água, sua utilização é limitada nas outras cidades, possivelmente devido a questões de disponibilidade ou qualidade da água. O uso de carro-pipa é muito baixo, com apenas 3 registros (2 em Alagoinha e 1 em Pio IX) e as cisternas também têm uma presença reduzida, com apenas 3 registros (1 em Paquetá, 1 em São Luís do Piauí e 1 em Sussuapara)

Isso pode indicar uma dependência menor de soluções temporárias ou alternativas para o abastecimento de água, apontando para uma mudança, mesmo que lenta, da forma de abastecimento para meios mais seguros e eficientes. O poço artesiano é utilizado principalmente em Monsenhor Hipólito, onde 17 dos 18 entrevistados dependem desse método. Isso pode indicar uma infraestrutura de água mais desenvolvida nessa cidade, permitindo o acesso a fontes de água subterrânea. Contudo, a baixa utilização da água do rio (Figura 8.5) reflete uma significativa restrição de acesso a esse recurso. Isso pode ser resultado de fatores como a qualidade da água, em que o rio pode estar poluído ou contaminado, tornando sua água imprópria para uso, evidência já apresentada por Stefanakis (2020) no Colorado, Califórnia, Austrália e China. Outro fator está na distância, em que as comunidades podem estar localizadas longe do rio, dificultando o acesso exigindo infraestrutura adequada, pois muitos dos entrevistados afirmam que falta sistemas de captação e distribuição da água, não somente do rio, mas de outras fontes.

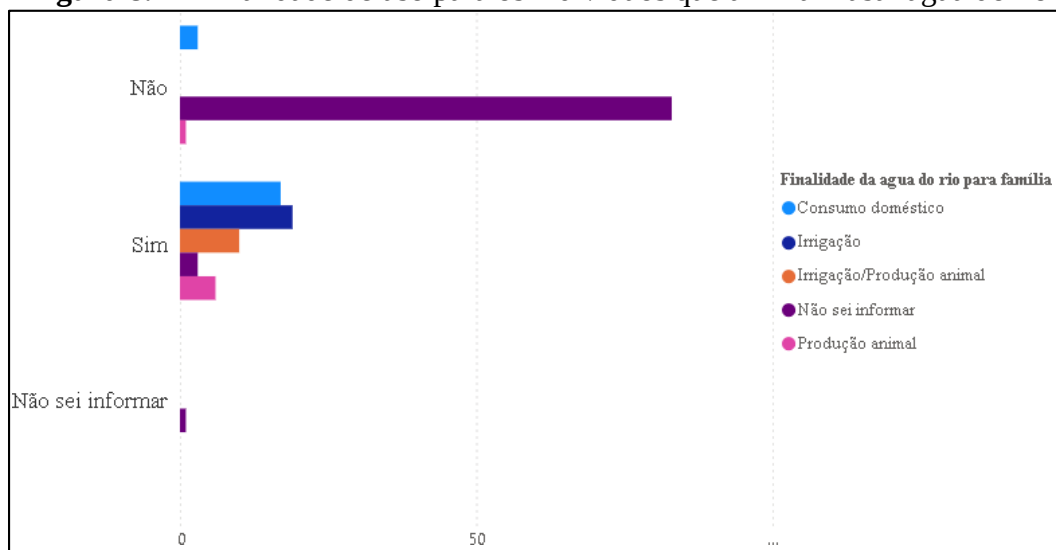
“Quando não tem água é complicado hoje não temos como fazer coisa alguma dificuldade de transporte acesso impedem que a gente faça os afazeres domésticos” (Morador de Sussuapara)

“Eu levava roupa para lavar em outra localidade aqui não tinha água pra fazer almoço pra devir nem pra tomar banho” (Morador de São Luís do Piauí)

“IA buscar longe a água lá no olho d’água colocava os baldes na cabeça, uma vida muito difícil” (Morador de Alagoinha)

“A gente teve que recorrer às águas do Rio, mesmo ele não sendo essas coisas, mas já dá pra quebrar o galho, mas isso faz tempo” (Morador de São Luís do Piauí)

“Não podia tomar banho, não podia lavar roupa, tinha que usar as mesmas roupas, pegar água em outra cidade” (Morador de Paquetá)

Figura 8.2 – Finalidade de uso para os indivíduos que afirmam usar água do rio

Fonte: dados da pesquisa (2024)

Entre os poucos que utilizam a água do rio, o uso é principalmente para irrigação, produção animal e consumo doméstico. Isso sugere que a água do rio é vista como um recurso de última instância, usado apenas quando outras fontes não estão disponíveis. Aqui há uma priorização dos usos essenciais da água, focando em atividades de subsistência e produção de alimentos, convergindo com o que afirmam Andrade *et al.* (2020) e Ferrarini *et al.* (2020). Quanto aos impactos da seca, a situação se torna ainda mais crítica com a redução do volume de água, pois a seca diminui o seu volume disponível no rio, agravando ainda mais o problema de acesso, aumentando a competição pois com menos água disponível, pode haver um aumento nos conflitos pelo uso da água entre diferentes usuários e comunidades (Chiquito Gesualdo, 2021). O uso da água, impactado pela seca, afeta a agricultura e a pecuária, leva a perdas significativas na produção agrícola, afetando a segurança alimentar e a economia local.

Por outro lado, a baixa dependência da água do rio indica que as comunidades já desenvolveram estratégias alternativas de abastecimento de água, uso de poços e águas subterrâneas, captação e armazenamento de água da chuva e sistemas de reuso de água (vide Tabela 5). Ainda assim, a situação destaca a necessidade de investimentos em infraestrutura hídrica para melhorar o acesso à água do rio, quando apropriado, programas de recuperação e preservação do rio para melhorar a qualidade da água, desenvolvimento de fontes alternativas de água para aumentar a resiliência das comunidades durante períodos de seca e projetos de educação e conscientização sobre o uso sustentável da água (Tomaz, Jepson e Santos, 2020; Sathler, 2021).

Em conclusão, revela-se uma situação complexa de acesso restrito à água do rio, exacerbada por condições de seca. Isso ressalta a vulnerabilidade das comunidades locais e a necessidade urgente de estratégias integradas de gestão de recursos hídricos que considerem tanto as necessidades imediatas quanto a sustentabilidade a longo prazo do abastecimento de água na região (Marengo *et al.*, 2022). Nesse sentido, a análise revela que cada cidade tem características distintas em relação ao abastecimento de água. Enquanto Santo Antônio de Lisboa e Pio IX dependem fortemente de poços tubulares e açudes, respectivamente, outras cidades como Alagoinha e Paquetá mostram uma dependência quase exclusiva de poços tubulares.

Os dados coletados mostram uma clara predominância do poço tubular como a principal fonte de abastecimento. A baixa utilização de açudes, carros-pipa e cisternas sugere que as comunidades podem estar enfrentando desafios em relação à diversificação de suas fontes de água. Essa análise é fundamental para entender as dinâmicas de abastecimento de água na região e pode informar políticas e intervenções futuras para melhorar o acesso à água potável.

8.6 Auxílios e Projetos:

Nenhum dos entrevistados se reportou como beneficiário do programa Bolsa Família em períodos de seca, exceto São João da Canabrava, que teve 1 entrevistado que se declarou como beneficiário nesse período. Isso sugere que a assistência direta por meio deste programa não é uma fonte significativa de apoio durante a seca para a maioria das comunidades, contudo, a maioria dos entrevistados em todas as cidades relatou não receber qualquer assistência pública no mesmo período. Por exemplo, em Pio IX, 14 dos 18 entrevistados afirmaram não receber nenhum tipo de apoio, o que representa 77,8% da amostra dessa cidade (Tabela 8.6). No entanto, ainda que em menor frequência, o Seguro Safra emerge como a assistência que ainda chega aos moradores da região.

Tabela 8.6 – Assistência pública recebida durante os períodos de seca por cidade

Cidade	Bolsa Família	Nenhum	Seguro Safra	Total Geral	Distribuição relativa (%)
Alagoinha	0	13	4	17	11,89
Monsenhor Hipólito	0	9	9	18	12,59
Paquetá	0	9	8	17	11,89
Pio IX	0	14	4	18	12,59
Santo Antônio de Lisboa	0	12	6	18	12,59
São João da Canabrava	1	13	5	19	13,29

São Luís do Piauí	0	10	8	18	12,59
Sussuapara	0	11	7	18	12,59
Total Geral	1	91	51	143	100,00

Fonte: dados da pesquisa (2024)

O programa Seguro Safra teve uma presença limitada, com um total de 43 beneficiários distribuídos entre as cidades. A cidade de Monsenhor Hipólito e Paquetá tiveram 9 beneficiários cada, enquanto Pio IX e Santo Antônio de Lisboa tiveram 4 e 6, respectivamente. Isso indica que, embora o Seguro Safra seja uma opção, sua cobertura ainda é insuficiente para atender a todas as necessidades das comunidades durante períodos de seca.

Desta forma, verifica-se que a ausência de assistência significativa por meio do Bolsa Família (Tabela 8.7) e a alta proporção de indivíduos que não recebem nenhum apoio indicam uma vulnerabilidade econômica acentuada nas comunidades. Isso pode resultar em dificuldades adicionais para lidar com os efeitos da seca, como a escassez de água para consumo e produção já previstos por Soares *et al.* (2021) e Marengo *et al.* (2022). A dependência limitada do Seguro Safra sugere que muitos agricultores podem estar expostos a riscos sem a rede de segurança necessária para mitigar os impactos da seca em suas colheitas e, conseqüentemente, em sua renda.

Tabela 8.7 – Entrevistados que afirmam receber bolsa família fora do período da seca

Cidade	Bolsa família	Nenhum	Total Geral	Distribuição relativa (%)
Alagoinha	2	15	17	11,89
Monsenhor Hipólito	5	13	18	12,59
Paquetá	1	16	17	11,89
Pio IX	5	13	18	12,59
Santo Antônio de Lisboa	0	18	18	12,59
São João da Canabrava	4	15	19	13,29
São Luís do Piauí	1	17	18	12,59
Sussuapara	2	16	18	12,59
Total Geral	20	123	143	100,00

Fonte: dados da pesquisa (2024)

Pelos dados na Tabela 8.7, ressalta-se a necessidade urgente de políticas públicas que ampliem o acesso à assistência durante períodos de seca. Isso pode incluir a expansão do Bolsa Família e a melhoria da cobertura do Seguro Safra, além de outras iniciativas que garantam a segurança alimentar e hídrica das comunidades. A implementação de programas de conscientização e capacitação sobre o uso eficiente da água e a gestão de recursos hídricos também é crucial para aumentar a resiliência das comunidades frente a futuras crises (Dantas, Silva e Santos, 2020).

A falta de apoio significativo por meio do Bolsa Família e a alta proporção de indivíduos sem assistência indicam a necessidade de intervenções urgentes para garantir que as comunidades possam enfrentar os desafios impostos pela seca de maneira mais eficaz. A implementação de políticas públicas adequadas é essencial para melhorar a resiliência e a qualidade de vida das populações afetadas.

8.7 Impacto da Falta de Água:

Na Tabela 8.8 , são apresentados os dados sobre o tipo de saneamento acessado pelos entrevistados, diante dos dados, percebe-se que a falta de acesso à água potável pode ter sérias implicações para a saúde pública, segurança alimentar e qualidade de vida das comunidades afetadas. A amostra apresenta 57 entrevistados que afirmam que há coleta de lixo em suas cidades e 86 relatando que não há. Isso indica que uma proporção significativa (60,1%) da população sem acesso a serviços de coleta de lixo, o que leva a sérias implicações para a saúde pública e o meio ambiente (Marengo *et al.*, 2020).

Tabela 8.8 – Tipo de saneamento básico apontado como existente pelos entrevistados

Abastecimento de água					Esgotamento sanitário			
Cidade	Não	(%)	Sim	(%)	Não	(%)	Sim	(%)
Alagoinha	3	4,92	14	17,07	17	14,91	0	0
Monsenhor Hipólito	0	0,00	18	21,95	7	6,14	11	37,93
Paquetá	12	19,67	5	6,10	16	14,04	1	3,45
Pio IX	9	14,75	9	10,98	11	9,65	7	24,14
Santo Antônio de Lisboa	1	1,64	17	20,73	10	8,77	8	27,59
São João da Canabrava	12	19,67	7	8,54	18	15,79	1	3,45
São Luís do Piauí	16	26,23	2	2,44	18	15,79	0	0,00
Sussuapara	8	13,11	10	12,20	17	14,91	1	3,45
Total Geral	61	100,00	82	100,00	114	100,00	29	100,00
Coleta de lixo					Limpeza de ruas			
Cidade	Não	(%)	Sim	(%)	Não	(%)	Sim	(%)
Alagoinha	5	5,81	12	21,05	9	7,63	8	32,00
Monsenhor Hipólito	3	3,49	15	26,32	13	11,02	5	20,00
Paquetá	17	19,77	0	0,00	17	14,41	0	0,00
Pio IX	8	9,30	10	17,54	14	11,86	4	16,00
Santo Antônio de Lisboa	5	5,81	13	22,81	12	10,17	6	24,00
São João da Canabrava	17	19,77	2	3,51	19	16,10	0	0,00
São Luís do Piauí	18	20,93	0	0,00	17	14,41	1	4,00
Sussuapara	13	15,12	5	8,77	17	14,41	1	4,00
Total Geral	86	100,00	57	100,00	118	100,00	25	100,00

Fonte: dados da pesquisa (2024)

A análise dos dados sobre o abastecimento de água na bacia do rio Guaribas revela uma situação desigual em termos de acesso à água potável. Embora a maioria dos entrevistados tenha acesso, uma proporção significativa ainda enfrenta restrições.

A situação é particularmente crítica em cidades como São Luís do Piauí, onde a falta de abastecimento pode ter consequências graves para a saúde e o bem-estar da população como apontam Mesquita, Wittman e Aroudo Mota (2016). A implementação de políticas públicas adequadas é fundamental para garantir que todos os cidadãos tenham acesso a esse recurso vital (Mulsch et al., 2020; Ferreira *et al.*, 2021, Milhorange, Le Coq e Sabourin, 2021).

A escassez de água, e infraestrutura insuficiente de saneamento básico, pode levar a um aumento de doenças transmitidas pela água (Ercumen *et al.*, 2014) e impactar a agricultura local. As cidades com maior acesso à água, como Monsenhor Hipólito e Santo Antônio de Lisboa, podem ter uma vantagem em termos de desenvolvimento econômico e social, enquanto aquelas com menor acesso enfrentam desafios adicionais, como relatado por alguns moradores

“A questão maior da dificuldade é ter que comprar água, acaba saindo caro pra gente, mas não tenho que fazer” (Morador de São João da Canabrava)

“A dificuldade era grande, íamos a pé para poder pegar água com baldes garrafas e tambores para termos como fazer as tarefas da casa” (Morador de Alagoinha)

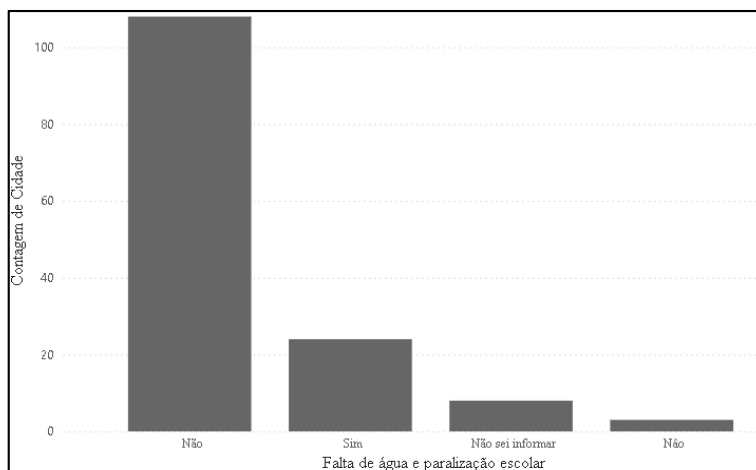
Os dados ressaltam a necessidade urgente de políticas públicas que visem melhorar a infraestrutura de abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo e limpeza das ruas nas cidades com maior escassez. Isso pode incluir investimentos em sistemas de captação, armazenamento e distribuição de água, sistemas de coleta e tratamento de resíduos e esgotos, assim como programas de conscientização sobre a gestão sustentável da água e a importância do acesso à água potável também são essenciais para garantir que as comunidades possam enfrentar os desafios hídricos de forma eficaz.

O município de Monsenhor Hipólito apresenta a maior taxa de coleta de lixo, com 15 dos 18 entrevistados afirmando que há coleta regular. Isso sugere uma gestão de resíduos mais eficaz nesta cidade. Porém Paquetá e São Luís do Piauí são as cidades com a maior falta de coleta de lixo, com 17 e 18 entrevistados, respectivamente, relatando que não há serviços de coleta.

Isso indica uma situação crítica que pode levar a problemas de saúde pública (Figura 8.4), como a proliferação de doenças transmitidas por vetores e contaminação ambiental, fato que tem consequências como a interrupção de atividades escolares, mesmo que com baixa

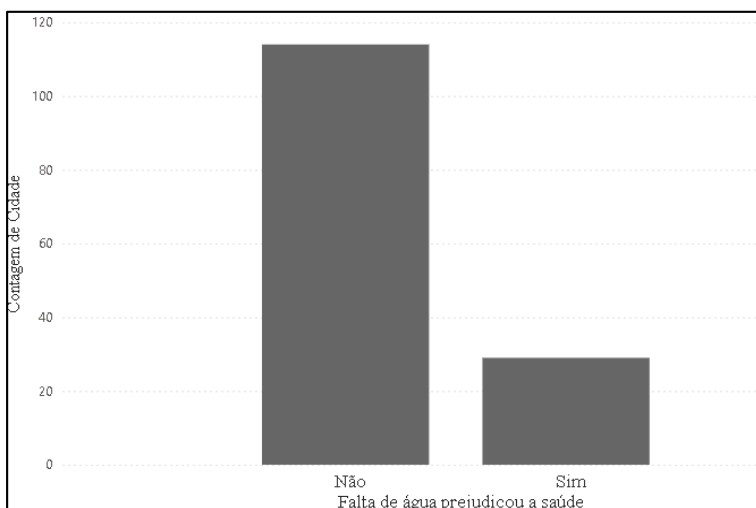
frequência, ainda acontece como se apresenta nos dados da (Figura 8.3). São João da Canabrava também apresenta um alto número de pessoas sem coleta de lixo, com 17 dos 19 entrevistados afirmando que não há serviços disponíveis.

Figura 8.3 – Relação entre falta de água e paralisação de atividades escolares



Fonte: dados da pesquisa (2024)

Figura 8.4 – Falta de água como prejuízo à saúde



Fonte: dados da pesquisa (2024)

A falta de coleta de lixo pode resultar em acúmulo de resíduos nas ruas, o que não apenas afeta a estética urbana, mas também pode causar problemas de saúde, como doenças respiratórias e infecções, prejudicando as atividades estudantis e laborais (Ercumen *et al.*, 2014; Ferreira *et al.*, 2021).

As cidades com coleta de lixo, como Monsenhor Hipólito e Santo Antônio de Lisboa, podem ter uma qualidade de vida superior e um ambiente mais saudável, enquanto aquelas sem serviços adequados enfrentam desafios adicionais. Os dados ressaltam a necessidade urgente de políticas públicas que visem melhorar a coleta de lixo nas cidades com maior escassez de serviços. Isso pode incluir investimentos em infraestrutura de gestão de resíduos e programas de conscientização sobre a importância da coleta regular. A implementação de sistemas de coleta de lixo mais eficientes e acessíveis é crucial para garantir que todas as comunidades tenham acesso a serviços básicos de saneamento.

Os dados sobre a coleta de lixo nas cidades amostradas da bacia do rio Guaribas, coletados das entrevistas com os residentes da região, revela uma situação desigual em termos de acesso a serviços de gestão de resíduos. Embora algumas cidades apresentem um bom desempenho segundo os respondentes, uma proporção significativa da população ainda enfrenta a falta de coleta de lixo, o que pode ter consequências graves para a saúde e o bem-estar da população. A implementação de políticas públicas adequadas é fundamental para garantir que todos os cidadãos tenham acesso a serviços essenciais de coleta de lixo, promovendo um ambiente mais saudável e sustentável (Multsch *et al.*, 2020; Ferrarini *et al.*, 2020).

8.7.1 Desabastecimento e suas consequências

Da amostra, 70 indivíduos afirmaram não ter problemas de desabastecimento de água (Tabela 8.9), enquanto 73 relataram enfrentar essa questão. Isso indica que uma proporção significativa (51,0%) da população está lidando com problemas de desabastecimento, o que é alarmante e sugere uma crise hídrica nas comunidades, trazendo problemas que são evidenciados já nos estudos de Tomaz, Jepson e Santos (2020).

Tabela 8.9 - Problemas de desabastecimento

Cidade	Não	Sim	Total Geral	Distribuição relativa (%)
Alagoinha	7	10	17	11,89
Monsenhor Hipólito	13	5	18	12,59
Paquetá	14	3	17	11,89
Pio IX	2	16	18	12,59
Santo Antônio de Lisboa	9	9	18	12,59
São João da Canabrava	8	11	19	13,29
São Luís do Piauí	4	14	18	12,59
Sussuapara	13	5	18	12,59
Total Geral	70	73	143	100,00

Fonte: dados da pesquisa (2024)

A análise dos dados sobre problemas de desabastecimento de água nas oito cidades da bacia do rio Guaribas fornece uma visão crítica sobre a situação hídrica enfrentada pelas comunidades locais, inclusive quanto à percepção de mudanças climáticas, o que agrava tal percepção, fato emergido nos relatos dos moradores entrevistados.

“Eu venho observando que as chuvas estão diminuindo e a temperatura vem ficando alta a cada ano, ocasionando uma umidade do ar muito baixa quando tá muito quente” (Morador de Sussuapara)

“Eu venho pra sabendo que o calor tá aumentando isso prejudica a plantação a criação da gente morre” (Morador de Alagoinha)

“Tem o aumento da temperatura esse ano, tá muito quente e esse tempo seco é muito ruim para nossa região, é difícil, a chuva acabou aqui na nossa região e o agricultor não tira mais safra, não tem inverno, chove aqui e acolá, o calor só tá aumentando. Eu acho que tá piorando a cada ano, a criação morre, as plantas morrem” (Morador de Santo Antônio de Lisboa).

A cidade de Pio IX, de acordo com os respondentes, apresenta a maior taxa de desabastecimento, com 16 dos 18 entrevistados (88,9%) afirmando ter problemas. Isso sugere uma situação crítica que pode exigir intervenções imediatas para garantir o acesso à água. São Luís do Piauí também mostra uma alta incidência de desabastecimento, com 14 dos 18 entrevistados (77,8%) relatando problemas. Essa situação pode impactar severamente a qualidade de vida e a saúde da população local. Já as cidades de Paquetá e Monsenhor Hipólito têm as menores taxas de desabastecimento, com apenas 3 e 5 entrevistados, respectivamente, relatando problemas. Isso pode indicar que essas cidades têm uma infraestrutura hídrica mais robusta ou acesso a fontes alternativas de água.

A alta incidência de desabastecimento em várias cidades pode ter sérias implicações para a saúde pública, segurança alimentar e bem-estar geral da população. A falta de água potável pode levar a doenças, comprometer a agricultura e aumentar a vulnerabilidade econômica das comunidades. As cidades mais afetadas, como Pio IX e São Luís do Piauí, podem enfrentar desafios adicionais, como migração de pessoas em busca de melhores condições de vida e aumento de conflitos por recursos hídricos.

Os dados ressaltam a necessidade urgente de políticas públicas que abordem a crise de desabastecimento de água. Isso pode incluir investimentos em infraestrutura hídrica, como a construção de reservatórios, poços artesianos e sistemas de captação de água da chuva. Nesse sentido, programas de conscientização sobre o uso sustentável da água e a gestão de recursos

hídricos também são essenciais para garantir que as comunidades possam enfrentar os desafios hídricos de forma eficaz.

A análise dos dados sobre problemas de desabastecimento de água na bacia do rio Guaribas revela uma situação preocupante, principalmente se esse desabastecimento durar longos períodos, Tabela 8.10, com uma proporção significativa da população enfrentando dificuldades no acesso a esse recurso vital. A situação é particularmente crítica em cidades como Pio IX e São Luís do Piauí, onde a maioria dos entrevistados relatou problemas de desabastecimento. A implementação de políticas públicas adequadas é fundamental para garantir que todos os cidadãos tenham acesso a água potável e para promover a resiliência das comunidades diante de futuras crises hídricas.

Tabela 8.10 – Longos períodos de desabastecimento e falta de abastecimento em casa

Cidade	Longos períodos de desabastecimento		Falta de abastecimento em casa		Total	Distribuição relativa (%)
	Não	Sim	Não	Sim		
Alagoinha	9	2	0	6	17	11,88
Monsenhor Hipólito	11	1	0	6	18	12,58
Paquetá	14	1	0	2	17	11,88
Pio IX	2	1	0	15	18	12,58
Santo Antônio de Lisboa	12	1	0	5	18	12,58
São João da Canabrava	7	4	0	8	19	13,28
São Luís do Piauí	4	1	2	11	18	12,58
Sussuapara	12	4	0	2	18	12,58
Total Geral	71	15	2	55	143	100

Fonte: dados da pesquisa (2024)

Pelo estudo da Tabela 8.10, é possível permite uma análise dos dados que deve ser contextualizada sob a condição de seca, que pode ter impactado a disponibilidade de água nas cidades da bacia do rio Guaribas. A seca pode ter agravado os problemas de desabastecimento de água, levando a uma maior escassez de água em casa, observado na Figura 8.8, que traz as imagens do rio Guaribas, em trecho completamente seco.

Figura 8.5 – Imagem do rio Guaribas



Fonte: Foto de Francisco Antônio Gonçalves de Carvalho (2024)

Considerando longos períodos de desabastecimento, os dados mostram que várias cidades enfrentam essa dificuldade, o que pode ter sido agravado pela condição de seca. Isso leva a uma maior dependência de fontes alternativas de água, como poços artesianos ou sistemas de captação de água da chuva. A falta de água em casa é um problema significativo em várias cidades, agravado pela condição de seca. Essa restrição leva a uma maior dificuldade para as famílias em realizar atividades básicas, como higiene pessoal e limpeza como relatado pelos entrevistados.

“A gente teve que comprar vários galões de água pra gente beber cozinhar e banhar” (Morador de São João da Canabrava)

“A dificuldade era grande íamos a pé para poder pegar água com baldes garrafas tambores para termos como fazer as tarefas da casa” (Morador de Paquetá)

“A gente recorreu ao rio mesmo a água não sendo boa, a gente levava balde, os anos iam passando até quando eles normalizaram, mas isso já faz tempo, a questão maior da dificuldade é ter que comprar água, acaba saindo caro pra gente mas não tem o que fazer, a gente fica parado sem água, a gente para de cozinhar, é difícil tomar banho, a gente precisa de água pra tudo” (Morador de Monsenhor Hipólito)

No que concerne às implicações sociais e econômicas, a condição de seca e a falta de água em casa pode ter implicações significativas para as comunidades locais. A falta de água leva a doenças, compromete a agricultura e aumenta a vulnerabilidade econômica das

comunidades.

Nesse sentido, os dados ressaltam a necessidade urgente de políticas públicas que abordem a crise de desabastecimento de água, especialmente sob a condição de seca. Isso pode incluir investimentos em infraestrutura hídrica, como a construção de reservatórios, poços artesianos e sistemas de captação de água da chuva.

8.8 Considerações finais

O objetivo deste estudo foi conhecer as dificuldades diárias da população do Território do Vale do Guaribas e sua bacia hidrográfica, causadas pela restrição ao acesso de água. Os dados foram coletados da região do semiárido piauiense concernente ao vale do rio Guaribas e mostraram que o uso doméstico de água ainda sofre restrições, independentemente da presença de fontes melhoradas, e as variações no uso são impulsionadas pelas interações da pobreza e da variabilidade das chuvas. A análise dos dados sobre problemas de desabastecimento de água na bacia do rio Guaribas, também contextualizada sob a condição de seca, revela uma situação preocupante, com uma proporção significativa da população enfrentando dificuldades no acesso a esse recurso.

A condição de seca agrava os problemas de desabastecimento de água, e causa uma maior escassez de água nas casas. Os dados mostram que várias cidades enfrentam longos períodos de desabastecimento de água, o que pode ter sido agravado pela condição de seca. Isso pode ter levado a uma maior dependência de fontes alternativas de água, como poços artesianos ou sistemas de captação de água da chuva. A falta de água em casa é um problema significativo em várias cidades, e é agravado pela condição de seca, causando uma maior dificuldade para as famílias em realizar atividades básicas, como higiene pessoal e limpeza.

Outra preocupação que emerge das condições restritas de acesso à água são as doenças, causadas pela poluição, pela falta de saneamento e más condições de tratamento da água, dado que a infraestrutura ainda é ineficiente para atender efetivamente a demanda da população na região. Os dados ressaltam a necessidade urgente de políticas públicas que abordem a crise de desabastecimento de água, especialmente sob a condição de seca. Isso pode incluir investimentos em infraestrutura hídrica, como a construção de reservatórios, poços artesianos e sistemas de captação de água da chuva, ou seja, a implementação de políticas públicas adequadas é fundamental para garantir que todos os cidadãos tenham acesso a água potável e para promover a resiliência das comunidades diante de futuras crises hídricas.

A comparação dos resultados observados no semiárido brasileiro com as experiências

de outras regiões semiáridas (como o Sahel africano, o semiárido do México e da Índia) permite identificar tanto elementos comuns quanto especificidades locais. Em diversas pesquisas, é possível constatar que, independentemente do contexto, as regiões semiáridas enfrentam desafios similares relacionados à escassez de água, desigualdades no acesso e a necessidade de adoção de estratégias de adaptação desde o uso de tecnologias sociais, como cisternas e sistemas de captação de água, até intervenções governamentais estruturadas para garantir a segurança hídrica. No Brasil, políticas públicas como o Programa Cisternas e a transposição do Rio São Francisco ilustram tentativas de mitigar os impactos da variabilidade climática, embora apresentem eficácia limitada diante das particularidades da região, como a heterogeneidade socioeconômica e a expansão urbana desordenada. Estudos internacionais, por sua vez, enfatizam a relevância de abordagens comunitárias e o uso de conhecimentos tradicionais, fatores que também emergem como relevantes no contexto brasileiro, mas que devem ser adaptados às especificidades locais.

Entretanto, a comparação entre as regiões também revela barreiras mais sistemáticas para a generalização dos resultados. Por exemplo, enquanto o semiárido brasileiro beneficia-se de um arcabouço legislativo consolidado (como a Lei nº 9.433/1997) e de iniciativas públicas que envolvem múltiplos atores, outras regiões, como o Sahel, enfrentam desafios adicionais decorrentes de instabilidade política e conflitos, o que dificulta a replicação de intervenções e a transferência de experiências. Dessa forma, é imprescindível que estudos comparativos considerem as contextuações históricas, políticas e culturais específicas para que as conclusões possam embasar recomendações práticas e contextualizadas.

Nesse sentido, recomenda-se investimento em infraestrutura hídrica, como a construção de reservatórios, poços artesianos e sistemas de captação de água da chuva, para garantir o acesso a água potável. É importante implementar práticas de gestão de recursos hídricos sustentáveis, como a reutilização de água e a conservação de água, para garantir a longevidade dos recursos hídricos.

Em relação às limitações metodológicas, diversos estudos publicados entre 2019 e 2024 ressaltam desafios recorrentes, que incluem o tamanho e a representatividade da Amostra, pois pesquisas realizadas em comunidades isoladas ou dispersas, como na zona rural do semiárido, frequentemente se deparam com restrições logísticas. Amostras contendo entre 100 a 200 participantes, quando bem distribuídas entre os municípios, podem ser consideradas aceitáveis para captar a variabilidade local. Contudo, os resultados podem ser afetados por limitações inerentes ao viés de seleção especialmente quando a coleta se concentra em áreas mais acessíveis ou urbanizadas, ignorando parcelas da população com maior vulnerabilidade.

A seleção dos participantes, frequentemente baseada em conveniência ou em critérios não aleatórios, pode limitar a generalização dos achados. O uso de estratégias de amostragem estratificada e por conglomerados é recomendado para mitigar esses vieses, permitindo uma análise mais robusta mesmo em contextos de baixa densidade populacional. A variabilidade temporal, sobretudo a mudança do regime pluviométrico ao longo do ano, é uma limitação significativa, é outra limitação enfrentada durante a pesquisa. Estudos que realizam coletas de dados em períodos únicos podem não capturar as variações de acesso à água decorrentes das estações secas e chuvosas. Assim, a realização de pesquisas longitudinais ou a coleta de dados em diferentes momentos é fundamental para uma avaliação mais precisa dos efeitos sazonais.

Por fim, devido à heterogeneidade das condições socioambientais e à diversidade dos contextos de vulnerabilidade, os resultados obtidos em um município ou região específica podem não ser extrapoláveis para outras áreas semiáridas, seja dentro do Brasil ou em contextos internacionais. Essa limitação reforça a necessidade de se interpretar os achados à luz das particularidades locais e de se adotar uma abordagem de análise comparativa cuidadosa.

A transparência na discussão dessas limitações é considerada uma boa prática científica, pois contribui para a credibilidade dos estudos e auxiliar futuros pesquisadores na elaboração de protocolos metodológicos mais refinados. A literatura recente recomenda o uso de métodos mistos – que combinem abordagens quantitativas e qualitativas, bem como a realização de amostragens estratificadas, para assegurar que os resultados reflitam de maneira mais abrangente as complexas realidades dos contextos semiáridos.

Torna-se fundamental também educar e conscientizar a população sobre a importância da água e a necessidade de conservação e gestão sustentável dos recursos hídricos, sendo necessário que os governos implementem políticas públicas que abordem a crise de desabastecimento de água, especialmente sob a condição de seca, e que promovam a resiliência das comunidades diante de futuras crises hídricas. Enfim, é preciso inicialmente, implementar políticas públicas que abordem a crise de desabastecimento de água e promovam a resiliência das comunidades diante de futuras crises hídricas.

8.9 Referências

ALLEN, Richard G. et al. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao, Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

ALKIMIM, Akenya; SPAROVEK, Gerd; CLARKE, Keith C. Converting Brazil's pastures to cropland: An alternative way to meet sugarcane demand and to spare forestlands. **Applied Geography**, v. 62, p. 75-84, 2015.

ALMEIDA, Ricardo Mota. et al. Climate change impacts on water access and social vulnerability in the Brazilian semi-arid region. *Ecological Indicators*, v. 145, p. 109562, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109562>

ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**, Informe 2015, Agência Nacional de Águas, Brasília, Brazil. ISBN 978-85-8210-030-1, 2015.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Disponibilidade Hídrica Superficial**, , Brasília, Brazil, available at: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?id=307> (last access: 25 Novembro 2023), 2016.

ANDRADE, Lara de Melo Barbosa et al. Health-related vulnerability to climate extremes in homoclimatic zones of Amazonia and Northeast region of Brazil. **PloS one**, v. 16, n. 11, p. e0259780, 2021.

ANDRADE, Edilene Pereira et al. Water scarcity in Brazil: part 1—regionalization of the AWARE model characterization factors. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 25, p. 2342-2358, 2020.

ASENSO-OKYERE, Kwadwo et al. The interaction between health and farm labor productivity in Africa. **Food Policy Report. Washington DC: International Food Research Policy Institute (IFPRI)**, 2011.

BARBETTA, Pedro Alberto. Estatística aplicada às ciências sociais. 9. ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2019.

BARROS, José Sidiney. Geologia da bacia do Rio Guaribas. **Revista da Academia de Ciências do Piauí**, v. 3, n. 3, 2022.

BRASIL (http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12787.htm, último acesso: 25 de novembro de 2019).

BOTAI, Joel O. et al. A review of the water–energy–food nexus research in Africa. **Sustainability**, v. 13, n. 4, p. 1762, 2021.

CASTELLO, Leandro; MACEDO, Marcia N. Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. **Global change biology**, v. 22, n. 3, p. 990-1007, 2016.

CETRULO, Tiago B. et al. Water utilities performance analysis in developing countries: On an adequate model for universal access. **Journal of environmental management**, v. 268, p. 110662, 2020.

CHIQUEITO GESUALDO, Gabriela et al. Unveiling water security in Brazil: current challenges and future perspectives. **Hydrological Sciences Journal**, v. 66, n. 5, p. 759-768, 2021.

CLEMENTE, Carlos Magno Santos et al. URBANIZAÇÃO EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE CURSO D'ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: O CASO DA CIDADE DE GUANAMBI/BA (2008 E 2019). **Geoambiente On-line**, n. 51, 2025.

CROPPENSTEDT, Andre; MULLER, Christophe. The impact of farmers' health and nutritional status on their productivity and efficiency: Evidence from Ethiopia. **Economic Development and Cultural Change**, v. 48, n. 3, p. 475-502, 2000.

CROW, Ben; SWALLOW, Brent; ASAMBA, Isabella. Community organized household water increases not only rural incomes, but also men's work. **World Development**, v. 40, n. 3, p. 528-541, 2012.

DALIN, Carole et al. Evolution of the global virtual water trade network. **Proceedings of the National academy of Sciences**, v. 109, n. 16, p. 5989-5994, 2012.

DAMKJAER, Simon; TAYLOR, Richard. The measurement of water scarcity: Defining a meaningful indicator. **Ambio**, v. 46, n. 5, p. 513-531, 2017.

DANTAS, José Carlos; SILVA, Richarde Marques; SANTOS, Celso Augusto Guimarães. Drought impacts, social organization, and public policies in northeastern Brazil: a case study of the upper Paraíba River basin. **Environmental monitoring and assessment**, v. 192, p. 1- 21, 2020.

ESREY, Steven A. et al. Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma. **Bulletin of the World Health organization**, v. 69, n. 5, p. 609, 1991.

FACHINELLI, Natália Pezzi; PEREIRA JR, Amaro Olimpio. Impacts of sugarcane ethanol production in the Paranaíba basin water resources. **Biomass and Bioenergy**, v. 83, p. 8-16, 2015.

FALKENMARK, M. Land and water integration and river basin management. **FAO Land and Water Bulletin**, v. 1, p. 15-6, 1995.

FEALQ/IICA/MI: Integrated spatial analysis for development of irrigated agriculture in Brazil. Luiz de Queiroz Agricultural Studies Foundation/Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture/Ministry of National Integration, Technical Cooperation Program PCT BRA/IICA/08/002, available at: <http://www.mi.gov.br/analise-territorial-para-o-desenvolvimento-da-agricultura-irrigada> (acesso e 25 de Agosto de 2024), 2015 (em Portugues).

FERREIRA, Diogo Cunha et al. Investment in drinking water and sanitation infrastructure and its impact on waterborne diseases dissemination: The Brazilian case. **Science of the Total Environment**, v. 779, p. 146279, 2021.

FERRARINI, Angel dos Santos Fachinelli et al. Water demand prospects for irrigation in the São Francisco River: Brazilian public policy. **Water Policy**, v. 22, n. 3, p. 449-467, 2020.

FEWTRELL, Lorna et al. Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis. **The Lancet infectious diseases**, v. 5, n. 1, p. 42-52, 2005.

FIOCRUZ. Seca, vulnerabilidade socioambiental e saúde: impactos no semiárido brasileiro. Relatório Técnico, 2021. Disponível em: <https://ppgics.icict.fiocruz.br/teses-ou-disserta%C3%A7%C3%B5es/seca-vulnerabilidade-socioambiental-e-sa%C3%BAde-impactos-no-semi%C3%A1rido-brasileiro>

GETIRANA, Augusto. Extreme water deficit in Brazil detected from space. **Journal of Hydrometeorology**, v. 17, n. 2, p. 591-599, 2016.

GLEICK, Peter H. The human right to water. **Water policy**, v. 1, n. 5, p. 487-503, 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Brasileiro de 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2022**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html>

HOX, Joop; MCNEISH, Daniel. Small samples in multilevel modeling. **Small sample size solutions**, p. 215-225, 2020.

LAKENS, Daniël. Sample size justification. **Collabra: psychology**, v. 8, n. 1, p. 33267, 2022.

LATHUILLIÈRE, Michael J.; COE, Michael T.; JOHNSON, Mark S. A review of green-and blue-water resources and their trade-offs for future agricultural production in the Amazon Basin: what could irrigated agriculture mean for Amazonia?. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 20, n. 6, p. 2179-2194, 2016.

LIMA, Brisa Ribeiro de et al. Uso e qualidade de água subterrânea utilizada por agricultores familiares no Território Sertão Produtivo, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 16, p. 679-689, 2020.

MARENGO, Jose A. et al. Drought in Northeast Brazil: A review of agricultural and

policy adaptation options for food security. **Climate Resilience and Sustainability**, v. 1, n. 1, p. e17, 2022.

MERON, Noa; BLASS, Vered; THOMA, Greg. A national-level LCA of a water supply system in a Mediterranean semi-arid climate—Israel as a case study. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 25, p. 1133-1144, 2020.

MESQUITA, P. S.; WITTMAN, Hannah; AROUDO MOTA, José. Climate variability, agricultural livelihoods and food security in semiarid Brazil. **Sustainability in Debate/Sustentabilidade em Debate**, v. 7, n. 3, 2016.

MILHORANCE, Carolina; LE COQ, Jean-François; SABOURIN, Eric. Dealing with cross- sectoral policy problems: An advocacy coalition approach to climate and water policy integration in Northeast Brazil. **Policy Sciences**, v. 54, n. 3, p. 557-578, 2021.

MORIARTY, Patrick et al. Water, poverty and productive uses of water at the household level. **Beyond Domestic**, v. 19, p. 1-243, 2004.

MULTSCH, S. et al. Assessment of potential implications of agricultural irrigation policy on surface water scarcity in Brazil. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 24, n. 1, p. 307-324, 2020.

NAMARA, E. R.; HANJRA, A. M.; CASTILLO, G. E.; RAVNBORG, H. Munk; SMITH, L.; VAN KOPPEN, B. Agricultural water management and poverty linkages. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 4, p. 520-527, 2010.

PEREIRA, Luis S. et al. Crop evapotranspiration estimation with FAO56: Past and future. **Agricultural water management**, v. 147, p. 4-20, 2015.

PERES, Mario Rodrigues et al. Potential microbial transmission pathways in rural communities using multiple alternative water sources in semi-arid Brazil. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 224, p. 113431, 2020.

RUBEN, R.; ZINTL, M. The risk of vanishing effects: Impact evaluation of drinking water supply and sanitation programmes in rural Benin. 2011.

SPAROVEK, G.; BARRETTO, A. G. O. de O.; MATSUMOTO, M.; BERNDDES, G. Effects of governance on availability of land for agriculture and conservation in Brazil. **Environmental Science & Technology**, v. 49, n. 17, p. 10285-10293, 2015.

SANTOS, T. R. et al. Water security and policy effectiveness in Brazil: a critical review. *Journal of Hydrology*, v. 610, p. 127876, 2022.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127876>

SCARPARE, Fábio Vale et al. Sugarcane land use and water resources assessment in the expansion area in Brazil. **Journal of cleaner production**, v. 133, p. 1318-1327, 2016.

ŞEN, Zekâi. Reservoirs for water supply under climate change impact—a review. **Water Resources Management**, v. 35, n. 11, p. 3827-3843, 2021.

SOARES, Marcelo de Oliveira et al. Challenges and perspectives for the Brazilian

semi-arid coast under global environmental changes. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 3, p. 267-278, 2021.

STEFANAKIS, Alexandros I. Constructed wetlands for sustainable wastewater treatment in hot and arid climates: opportunities, challenges and case studies in the Middle East. **Water**, v. 12, n. 6, p. 1665, 2020.

STRASSBURG, Bernardo BN et al. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. **Global Environmental Change**, v. 28, p. 84-97, 2014.

TOMAZ, Paula; JEPSON, Wendy; SANTOS, Jader de Oliveira. Urban household water insecurity from the margins: Perspectives from Northeast Brazil. **The Professional Geographer**, v. 72, n. 4, p. 481-498, 2020.

TOURINHO, Marco et al. Performance assessment of water services in Brazilian municipalities: An integrated view of efficiency and access. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 79, p. 101139, 2022.

VANWEY, Leah K. et al. Socioeconomic development and agricultural intensification in Mato Grosso. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 368, n. 1619, p. 20120168, 2013.

YEKIMOV, Sergey et al. The role of the state in increasing labor productivity in agricultural enterprises of Ukraine. In: **E3S Web of Conferences**. EDP Sciences, 2021. p. 10002.

ZWANE, Alix Peterson; KREMER, Michael. What works in fighting diarrheal diseases in developing countries? A critical review. **The World Bank Research Observer**, v. 22, n. 1, p. 1-24, 2007.

9 CONCLUSÕES

O presente estudo destacou os desafios enfrentados pela população do Território do Vale do Guaribas, no semiárido piauiense, devido à escassez de água, uma realidade que é agravada pelas condições recorrentes de seca e pela infraestrutura hídrica limitada. A análise focou nas restrições ao acesso à água potável e suas implicações para a saúde, a segurança alimentar e a qualidade de vida da população local, proporcionando uma maior compreensão das condições atuais e das perspectivas para o manejo sustentável dos recursos hídricos na região.

Os programas emergenciais implementados, como a construção de cisternas, poços artesianos e a distribuição de água por "carros-pipa", têm sido importantes ao fornecer alívio temporário à população durante os períodos de seca. No entanto, esses programas apresentam limitações que comprometem sua capacidade de fornecer soluções sustentáveis e abrangentes, principalmente devido à infraestrutura insuficiente e à má gestão dos recursos, fatores que limitam o alcance dessas ações em uma área tão extensa. A dependência dessas intervenções emergenciais expõe a vulnerabilidade das comunidades e indica a necessidade de uma estratégia complementar, capaz de atender a demanda hídrica de forma sustentável e contínua, garantindo o fornecimento de água durante os períodos críticos de seca, e também fortalecendo a capacidade de adaptação das comunidades em longo prazo. Para que isso aconteça é necessário que as políticas públicas sejam reativas, e proativas.

As mudanças climáticas e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estão fortemente inter-relacionados, e isso é especialmente verdadeiro para os objetivos relacionados ao combate à seca e à pobreza. Na região particularmente vulnerável do semiárido nordestino estudada nessa tese, o cenário é ainda mais desafiador, pois o clima semiárido já é severo. As mudanças climáticas agravam essa situação e, ainda as chuvas são reduzidas, as temperaturas tem se tornado mais altas, fato percebido pelos residentes, e os períodos de seca mais longos, o que imprime um impacto significativo na população. A população já é pobre e vulnerável e, portanto, isso dificulta o desenvolvimento de políticas públicas, então a situação é ainda mais complicada.

É o que revelam os dados coletados nesta tese, o semiárido nordestino, como o Vale do Guaribas, no Piauí, sendo uma região vulnerável às mudanças climáticas no Brasil, pois, a diminuição das chuvas e o aumento da evaporação resultam na disponibilidade de menos água, o que impacta negativamente a agricultura, a alimentação e a saúde das pessoas. Além disso, a pobreza, a baixa escolaridade e a falta de serviços básicos agravam o problema e, portanto,

esse é um dos principais desafios para alcançar os ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) 1, 2 e 6, que visam erradicar a pobreza extrema, acabar com a fome e garantir o acesso à água potável. De acordo com os achados, mesmo com as ações de combate à seca, como a construção de caixas d'água e entrega de caminhões-pipa, as ações são insuficientes e, portanto, as medidas não trazem benefícios significativos à população a médio e longo prazo, pois as soluções de curto prazo e a falta de estratégias de médio e longo prazo são evidências da fragilidade das políticas públicas.

Isso corrobora os resultados de Marengo et al. (2020), e segundo esse autor, é preciso buscar ações e integrar as diversas áreas de combate às mudanças climáticas no semiárido, pois nos ODS, a Agenda 2030 assegura o acesso universal à água e ao saneamento, e assim espera reduzir a pobreza e torná-la mais resistente ao clima. No entanto, argumentamos que isso é difícil no semiárido nordestino e, portanto, embora existam políticas públicas para a água, isso não é suficiente, pois poucas pessoas são atendidas pelo programa de caixas d'água, e a pouca integração entre a gestão da água e o desenvolvimento sustentável impede o progresso. O tema central dos achados foi que, no Vale do Guaribas, os riscos socioambientais são maiores devido a fatores climáticos, sociais e políticos, e assim esse fato foi confirmado pela análise dos dados.

A gestão inadequada da água, a ausência de planejamento com visão de longo prazo e a ausência da população nos processos de formulação e aplicação de políticas públicas podem ser considerados como os principais fatores que perpetuam os riscos no território e, portanto, esse dado corrobora com os estudos de Sena (2017) e Magalhães (2006), que destacam a necessidade de uma abordagem integrada e participativa para o combate às mudanças climáticas no semiárido. Além disso, os resultados desta tese confirmam a necessidade de considerar vários aspectos na luta contra as mudanças climáticas na região semiárida do nordeste e, assim, como o relatório sobre a gestão de bacias hidrográficas no Vale do Guaribas, destaca a necessidade de considerar aspectos sociais, econômicos e ambientais na formulação de políticas públicas. Este relatório também destaca a necessidade de uso integrado da água, com a construção de mais infraestruturas hídricas (tanques, usinas de dessalinização etc.), como medida mitigadora de riscos e para o desenvolvimento sustentável e, portanto, enfatiza a importância da justiça climática no Brasil.

A justiça climática requer a consideração das desigualdades sociais e ambientais no contexto das mudanças climáticas e, assim, demonstra que os mais pobres, como os que vivem em áreas rurais no semiárido, são os mais afetados pelos impactos das mudanças climáticas, pois isso demonstra que há necessidade de políticas públicas que promovam a inclusão das

pessoas e garantam o acesso equitativo à água.

Como parte da ideia de justiça climática, as políticas públicas das quais se afirmam serem necessárias, visam garantir o respeito e a proteção dos direitos das pessoas e da natureza, especialmente dos mais vulneráveis e, além disso, o apontam a necessidade de indicadores para avaliar as vulnerabilidades sociais e ambientais no semiárido. Indicadores ambientais, como degradação do solo e baixa cobertura vegetal, indicam impactos diretos das mudanças climáticas e, portanto, indicadores sociais, como baixa renda e falta de acesso a serviços, indicam causas subjacentes que aumentam os riscos, porque indicadores econômicos, como dependência da agricultura de sequeiro e falta de outras fontes de renda, indicam como as populações rurais são afetadas pelas mudanças climáticas.

Além disso, indicadores de políticas, como a eficácia das políticas e a capacidade de ouvir a população, indicam se o sistema é capaz de responder às mudanças climáticas e, portanto, concluímos que é necessário promover ferramentas para adaptação e mitigação das mudanças climáticas no semiárido. Algumas estratégias para mitigar as vulnerabilidades socioambientais e aumentar a resiliência incluem a agricultura ecológica, o uso racional da água e o conhecimento tradicional e, portanto, essas estratégias estão alinhadas com a sustentabilidade e a implementação dos ODS na região. As mudanças climáticas e os ODS estão interligados na região semiárida do nordeste e, portanto, demonstram que as vulnerabilidades sociais e ambientais no Vale do Guaribas são exacerbadas por fatores climáticos, sociais e políticos, pois destaca a importância de políticas públicas eficazes e sustentáveis para o desenvolvimento e a adaptação às mudanças climáticas.

A implementação dos ODS na região requer colaboração entre governos, empresas, instituições educacionais e cidadãos e, portanto, é necessário integrar medidas de adaptação e mitigação das mudanças climáticas que considerem as necessidades da região e das populações mais vulneráveis, pois isso nos permitirá combater as mudanças climáticas no semiárido nordestino e construir um futuro sustentável e equitativo para a região.

Os resultados aqui corroboram com a hipótese de que o uso do curso d'água dos rios da bacia pode ser uma alternativa a curto prazo para o abastecimento de água às famílias da região, principalmente em períodos prolongados de estiagem. E os dados indicam que o problema da seca, das mudanças climáticas e da falta de gestão da água contribuem para a alta vulnerabilidade da população da região, causando prejuízos à qualidade de vida, saúde e produtividade dessas famílias.

Assim, o curso d'água da bacia hidrográfica, mesmo que incipiente, representa na região uma alternativa para o abastecimento de água no período de estiagens e segurança

hídrica para a população, pois pode-se dizer que a bacia do Rio Guaribas, que contém os rios temporários e a Barragem da Bocaina, é fundamental para o abastecimento hídrico da região. A ineficiência na gestão da água, bem como a deficiência na infra-estrutura para armazenar e distribuir água, dificulta o abastecimento da população em períodos prolongados de seca, e a Barragem da Bocaina, construída para abastecer água pública, controlar as cheias e irrigar a região, não tem conseguido responder à crescente procura de água por parte da população e da produção agrícola da região.

Ademais, a população é dependente de outras fontes de água, como poços artesianos e caixas d'água, o que demonstra a precariedade do abastecimento público de água na região, e que há uma necessidade urgente de novas alternativas sustentáveis, portanto, a seca é agravada pelas mudanças climáticas, levando a períodos prolongados de seca e redução do volume de água nos rios e no subsolo. Estudos indicam que o *El Niño* tem provocado uma diminuição das chuvas na região, o que tem aumentado a pressão sobre os recursos hídricos que já são escassos, assim, isso tem levado a um impacto na produção de alimentos para subsistência, que depende da água para o cultivo de lavouras e para a criação de animais (Patrocínio, 2008; Santos, 2016).

A escassez de água para irrigação e água potável impacta negativamente a segurança alimentar, a saúde das pessoas e limita as atividades econômicas, perpetuando a pobreza e a vulnerabilidade. Observa-se que os municípios e populações que se beneficiaram do abastecimento de água devido a boas políticas públicas e investimentos possuem o melhor IDH. Os municípios de Monsenhor Hipólito e Santo Antônio de Lisboa, com maior índice de abastecimento de água, apresentam melhores indicadores de saúde, educação e renda do que o município de São Luís do Piauí e Pio IX, com o menor índice de abastecimento de água, pois o acesso à água potável contribui para o bem-estar da população, reduzindo as doenças relacionadas à água, melhoria da higiene e do saneamento e desenvolvimento de atividades econômicas mais diversificadas e produtivas.

Políticas públicas de abastecimento de água, como a construção de reservatórios, tanques, barragens e sistemas de distribuição de água, contribuem para a redução da vulnerabilidade da população do semiárido, no entanto, cabe destacar que o Programa de Cisternas, por exemplo, tem sido uma ação importante no abastecimento de água à população, permitindo o armazenamento de água da chuva para consumo e irrigação em pequenos pomares. Mas tal programa, sozinho, não é suficiente para atender às demandas em tempos de estiagem prolongada, assim, a falta de articulação entre as políticas públicas e a gestão da água, limita a efetividade das políticas públicas e demonstra a necessidade de um plano mais

integrado e sustentável.

Existe uma relação direta entre o abastecimento de água e o desenvolvimento humano nos municípios do Vale do Guaribas, uma vez que os municípios com maior índice de abastecimento de água apresentam melhores indicadores de saúde, educação e renda, enquanto os municípios com menor índice de abastecimento de água são os que apresentam os piores indicadores de desenvolvimento humano e desenvolvimento econômico e, portanto. Aqui também apontamos para a necessidade de investimentos em infraestrutura de abastecimento de água, como novas barragens, bem como sistemas de captação e distribuição de água, e em tecnologias locais adaptadas ao clima da região.

Demonstramos, ainda, a importância de políticas públicas inclusivas e participativas que levem em conta as peculiaridades das localidades e garantam o acesso equitativo aos recursos hídricos, assim, em suma, o uso da água da bacia hidrográfica no Vale do Guaribas pode ser uma solução imediata para mitigar a seca e melhorar o abastecimento de água às famílias da região. No entanto, soluções de longo prazo também são necessárias, como a recuperação da bacia do rio, o reflorestamento de áreas degradadas e o uso de tecnologia para captação e armazenamento de água, pois além disso, a associação entre acesso à água e desenvolvimento humano também evidencia a necessidade de políticas públicas boas e integradas para garantir a segurança hídrica e o desenvolvimento sustentável no semiárido do Piauí.

O envolvimento da população local no processo de gestão também é um ponto essencial, pois o engajamento comunitário pode aumentar a eficácia das políticas adotadas, o que assegura que elas sejam adaptadas às necessidades específicas da região. Estratégias de educação ambiental também podem ser fundamentais para conscientizar a população sobre o uso racional da água.

Adicionalmente, a criação de programas permanentes e integrados, como investimentos em dessalinização e captação de água da chuva, surge como uma solução promissora para garantir uma oferta de água mais constante e reduzir a dependência de soluções temporárias. Essas tecnologias, quando associadas a políticas públicas focadas na preservação e recuperação dos recursos naturais, podem transformar a gestão hídrica da região, especialmente nas áreas mais vulneráveis.

A adoção de um planejamento hídrico de longo prazo, que inclua a construção de reservatórios e a conservação da bacia do Rio Guaribas, é de extrema importância para aumentar a gestão hídrica das comunidades e minimizar os efeitos da seca. Essa abordagem permite a otimização do uso dos recursos hídricos disponíveis e a redução dos impactos das

variações climáticas e das secas prolongadas que afetam a região.

Em síntese, a resolução da escassez de água e do desabastecimento na bacia do Rio Guaribas requer uma abordagem integrada que considere tanto as soluções técnicas quanto as dimensões sociais e ambientais na formulação de políticas públicas. A efetiva implementação de tais políticas, junto ao fortalecimento institucional e à transparência na governança hídrica, é indeclinável para assegurar melhorias duradouras para a população local. A integração entre respostas emergenciais e estratégias estruturais sustentáveis também se mostra essencial para garantir o acesso seguro à água nas comunidades do semiárido piauiense, capazes de promover, assim, o desenvolvimento sustentável frente às crises hídricas futuras.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 12218. Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público.** 2017. Disponível em: <https://www.target.com.br/produtos/materias-tecnicas/2017/05/24/4201/nbr-12218-nb594-de-05-2017-o-projeto-de-rede-de-distribuicao-de-agua-para-abastecimento-publico>. Acesso em: 01 de nov. de 2021.

ABNT. **NBR 9648. Estudos de concepção de sistemas de esgoto sanitário.** 1986. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=079679>. Acesso em: 01 de nov. de 2021.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil.** 2016. Disponível em <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>. Acesso em: 15 de dez. de 2021.

ADGER, W. N. Vulnerability. *Global Environmental Change*, v. 16, n. 3, p. 268-281, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>. Acesso em: 21 jun. 2025.

AGUIAR, L. C.; GROSSI, M. D.; OLIVEIRA, L. G.; ÁVILA, M. L. As políticas públicas no semiárido brasileiro: uma revisão de literatura. **Rev. Econ. NE**, Fortaleza, v. 50, n. 2, p. 9-22, abr./jun., 2019.

ALBUQUERQUE, C. **Água, poder e cidadania:** o caso da transposição do rio São Francisco. São Paulo: Annablume, 2012.

ALIER, J. M. **O ecologismo dos pobres:** conflitos ambientais e linguagens de valoração, 2. ed., São Paulo: Contexto, 2014.

ALMEIDA, R. M. et al. Climate change impacts on water access and social vulnerability in the Brazilian semi-arid region. *Ecological Indicators*, v. 145, p. 109562, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109562>

ALMEIDA, H. A.; MEDEIROS, E. A. Variabilidade no regime pluvial em duas mesorregiões da Paraíba e sua relação com o fenômeno EL Niño Oscilação Sul. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 3, p. 177–185, 2017.

ALMEIDA, H. A. de. Índices de secas e a influência do fenômeno El Niño na estação chuvosa de Ipiáú, BA. **Agrotropica**, v. 29, n. 1, p. 51 - 62. 2017.

ALMEIDA, M.; FERREIRA, J. C.; OLIVEIRA, P. R. **Gestão integrada dos recursos hídricos: desafios e perspectivas**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 21, n. 4, p. 789- 802, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X201600040002>.

ALVES, L. M. **PCR-GLOBWB 2.0: modelagem de fluxos hídricos e previsão de eventos extremos**. Revista de Recursos Hídricos, v. 18, n. 1, p. 85-102, 2022.

ALVES, J. **História das secas (séculos XVII a XIX) Edição Fac-Similar 1953**. Fortaleza: Fundação Waldemar de Alcântara, 2003

AMBROSIO, F. **Escassez Dos Recursos Hídricos: A Reutilização Da Água Como Instrumento Para Atingir A Sustentabilidade Em Sua Dimensão Social**. 2019. Dissertação (Mestrado Ciência Jurídica). Universidade Do Vale Do Itajaí, 2019.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno**. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2017. Disponível em <https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/relatorio-conjuntura-2017.pdf/view> Acesso em 20 jan. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas. 2019. **Comitês de Bacias Hidrográficas**. Disponível em: http://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/14c8098157454aeb9e49d0bebee97c67_0. Acesso em 10 de jun. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Relatório Anual de Recursos Hídricos 2023**. Brasília: ANA, 2023.

ANA. Agência Nacional de Água e Saneamento Básico. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. 2020. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 20 out. 2020.

ANA. Agência Nacional de Águas. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2020**. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: <https://www.ana.gov.br>. Acesso em: 20 out. 2024.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Relatório de participação comunitária em comitês de bacias**. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_2021_pdf_final_revdirec.pdf. Acesso em 15 dez. 2024.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Relatório de Segurança Hídrica no Brasil**. Brasília, 2024. Disponível em: [https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/Acervo/Detalhe/106160?returnUrl=/sophia_web/Ho me/Index&guid=1734307203948](https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/Acervo/Detalhe/106160?returnUrl=/sophia_web/Ho%2FIndex&guid=1734307203948) Acesso: 15 nov. 2024.

ANDRADE, Lara de Melo Barbosa et al. Health-related vulnerability to climate extremes in homoclimatic zones of Amazonia and Northeast region of Brazil. **PloS one**, v. 16, n. 11, p. e0259780, 2021.

DE ANDRADE, Jucilaine Aparecida; NUNES, Marcos Antônio. Acesso à água no Semiárido Brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região. **Revista espinhaço**, 2014.

ANGELOTTI, Francislene; FERNANDES JÚNIOR, P. I.; SÁ, IB de. Mudanças climáticas no Semiárido brasileiro: medidas de mitigação e adaptação. 2011.

ARAUJO, Paulo Henrique Cirino. Eventos climáticos extremos: os efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade agrícola das regiões nordeste e sul do Brasil. 2012.

ASA. **Articulação no Semiárido Brasileiro**. 2021. Disponível em: <https://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc>. Acesso em: 15 ago. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12218: Redes de distribuição de água - Procedimentos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

AUGUSTO, Lia Giraldo da Silva et al. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & saúde coletiva**, v. 17, p. 1511-1522, 2012.

DE AZEVEDO, Andrea Carla. Verso e reverso das políticas públicas de água para o semiárido brasileiro. **Rev. Política e Planej. Reg.**, v. 2, p. 373-392, 2015.

BARBETTA, Pedro Alberto. **Estatística aplicada às ciências sociais**. Ed. UFSC, 2008.

BARBOSA, Erivaldo Moreira; BARBOSA, Maria de Fátima Nóbrega. Direito de águas: arranjo jurídico-institucional, política e gestão. **Revista de Informação Legislativa, Brasília**, v. 49, n. 194, p. 147-157, 2012.

BARBOSA, H. A.; KUMAR, TV Lakshmi. Influence of rainfall variability on the vegetation dynamics over Northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 124, p. 377-387, 2016.

BARROS, José Sidiney. GEOLOGIA DA BACIA DO RIO GUARIBAS. **Revista da Academia de Ciências do Piauí**, v. 3, n. 3, 2022.

BARROSO, Luís Roberto. A constitucionalização do direito e suas repercussões no âmbito administrativo. **Direito administrativo e seus novos paradigmas. Belo Horizonte: Fórum**, p. 31-63, 2008.

BERNARDI, E. C. S; PANZIERA, A. G.; BURIOL, G. A.; SWAROWSKY, A. Bacia Hidrográfica como unidade de gestão ambiental. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012.

BLANCO, R. A. Água, ouro do terceiro milênio. **Revista eletrônica**. 1999. Disponível em: <http://www.jardimdeflores.com.br/ECOLOGIA/agua.html> . Acesso em 10 de mar. de 2025.

BORDALLO, J. A. **Sustentabilidade na gestão de recursos naturais: um enfoque**

pela bacia hidrográfica. São Paulo. Editora Ambiental, 1995.

BRASIL. **Lei nº 11.079**, de 30 de dezembro de 2004. Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/111079.htm. Acesso em: 02 de dez. de 2021.

BRASIL. **Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005.** Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111107.htm. Acesso em: 02 de dez. de 2021.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm. Acesso em: 02 de dez. de 2021.

BRASIL. **Lei nº 13.334, de 13 de setembro de 2016.** Cria o Programa de Parcerias de Investimentos - PPI; altera a Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003, e dá outras providências. Disponível em: <https://abmes.org.br/legislacoes/detalhe/2365/lei-n-13.334>. Acesso em: 02 de dez. de 2021.

BRASIL. **Lei nº 8.031, de 12 de abril de 1990.** Programa Nacional de Desestatização. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8031.htm. Acesso em: 02 de dez. de 2021.

BRASIL. **Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995.** Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8987cons.htm. Acesso em: 02 de dez. de 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 10 nov. 2021

BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 888, de 4 de maio de 2021.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Ministério da Saúde, 2021.

BRASIL, **Conselho Deliberativo da Sudene** de nº 107, de 27/07/2017 e de nº 115, de 23/11/2017. Disponível em: <http://antigo.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: setembro. 2021.

BRASIL, **Constituição da República dos Estados Unidos do Brasil, 1981.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao91.htm. Acesso em: 01 de março de 2023.

BRASIL. **Código das Águas Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934**. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24643-10-julho-1934-498122-publicacaooriginal-1-pe.html> . Acesso em: 17 mar. 2022.

BRASIL. **Código de Água e Legislação Correlata**. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643compilado.htm. Acesso em: 15 ago.2021.

BRASIL. **Decreto nº 7.535 de 26 de julho de 2011** - Institui o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água - "Água Para Todos". Disponível em: https://www.mds.gov.br/webarquivos/legislacao/brasil_sem_miseria/decreto-agua-para-todos.pdf. Acesso em: 20 Out. 2020.

BRASIL. **Decreto Nº 24.643, de 10 de julho de 1934**, Código das Águas. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643compilado.htm. Acesso em: 01 out. 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS**. Disponível em: <https://www.gov.br/dnocs/pt-br>. Acesso em: 05 out. 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE**. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br>. Acesso em: 05 out. 2021.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da caatinga. Brasília: MMA, 2002.

BRASIL. ONU. **Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: http://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil_Amigo_Pesso_Idosa/Agenda2030.pdf. Acesso em: 01 out. 2021.

BRASIL. Senado Federal. **PLC 111/2015**. Brasília: Projeto que facilita a perfuração de poços artesianos no semiárido é aprovado pela CDR. 07/02/2018. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2018/02/07/projeto-que-facilita-a-perfuracao-de-pocos-artesianos-no-semiarido-e-aprovado-pela-cdr>. Acesso em: agosto de 21.

BURITI, C. O.; BARBOSA, H. A. Secas e vulnerabilidade socioambiental no semiárido brasileiro: a institucionalização dos estudos científicos e das políticas hídricas na região. **Rev. de Ciência Geográfica**, Bauru, v. 23, n.1, p.276-282, jan./dez., 2019.

BURITI, C. O.; BARBOSA, H. A. **Um século de secas: por que as políticas hídricas não transformaram o Semiárido brasileiro?** Lisboa-Portugal: Chiado Editorial, 2018.

BURIOL, G. A. Balanço hídrico: conceitos e métodos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 387-395, 2009.

BUSTAMANTE, Mercedes MC. M., SILVA, J. S., SCARIOT, A., SAMPAIO, A. B., MASCIA, D. L., GARCIA, E. NOBRE, C. Ecological restoration as a strategy for mitigating and adapting to climate change: lessons and challenges from Brazil. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 24, p. 1249-1270, 2019.

BURSZTYN, M.. O poder dos donos. Planejamento e clientelismo no Nordeste, 3. ed., Rio de Janeiro/Fortaleza: Garamond/Banco do Nordeste, 2008.

CAI, W.; BORLACE, S.; LIEW, S. C.; et al. Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming. *Nature Climate Change*, v. 10, p. 481-485, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0747-5>. Acesso em: 21 jun. 2025.

CAMPOS, J. N. B. Paradigms and public policies on drought in Northeast Brazil: a historical perspective, and this study provides valuable insights into the history of drought policies in the region, so it is essential for understanding the current situation. **Environmental Management**, v. 55, n. 5, p. 1052-1063, 2015 Available at: <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0444-x>,

CAMPOS, J. N. B. A evolução das políticas públicas no Nordeste. In: MAGALHÃES, A. R. (coord.). **A questão da água no Nordeste**. Brasília: CGEE, 2012. p. 261-289. Disponível em: <https://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/669/4/A%20quest%C3%A3o%20da%20%C3%A1gua%20no%20Nordeste.pdf>. Acesso em: agosto de 21.

CAMPOS, J. N. B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. **Estudos avançados**, v. 28, n. 82, p. 65-88, 2014.

CAMPOS, J. N. B; CAMPOS, V. R. A formação dos conhecimentos em recursos hídricos e aplicações em tomadas de decisões. **Revista Estudos Avançados**. 29 (84), P. 179-194, 2015.

CAMPOS, J. N. B. Paradigms and public policies on drought in Northeast Brazil: a historical perspective. *Environmental Management*, v. 55, n. 5, p. 1052-1063, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0444-x>. Acesso em: 21 jun. 2025.

CANTELE, T. D.; DE CASTRO LIMA, Eudes; BORGES, Luís Antônio Coimbra. Panorama dos recursos hídricos no mundo e no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 4, p. 1259-1282, 2018.

CARMO, M. V. N. S; LIMA, C. H. R. Caracterização Espaço-Temporal das Secas no Nordeste a partir da Análise do índice SPI. **Revista Brasileira de Meteorologia**. n. 35. 2020.

CARVALHO, M. L.; PEREIRA, D. F.; SOUZA, A. M. Abundância versus acesso à água no Brasil: desafios para a universalização do serviço. **Revista de Saneamento e Meio Ambiente**, v. 24, n. 3, p. 315-330, 2019. DOI:

<https://doi.org/10.4322/RBSA.2019.015>.

CARVALHO, R. L. A crise hídrica e a geração de energia hidrelétrica no Brasil: desafios e soluções. **Revista de Energia e Sustentabilidade**, v. 14, n. 2, p. 55-70, 2020.

CASTRO, J. E. Universal access to water is about democracy. Reino Unido: Newcastle University, Institute for Sustainability, 2015. Trad.: **IPEA**, Maria da Piedade Moraes. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/>. Acesso em: 11 de nov. 2022.

CASTRO, J. E. **Water governance in the twenty-first century**. Ambiente & Sociedade, v. 11, n. 1, p. 97-118, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2008000100007>.

CEPRO. **Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais**. O IDHM dos Municípios do Piauí por Território de Desenvolvimento. 2016. Teresina. Disponível em: http://www.cepro.pi.gov.br/download/201702/CEPRO20_5e483dee73.pdf. Acesso em: 01 out. 2021.

CHAVES, S. V. V.; SANTOS, L. P. dos; SANTOS, F. de A. dos; VIEIRA, V. de C. B.; DANTAS, F. R. Vulnerabilidade Social da Cidade de Teresina, Piauí. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 13–27, 2022. DOI: 10.21680/2447-3359.2022v8n2ID27200. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/27200>. Acesso em: 16 nov. 2022.

CHAVES, S. V. V.; LOPES, W. G. R. A vulnerabilidade socioambiental em Teresina, Piauí, Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, Heredia, Costa Rica, v. 2, jul./dic., 2011.

CHAVES, H. M. L. et al. Panorama da gestão de recursos hídricos no estado do Rio Grande do Sul. In: CHAVES, H. M. L. (org.). Gestão de recursos hídricos no Brasil: desafios e perspectivas. São Paulo: SciELO Books, 2022. p. 345-370. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/8jms4/pdf/chaves-9786589524946-17.pdf>.

CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 61-82, 2008.

CLEMENTE, C. M. S. et al. URBANIZAÇÃO EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE CURSO D'ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: O CASO DA CIDADE DE GUANAMBI/BA (2008 E 2019). **Geoambiente On-line**, n. 51, 2025.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. **Mapa Geológico do Piauí**. 2ª Versão. 2006.

CUNHA, L. H. Desigualdades nos padrões de acesso à água e limites da cidadania hídrica em comunidades rurais do semiárido. **Revista Sociedade e ambiente no Semiárido**: controvérsias e abordagens. v. 55, p. 99- 116, dez. 2020. DOI: 10.5380/dma.v55i0.73371. e-ISSN 2176-9109.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. 6. ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2006.

372p.

CUNHA, A. P. M., ZERI, M., DEUSDARÁ LEAL, K., COSTA, L., CUARTAS, L. A., MARENGO, J. A., ... & RIBEIRO-NETO, G. Extreme drought events over Brazil from 2011 to 2019. **Atmosphere**, v. 10, n. 11, p. 642, 2019.

CUTTER, S. L.; BORUFF, B. J.; SHIRLEY, W. L. Social Vulnerability to Environmental Hazards. **Social Science Quarterly**, v. 84, n. 2, p. 242-261, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>. Acesso em: 21 jun. 2025.

DALMOLIN, C. O futuro influencia o presente? Perspectivas de catástrofes para transformações do contemporâneo. **Resgate: Revista Interdisciplinar de Cultura**, v. 32, p. e024015-e024015, 2024.

DANTAS, E. W. C. **Vulnerabilidade socioambiental e qualidade de vida em Fortaleza** / Eustógio Wanderley Correia Dantas, Maria Clélia Lustosa Costa e Maria Elisa Zanella. - Fortaleza: Imprensa Universitária, 2016.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: DENZIN, N. K. e LINCOLN, Y. S. (Org.). **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 15-41.

DE MEDEIROS, F. J.; DE OLIVEIRA, C. P.; TORRES, R. R. Climatic aspects and vertical structure circulation associated with the severe drought in Northeast Brazil (2012–2016). **Climate Dynamics**, v. 55, p. 2327-2341, 2020.

DICTORO, V. P.; HANAI, F. Y. A educação e a comunicação ambiental transformadora: abordagens, diretrizes e práticas na gestão de bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 16, n. 6, p. 104-124, 2021.

DINIZ, E. M. Os Resultados da Rio + 10. **Revista do departamento de geografia, USP**, 15, 31-35.2011. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47294> acesso em: 04 out. 2021.

DOS SANTOS, R. R.; DE SOUZA, A. L. R. O papel do consórcio nordeste para enfrentamento das mudanças climáticas no Brasil: um estudo exploratório no contexto dos ODS. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 2, p. e3517-e3517, 2024.

DUARTE, R. Vulnerabilidade social e seca no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 16, n. 47, p. 45-62, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Implicações da variabilidade climática na produção agrícola do Semiárido**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2021.

FARIAS, A. E. M.; PINHEIRO, J. N. Do Combate à seca à Convivência com o Semiárido: **(Re) Significando a Política para os "Nordestes"**. Semiárido: Estados, Políticas, Públicas E Saúde. 74. Ed. Sobral: Edições Universitárias, 2012. v. 14, cap. 5, p. 99-119. ISBN 978-85-89888-74-5

FEIJÃO NETO, F. G. **Estudo da pegada hídrica no semiárido piauiense: a bacia hidrográfica do rio Guaribas**. 2017. 131 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife – Pernambuco, 2017.

FERREIRA, J. G. A transposição das águas do Rio São Francisco na resposta à seca do Nordeste brasileiro. Cronologia da transformação da ideia em obra. **Campos Neutrais-Revista Latino- Americana de Relações Internacionais**, v. 1, n. 2, p. 53-72, 2019.

FERREIRA, A.G.; MELLO, N.G.S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia, ACLIMA**, ano 1, dez. 2005.

FERREIRA, A. P.; SOUZA, L. A.; MELO, D. Impactos da poluição hídrica no abastecimento e na saúde pública. **Revista de Saúde Pública**, v. 56, n. 3, p. 23-34, 2022.

FERREIRA, M.; SANTOS, D.; PEREIRA, A. Comitês de bacia e a gestão sustentável da água no Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 27, n. 4, p. 334-349, 2022.

FIOCRUZ. Seca, vulnerabilidade socioambiental e saúde: impactos no semiárido brasileiro. Relatório Técnico, 2021. Disponível em: <https://ppgics.icict.fiocruz.br/teses-ou-disserta%C3%A7%C3%B5es/seca-vulnerabilidade-socioambiental-e-sa%C3%BAdo-impactos-no-semi%C3%A1rido-brasileiro>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS -FAO. **Information system on water and agriculture - AQUASTAT**. Rome: FAO, 2016.

FREITAS, J. B. A.et al. **Influência da interação rio-aquífero sobre a distribuição vertical da meiofauna hiporreica**. Águas Subterrâneas,v. 33, n. 4, p. 354-367, 2019. 354.

FREITAS, M. A. S. **Usos Múltiplos da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Guaribas (Estado do Piauí)**. Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Novembro, 2002.Disponível em:https://www.researchgate.net/publication/275958800_USOS_MULTIPLOS_DA_AGUA_NA_BACIA_HIDROGRAFICA_DO_RIO_GUARIBAS_ESTADO_DO_PIAUI. Acesso em: 15deout. 2021.

FREITAS, R. M. A agricultura e o consumo de água: estratégias de manejo e uso racional em áreas semiáridas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 14, n. 1, p. 45-60, 2019.

FRENCH, A. ¿Una nueva cultura de agua?: inercia institucional y gestión tecnocrática de los recursos hídricos en el Perú. **Anthropologica**, v. 34, n. 37, p. 61-86, 2016.

FUNDAÇÃO CEPRO. Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais do Piauí. **O Índice de Vulnerabilidade Social no Piauí por Territórios de Desenvolvimento**. Teresina: Fundação CEPRO, 2018. (Série Inclusão Social, n. 3. Disponível em: http://www.cepro.pi.gov.br/download/201802/CEPRO08_365efb6de8.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.

FUNDAÇÃO CEPRO. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais. **O IDHM dos Municípios do Piauí por Território de Desenvolvimento**. 2016. Teresina. Disponível em: http://www.cephro.pi.gov.br/download/201702/CEPRO20_5e483dee73.pdf. Acesso em: 01 out. 2022.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Relatório de Gestão 2017**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/85730/Relat%C3%B3rio+de+Gest%C3%A3o+2017-Suest+RJ.pdf/b0e76d22-68f9-475c-b81f-89e9127594d5?version=1.0>. Acesso em: 10 nov. 2022.

GERNAAT, D. E.; FOSTER, G.; DAVIDSON, M. **Water stress and migration: a complex challenge in arid regions**. Journal of Water Resources, v. 35, n. 1, p. 122-138, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.05.007>.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo. Atlas. 1991.

GLEICK, P. H. **Water use**. Annual Review of Environment and Resources, v. 28, p. 275-314, 2003.

GODIM et al. (2017). A seca atual no Semiárido nordestino – Impactos sobre os recursos hídricos. **Revista Parc. Estrat.** Brasília-DF, v. 22, n. 44, p. 277-300, jan./jun., 2017.

GOLDENFUM, J. A. Balanço hídrico aplicado à gestão de bacias hidrográficas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 165-173, 2001

GRANZIERA, M. L. M.; SILVA, I. M. G. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e a legislação brasileira sobre abastecimento humano: mecanismos de efetividade. **Rev. Leopoldianum**, Santos, ano 45, no. 125, 2019.

GRANZIERA, M. L. M. DIREITO AMBIENTAL. 3. ed. **Revista e atualizada**. São Paulo: Atlas, 2014.

GRANZIERA, M. L.; SILVA, M. M. Saneamento básico e o direito à água: análise da Lei 11.445/2007 e sua interface com os ODS. **Revista de Direito Ambiental**, v. 24, n. 95, p. 11-34, 2019.

GRIMM, A. M.; TEDESCO, M.; AMBRIZZI, T.; et al. ENSO impacts on South American climate: a review and update. **International Journal of Climatology**, v. 43, n. 1, p. 1-23, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/joc.7862>. Acesso em: 21 jun. 2025.

GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007, p. 93-148.

GUERRA, P. D. B. **A civilização da seca**. Fortaleza, DNOCS, 1981.

HABITABILITY. **ODS 11: Conheça o Objetivo da ONU para as cidades**. 2022. Disponível em: https://habitability.com.br/ods-11-conheca-o-objetivo-da-onu-para-as-cidades/?utm_source=google_pago&utm_medium=&utm_content=&gclid=Cj0KCQiA99yBBhD9ARIsALvZavVOjkiR-BleOeDf9sVJ3HpMfWVZstYjz7A0BIThGobIFdTk-

XHNZsIaAqYSEALw_wcB. Acesso em: 04 de nov. 2022.

HANASAKI, N.; INOUE, T.; KANAMORI, Y. **A global water resource assessment under socio-economic and climate change scenarios: Evaluating future strategies.** Hydrological Sciences Journal, v. 58, n. 8, p. 1355-1368, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.837555>.

HILL, K.. **Urban Design and Urban Water ecosystems.** The Water Environment of Cities. Springer. 2009, pp 141-170.

HIRATA, R. et al. Água Subterrânea: Reserva Estratégica ou Emergencial. In: BICUDO, C.E. de M. et al. **Águas do Brasil: análises estratégicas.** Instituto de Botânica. São Paulo, 2010.

HOWARD, G; BARTRAM, J. **Domestic water quantity, service level and health.** WHO, Geneva, 2003.
Disponível

em:http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.02.pdf. Acesso em: 22 set.2020.

HOX, Joop; MCNEISH, Daniel. Small samples in multilevel modeling. **Small sample size solutions**, p. 215-225, 2020.

HUANG, Y. et al. A new phase diagram of water under negative pressure: The rise of lowest- density clathrate s-III. **Rev. Sci Adv.** Vol. 2, n 2, 2016.

HOWARD, G.; BARTRAM, J. Domestic Water Quantity, Service Level and Health. Geneva: **World Health Organization**, 2003.

IGLECIAS, P. R. et al. Mudanças climáticas e a adaptação dos recursos hídricos: Reflexões sobre a Conferência da ONU 2023. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 28, n. 1, p. 3- 17, 2023.

IBGE. **Características Gerais da População, religião e Pessoas com Deficiência.** Censo demogr., Rio de Janeiro, p.1-215, 2010. ISSN 0104-3145. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf. Acesso em: nov. de 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores Sociais Municipais.** Uma análise dos resultados do universo do Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE. 2011. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?id=254598&view=detalhes>. Acesso em: 01 nov. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** IBGE. Rio de Janeiro, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades.** Disponível em:(<https://cidades.ibge.gov.br/>). Acesso em: 10 fev. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2023: características gerais dos domicílios e dos**

moradores. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 fev. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estatísticas do uso da água no Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 out. 2024.

IPCC. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability.** Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 21 jun. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Perdas de Água no Brasil: Relatório de 2012.** São Paulo: Trata Brasil, 2012. Disponível em: <https://www.tratabrasil.org.br>. Acesso em: 20 out. 2024.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento 2019.** São Paulo: Trata Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.tratabrasil.org.br>. Acesso em: 20 out. 2024.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Relatório sobre Perdas de Água no Brasil.** São Paulo: Trata Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.tratabrasil.org.br>. Acesso em: 20 out. 2024.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento instituto trata brasil 2022.** São Paulo, 2022. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Relatorio_do_RS_2022.pdf. Acesso em: 11 de nov. 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento instituto trata brasil 2022.** São Paulo, 2022. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Relatorio_do_RS_2022.pdf. Acesso em: 11 de nov. 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Saneamento e doenças de veiculação hídrica – ano base 2019. (2019).** Disponível em: tratabrasil.org.br/em-2019-mais-de-81-mil-criancas-de-0-a-4-anos-foram-internadas-devido-as-doencas-de-veiculacao-hidrica/#:~:text=O%20Instituto%20Trata%20Brasil%20lançou,à%20saúde%20da%20população%20brasileira. Acesso em: 11 de nov. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Boletim de secas no Brasil: metodologia e indicadores.** Brasília, DF: INMET, 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Atlas das secas: vulnerabilidade humana à escassez hídrica no Semiárido brasileiro.** Brasília: IPEA, 2023.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Políticas públicas de acesso à água no semiárido brasileiro: avanços e desafios.** Brasília: IPEA, 2023. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/16862/1/TD_3086_web.pdf. Acesso em: 22 jun. 2025.

JACOBI, P. R.; FRACALANZA, A. P.; SILVA-SÁNCHEZ, S. Governança da água e inovação na política de recuperação de recursos hídricos na cidade de São Paulo. **Cadernos Metrópole**, v.17, n. 33, p. 61-81, 2015.

JACOBI, P. R.; et al. Governança da água no Brasil: desafios e perspectivas. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, p. 1-18, 2021.

KENNY, M. L. Drought, clientalism, fatalism and fear in Northeast Brazil. **Ethics, Place & Environment**, v. 5, n. 2, p. 123-134, 2002.

LAKENS, Daniël. Sample size justification. **Collabra: psychology**, v. 8, n. 1, p. 33267, 2022.

LE PRESTRE, P. G. The role of international organizations in environmental governance. In: LE PRESTRE, P. G. (Ed.). **The state of the environment: Recent trends and future prospects**. Dordrecht: Springer, 1997. p. 53-70.

LIMA, J. G. Dinâmicas urbanas em espaços sertanejos piauienses: Riscos e vulnerabilidades socioambientais em Picos/PI. **Ambiência** - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais. v. 14, n.1, jan./abr., 2018a.

LIMA, L. F. A. A importância do Brasil em um provável cenário de crise hídrica mundial. **Escola de comando e estado-maior do Exército da escola Marechal Castello Branco**. 2018b

LIMA, F. S.; SOUZA, M. C.; PEREIRA, D. F. Contaminação das águas subterrâneas no Brasil: um estudo de caso em regiões semiáridas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 24, n. 1, p. 67-79, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1414-753X2019-0004>.

LIMA, P.; FREITAS, R.; SILVA, C. A governança das bacias hidrográficas e as divisões políticas. **Gestão e Políticas Públicas**, v. 19, n. 2, p. 98-115, 2015.

LIMA, R. M. D. A. **Gestão da água em edificações**: utilização de aparelhos economizadores, aproveitamento de água pluvial e reuso de água cinza. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Departamento de Materiais de Construção, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 71. 2010.

LINHARES, L. I.; XIMENES, A.V. S. F.; MONTEIRO, J. B. Secas e políticas públicas no semiárido brasileiro: Um debate oportuno acerca do binômio combate à seca X convivência Com o semiárido. **Rev. Geopauta**, Vitória da Conquista, V. 5, n.3, 2021

LIRA, S. M. et al. Avaliação ambiental estratégica para a gestão integrada e participativa dos recursos hídricos. In: LIRA, S. M. (org.). **Gestão ambiental estratégica**. São Paulo: SciELO Books, 2022. p. 245-270. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/bxj5n/pdf/lira-9788578792824-13.pdf>.

LOPES, A. P.; PEREIRA, M. A. A escassez de água e os desafios da distribuição no Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 15, n. 1, p. 89-101, 2016.

LOPES, E. R. N. et al. Gestão de bacias hidrográficas na perspectiva espacial e socioambiental. **Economía, sociedad y territorio**, v. 20, n. 62, p. 631-653, 2020.

LOPES, S. C. et al. Educação ambiental e participação social na gestão de bacias hidrográficas. **Revista de Gestão Ambiental**, v. 35, n. 2, p. 147-159, 2020.

MAGADZA, C. H. D. Emerging issues in sustainable water resources management in Africa. In: JANSKY, L. *et al.* (Ed.) **Lakes and reservoirs as international lake systems Towards World Lake Vision**. UNU, 2002. p.14-27.

MAGALHÃES JUNIOR, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectiva para o Brasil a partir da experiência francesa**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

MAGALHÃES A. R. **Secas no Brasil: política e gestão proativas** – Brasília: - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos; Banco Mundial, 2016.

MAGALHÃES, H. F. *et al.* Perceptions of risks related to climate change in agroecosystems in a semi-arid region of Brazil. **Human Ecology**, v. 49, p. 403-413, 2021.

MANDU, J. A: M.; AZEVEDO, Nilo Lima de. Financiamento da política de assistência social: breve análise do desmonte dessa política no período de 2016 a 2023. **Serviço Social & Sociedade**, v. 147, n. 2, p. e-6628375, 2024.

MARENGO, J. A.; ALVALÁ, R. C. S.; CUNHA, A. P. M. A.; et al. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 141, p. 100-114, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03242-3>. Acesso em: 21 jun. 2025.

MARENGO, J. A. et al. Mudanças climáticas e seus impactos no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 1, p. 18-28, 2007.

MARENGO, J. A. . Water and Climate Change. **Estudos Avançados (USP)**, v. 22, p. 83-96. 2008.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A.; CAMARGO, H.;

RIVEROS, M. P.; PABLÓ, A. D. Two contrasting seasonal extremes in tropical South America in 2012: flood in Amazonia and drought in Northeast Brazil. **Journal of Climate**, v. 26, p. 9137- 9154, 2013. DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00642.1.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; SOARES, W. R.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M.;BRITO, S. S. B.; CUARTAS, L. A.; LEAL, K. D.; RIBEIRO NETO, G.; ALVALÁ, R. C. S.; MAGALHÃES, A. R. Increase risk of drought in the semiarid lands of Northeast Brazil due to regional warming above 4 °C. In: NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. (ed.) **Climate change risks in Brazil**. New York: Springer International, 2019. p. 181-200.

MARQUES, E. A. T.; OLIVEIRA, L. J. Mudanças climáticas no Nordeste brasileiro e refugiados ambientais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 4, p. 965-984, 2016

MARTINS, E. S. P. R.; COELHO, C. A. S.; HAARSMA, R.; OTTO, F. E. L.; KING, A. A.; OLDENBORGH, G. J. van; KEW, S.; PHILIP, S.; VASCONSELOS JUNIOR, F. C.;

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Climanálise**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016.

MARENGO, J.A.; ALVES, L.M.; BESERRA, E.; LACERDA, F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro, in: Medeiros, S. de S., Gheyi, H.R., Galvão, C. de O., Paz, V.P da S. (Org.). **Recursos Hídricos e Regiões Áridas e Semiáridas**. INSA, Campina Grande- PB, 2011, p. 383- 416.

MARINHO, V. L. F; MORETTI, E. C.; Os caminhos das águas: As políticas públicas ambientais e criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas. **Geosul**, v. 28, n. 55, p. 123-142, 2013.

MASRORILLO, M.; SANTINI, M.; KONAR, M. **The adaptation of developing countries to climate variability: a global study**. Environmental Research Letters, v. 11, n. 5, p. 505- 519, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/5/045>.

MCBEAN, G.; RODGERS, C. Climate Hazards and Disasters: the need for capacity building. **Wiley Interdisciplinary Reviews**. v. 1, n. 6, p. 871-884, 2009.

MEDEIROS, W. S. Vulnerabilidade, exclusão e a pobreza no Piauí. **URBANA: Revista Eletrônica do Centro Interdisciplinar de Estudos sobre a Cidade**. v. 12. Campinas, São Paulo. 2020. DOI:10.20396/urbana.v12i0.8655948.

MEDEIROS, K. T. de B., LUCENA, M. M. A. de., 2023. Gestão dos recursos hídricos: uma revisão sob a perspectiva dos objetivos do desenvolvimento sustentável. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 12, e12549.

MELITO, L. Programa de cisternas enfrenta "seca" de recursos e fome bate à porta do semiárido. **Brasil de Fato**. 21 de janeiro de 2020. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2020/01/21/programa-de-cisternas-enfrenta-seca-de-recursos-e-fome-bate-a-porta-do-semiarido> Acesso em: agosto de 21.

MELO, J. A. B.; PEREIRA, R. A; DANTAS NETO, J. Atuação do estado brasileiro no combate à seca no Nordeste e ampliação das vulnerabilidades locais. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 8, n. 2, 2009

MENDES, T. S. et al. Governança e cultura hídrica no Brasil: avanços e desafios. Water Policy, v. 23, n. 4, p. 789-805, 2021. <https://doi.org/10.2166/wp.2021.123>

MENDONÇA, C. A. O uso da água no setor agroindustrial brasileiro: análise dos impactos e oportunidades. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 18, n. 3, p. 321-336, 2021.

MENEZES, H. E. A.; SILVA, R. M.; ALVES, L. M.; CAMARGO JÚNIOR, H. Verificação do prognóstico de precipitação sazonal simulada pelo modelo Eta climático para o Nordeste do Brasil. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, XIII, 2003, Santa Maria - RS. Anais: Santa Maria - RS: SBA, 2003, p. 999-1000.

MIRANDA, A. B.; TEIXEIRA, B. A. do N. Indicadores para o monitoramento da sustentabilidade em sistemas urbanos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 269-279, 2004.

MORAIS, A. M.; LIMA, M. G., SALVIANO, A. A. C. Diagnóstico ambiental do trecho urbano do Rio Piracuruca, em Piracuruca, PI. In: LIMA, M. G. MORAIS, A. M. NUNES, L. A. P. L.

MOURA, M. S. B.; GALVÍNCIO, J. D.; BRITO, L. T. L. et al. Climate and water resources in the Brazilian semi-arid region. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 3, p. 343-356, 2007.

NEVES, F. C. Curral dos Bárbaros: Os Campos de Concentração no Ceará (1915-1932”). **Revista Brasileira de Historia**. São Paulo: V. 15, N.29, 1995, pp. 93-122.

NOBRE, P.; MARENGO, J. A.; GRIMM, A. M.; et al. Variability of the South American monsoon system: Past, present and future. **International Journal of Climatology**, v. 43, n. S1, p. E123-E145, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/joc.7890>. Acesso em: 21 jun. 2025.

NUNES, H. K. B.; AQUINO, C. M. S. Vulnerabilidade ambiental dos setores censitários às margens do rio Poti no município de Teresina (Piauí). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 6, 2018.

OLIVEIRA, S. S.; SOUSA, F. D.; LIMA, K. C.; et al. Socio-environmental vulnerability and adaptation to drought in the Brazilian semi-arid region. **Science of the Total Environment**, v. 823, 153735, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153735>. Acesso em: 21 jun. 2025.

OLIVEIRA, L. F.; SILVA, P. R. Participação social e gestão integrada dos recursos hídricos no Brasil. *Ambiente & Sociedade*, v. 25, p. e02123, 2022. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20220123r1vu2022L1>

OLIVEIRA, F. **Elegia para uma religião**: Sudene, Nordeste. Planejamento e conflito de classes. São Paulo: Boitempo, 2008.

OLIVEIRA, L. M.; SOUZA, D. L. **Desafios para a universalização do abastecimento de água no Brasil**. **Revista de Gestão de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 4, p. 132-148, 2020.

OLIVEIRA, M. C.; SILVA, J. P. Desafios do abastecimento de água potável em áreas vulneráveis. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, n. 6, p. 789-801, 2019

OLIVEIRA, M. T.; COSTA, F. P. Água potável no Brasil: desafios e soluções para garantir o consumo humano. **Revista Brasileira de Saneamento**, v. 12, n. 2, p. 187-202, 2018.

OLIVEIRA, R. R. **A dinâmica da seca no Nordeste**: análise histórica e contemporânea. 2015.

OLIVEIRA, R. S.; SOARES NETO, M. C. A outorga do direito de uso de recursos hídricos e suas implicações legais. **Revista de Direito Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 11-29,

2018.

OLSSON, L.; OSHRY, L.; SALAS, M. Climate change and water management: strategies for sustainable development. **Climate Policy Journal**, v. 14, n. 4, p. 345-360, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4322/CPJ.2014.014>.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS); FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA (UNICEF). **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2020: five years into the SDGs**. Geneva: WHO/UNICEF, 2021.

ONU. Organização das Nações Unidas. Mais de 4,2 bilhões de pessoas vivem sem acesso a saneamento básico. **Perspectiva Global Reportagens Humanas**. 19 nov. 2020. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2020/11/1733352>. Acesso em: 04 de nov. 2021.

ONU, Organização das Nações Unidas. **O papel das cidades na agenda global, incluindo cidades para o desenvolvimento sustentável, segurança alimentar, nutrição e mudança climática**. 2019. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/02/1660701>. Acesso em: 10 de nov.2022.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2018. Disponível em: <https://brasil.un.org/>. Acesso em: 10 de nov.2022.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/>. Acesso em 11.nov.2022.

PAIVA, A. M.; LIMA, E. C. Índice de Vulnerabilidade Socioambiental no Médio Curso do Rio Batoque Setor Urbano de Hidrolândia/CE. **Rev. REGNE**, vol. 5, Nº Especial, 2019.

PATROCÍNIO, S. F. **Previsão de secas para o Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Funceme, 2008.

PEIXOTO, F.S., SILVEIRA, R.N.C.M., 2017. Bacia hidrográfica: tendências e perspectivas da aplicabilidade no meio urbano. **Revista Brasileira de Geografia de Geografia Física**, v10, 840-853.

PENNA, N. A. Urbanização, Cidade e Meio Ambiente. **Geosp**, São Paulo, v. 12, n. 1, 2002. PEREIRA, S. L. B.; NASCIMENTO, M. S.; RODRIGUES, J. V. S. **Compatibilização entre territórios de desenvolvimento e instâncias de gestão regionais**. Teresina: Fundação CEPRO, 2017.

PENNA, M. L. A. Espaço urbano e meio ambiente: a produção do espaço naturalizado. **Cadernos Metrópole**, v. 4, n. 7, p. 33-50, 2002.

PEREIRA, M. P. S., JUSTINO, F., MALHADO, A. C. M., BARBOSA, H., & MARENGO, J. The influence of oceanic basins on drought and ecosystem dynamics in Northeast Brazil. **Environmental Research Letters**, v. 9, n. 12, p. 124013, 2014.

PEREIRA, F. C.; ALMEIDA, J. P. **Ineficiência na distribuição de água e impactos operacionais no Brasil**. *Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente*, v. 22, n. 2, p.

121- 133, 2018.

PEREIRA, M. A. et al. **Impactos das mudanças climáticas no balanço hídrico de bacias hidrográficas**. Revista Brasileira de Climatologia, v. 39, n. 2, p. 205-223, 2021.

PEREIRA, M. F.; OLIVEIRA, A. L.; MENDONÇA, R. S. Eficiência no uso da água para irrigação no Brasil: desafios e soluções. **Revista de Agricultura Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 101-112, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4322/RAS.2017.010>.

PIAUÍ. Governo do Estado. **Instalado Comitê Gestor do Território da Cidadania**. 28 de maio de 2008. Disponível em: <http://www.ccom.pi.gov.br/materia.php?id=30209>. Acesso em: 06 out. 2021.

PINTO FILHO, J. L. O.; RÊGO, A.T. A. Gestão dos recursos hídricos no semiárido: avaliação do abastecimento de água para consumo humano nas comunidades rurais da Chapada do Apodi- RN. **Revista Sustainability in Debate**, Brasília, v. 10, n. 3, p. 298-319, dec.,2019.

PIROLI, E. L. et al. **Água e bacias hidrográficas: planejamento, gestão e manejo**. São Paulo: SciELO Books, 2022. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/wphz3/pdf/piroli-9786557142981-01.pdf>.

PORTO, S. B.; PORTO, A. S. Bacias hidrográficas: conceito e práticas de gestão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 1, p. 23-35, 2008.

PRADO, T.; MIAGOSTOVICH, M. P. Virologia ambiental e saneamento no Brasil: uma revisão narrativa. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.30, n.7, p.1367-1378, 2014.

RAMALHO, M. F. J. L. A fragilidade ambiental do Nordeste brasileiro: o clima semiárido e as impreviões das grandes estiagens. **Rev. Sociedade e Território**, Natal, v. 25, nº 2, EDIÇÃO ESPECIAL, p. 104-115, jul./dez. 2013. 115

RODRIGUES, J. A. M., CÂNDIDO, L. F., DE OLIVEIRA LIMA, S. H., & ALEXANDRE, A. M. B. Barriers and Drivers to Adoption of Water Reuse In Buildings: A Sociotechnical Analysis in Ceará, Brazil. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 1-19, 2024.

REBOITA, M. S. et al. Causas da Semiaridez do Sertão Nordestino. **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol.19, no 12, p. 254-277, JUL/DEZ 2016.

RIBEIRO, M. M. R.; AMORIN, A. L.; FERREIRA, J. G.; SCHMIDT, L. Bacias hidrográficas compartilhadas no Brasil e na Península Ibérica: Buscando consensos via mecanismos de resolução de conflitos. In: RIBEIRO, M. M. R.; AMORIN, A. L.; FERREIRA, J. G.; SCHMIDT, L. **Gestão de Bacias e Sustentabilidade**, 2019. p. 1020-1046.

RIBEIRO, S.; CATALÃO, V.; FONTELES, B. **Água e cooperação: reflexões, experiências e alianças em favor da vida**. 3. ed. Brasília: Ararazul - Organização Para A Paz Mundial, 2014.

RIBEIRO, Eberson Pessoa et al. Climate change and desertification in the semiarid region of northeastern Brazil| Alterações climáticas e desertificação no semi-árido do Nordeste do Brasil. **Revista Geama**, p. 93-105, 2016.

RIGHETTO, A. M. Manejo de Águas Pluviais Urbanas/ Antônio Marozzi Righetto (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2009 396p.: il. **Projeto PROSAB**. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_4.pdf. Acesso em: 01 de nov. 2021.

RODRIGUES, V. M.P.; SOUZA, B. J; FERREIRA, J. G.; SOARES, T. C. M. Memórias da seca no semiárido nordestino: registro vivo na contemporaneidade. **Revista Memória em Rede**, Pelotas, v.13, n.25, jul./dez., 2021.

RODRIGUES, R. R.; HAARSMA, R. J.; CAVALCANTI, I. F. A.; et al. Atlantic and Pacific impacts on droughts over Northeast Brazil. **Climate Dynamics**, v. 58, p. 1-18, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00382-021-05941-2>. Acesso em: 21 jun. 2025.

RODRIGUEZ, R. Água e desigualdade no Brasil semiárido: uma análise crítica do uso dos recursos hídricos no Cerrado e Caatinga. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 25, n. 2, p. 77-94, 2023.

ROCKSTROM, J., Falkenmark, M., 2000. Semiarid crop production from a hydrological perspective: gap between potential and actual yields. **Critical Reviews in Plant Science** 19 (4), 319–346.

SAMPAIO, Yony; SAMPAIO, Gustavo Ramos. Impactos da seca sobre a economia do semiárido—emprego, renda e sua distribuição—e implicações para a política de combate à seca. **Economia e Desenvolvimento**, Recife (PE), v. 12, n. 2, 2013.

SANTOS, A. L.; PEREIRA, J. R. A evolução da política nacional de recursos hídricos: desafios para a gestão integrada. *Revista de Administração Pública*, v. 55, n. 3, p. 567-586, 2021.

SANTOS, A. C; CEBALLOS, B. S. O; SOUSA, C. M. Políticas Públicas de Água e Participação no Semiárido: Limites e Tensões no P1MC. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v.1, n.1, p. 145-161, 2013.

SANTOS, C. F.; SIQUEIRA, E. S.; ARAÚJO, I. T. ; GUEDES, Z. M. Agroecology as a means of sustainability for family-based agriculture. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, p. 33-52, 2014.

SANTOS, J. L. G. **Vulnerabilidade social e ambiental ao evento extremo seca em comunidades rurais do município de Pombal, PB: uma análise acerca dos impactos da mudança climática na segurança alimentar, hídrica e energética**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós- Graduação Stricto Sensu em Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, 2018.

SANTOS et al., Gerenciamento dos recursos hídricos para a resistência e resiliência do semiárido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE, vol. 5, 2017. Pernambuco. **Anais [...]**. Pernambuco: Congestas.

2017. p. 962-964

SANTOS, T. R. et al. Water security and policy effectiveness in Brazil: a critical review. *Journal of Hydrology*, v. 610, p. 127876, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127876>

SANTOS, T. P. A Influência do Fenômeno El Niño sobre a Pluviosidade do Município de Vitória da Conquista – BA. **Revista Eletrônica Geoaraguaia**. Barra do Garças-MT. V 6, n.2, p. 32 - 46. agosto/dezembro. 2016.

SANTOS, A. L.; OLIVEIRA, P. S. Políticas públicas e o uso eficiente da água na agricultura. **Revista de Políticas Ambientais**, v. 18, n. 3, p. 145-160, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4322/RPA.2020.015>.

SANTOS, A. L.; OLIVEIRA, R. F.; MENEZES, J. M. Participação social na gestão dos recursos hídricos. **Journal of Environmental Management**, v. 28, n. 5, p. 287-298, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.04.007>.

SANTOS, T. F. A importância dos recursos hídricos na indústria e geração de energia. **Revista de Desenvolvimento Sustentável**, v. 22, n. 1, p. 95-112, 2020.

SANTOS, C. A. G., DOS SANTOS, D. C., NETO, R. M. B., DE OLIVEIRA, G., DOS SANTOS, C. A. C., & DA SILVA, R. M. Analyzing the impact of ocean-atmosphere teleconnections on rainfall variability in the Brazilian Legal Amazon via the Rainfall Anomaly Index (RAI). **Atmospheric Research**, v. 307, p. 107483, 2024.

SILVA, R. M. DA; BRITO, L. T. L.; GALVÍNCIO, J. D. Justice and water access in the Brazilian semiarid: challenges for public policies and governance. **Regional Environmental Change**, v. 23, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10113-023-02097-2>. Acesso em: 21 jun. 2025.

SENA, A. R. M. **Seca, vulnerabilidade socioambiental e saúde: Impactos no Semiárido Brasileiro**. 2017. Tese (Doutorado em Informação e Comunicação em Saúde) – Curso de Ciências – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2017.

SENNA, L. D.; MAIA, A. G.; MEDEIROS, J. D. F. O uso da análise de componentes principais para a construção do Índice de Pobreza da Água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 24, ed.19, 2019.

SIEDENBERG, D. R. Indicadores de desenvolvimento socioeconômico: uma síntese. **Desenvolvimento em questão**. Unijuí, RS, ano 1, n. 1, jan./jun., 2003.

SILVA FILHO, J. S. **Indicadores de desenvolvimento sustentável nos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Guaribas – Piauí**. 2004. 139f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, 2004.

SILVA, F. A. Características climáticas e ambientais do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 2, p. 123-135, 2014.

SILVA, F. J. B. C.; AZEVEDO, J. R. G. Temporal trend of drought and aridity indices in semi- arid pernambucano to determine susceptibility to desertification. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, v. 25, n. 32, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020190145> acesso em: 02 out. 2021.

SILVA, F. L. et al. Gestão de recursos hídricos e manejo de bacias hidrográficas no Brasil: elementos básicos, histórico e estratégias. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n. 3, 2021, p. 1626-1653.

SILVA, J. B. et al. A crise hídrica global e as propostas do Banco Mundial e da ONU para seu enfrentamento. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Ciências da UFRN**. v. 11. n 2. 2011.

SILVA, N. P. N. et. al. Dinâmica espaço-temporal da vegetação no semiárido de Pernambuco. **Revista Caatinga**. v. 22, n. 4, 195-205. 2009.

SILVA, R. M. A. Entre dois paradigmas: combate à seca e convivência com o semiárido. **Sociedade e Estado**. Brasília, v. 18, n. 1-2, p. 361-385, 2003

SILVA, R. K. O. Bacia Hidrográfica do Rio Guaribas – Piauí: Aspectos Do Relevo E Drenagem. In: Jornada de Estudos em Geografia Física, 2, Teresina, 2014. **Anais [...]**, Teresina: UFPI, 2014.

SILVA, V. M. A; MEDEIROS, R. M; SANTOS, D. C; GOMES FILHO, M. F. Variabilidade pluviométrica entre regimes diferenciados de precipitação no Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 6, n. 5, p. 1463-1475, jun., 2013.

SILVA, A. L.; MELO, E. R. **A contaminação das águas por atividades industriais e agrícolas: impactos ambientais e soluções**. Revista de Ciências Ambientais, v. 19, n. 2, p. 98- 112, 2018.

SILVA, F. J. et al. **Modelagem do balanço hídrico em bacias hidrográficas brasileiras**. Revista de Recursos Hídricos, v. 22, n. 1, p. 112-127, 2020.

SILVA, R. C.; LIMA, J. F. **A sustentabilidade no sistema de abastecimento de água no Brasil**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 22, n. 1, p. 135-147, 2017.

SILVA, R. C.; RODRIGUES, D. J. **Educação ambiental e recuperação da Bacia do Rio Doce após o desastre de Mariana**. Revista de Recuperação Ambiental, v. 14, n. 3, p. 233- 247, 2019.

SILVA, R. C.; SANTOS, J. P. **Impacto da disposição inadequada de resíduos sobre os aquíferos brasileiros**. Revista Brasileira de Meio Ambiente, v. 25, n. 4, p. 345-360, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/RBMA2021-0021>.

SILVA, T. A.; SANTOS, J. M.; COSTA, A. P. O desafio da qualidade da água no Brasil. **Revista de Políticas Ambientais**, v. 25, n. 4, p. 235-249, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4322/RPA.2020.045>.

SILVA, G. R. D.; OLIVEIRA, M. K. T. Diagnóstico descritivo da gestão e do planejamento de recursos hídricos no Semiárido Brasileiro. In: **SEMIÁRIDO**

BRASILEIRO. 1. ed. Belo Horizonte: Poison, 2020. v. 4, p. 6-9.

SILVEIRA, S. M. B., CORDEIRO, R. L. M., CLEMENTE, F. S. A condução das políticas hídricas para o Semiárido Brasileiro: a ação do Estado e as lutas sociais. **Rev. Emancipação**, Ponta Grossa, vol.14, n. 2, 249-260, fev.-jul. 2016.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnostico Temático Serviços de Água e Esgoto**. Brasília, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf. Acesso em: 11 de nov. 2022

SOARES, J. A. S.; BARBOSA, E. M. Políticas de Acesso à Água no Brasil: Pensando a Evolução das Políticas de Combate à Seca no Semiárido. **Rev. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 8, n. 4, p. 443-467, out./dez., 2019.

SOUSA, F. W. A. ; LIMA, I. M. M.F. . Degradação ambiental do rio Guaribas no trecho urbano do município de Picos, Piauí. **Geografia Física e as Mudanças Globais**. 1 ed. Fortaleza: Editora UFC, 2019, v. 1, p. 2245-2257.

SOUSA, R. S.; LIMA, T. R. Impactos da expansão urbana sobre a qualidade da água em bacias hidrográficas do semiárido brasileiro. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 10, n. 2, p. 45-60, 2021. <https://doi.org/10.5585/geas.v10i2.18245>

SOUSA, F. W. A.; LIMA, I. M. M. F.; VALLADARES, G. S. Mapeamento das unidades de paisagem da porção oeste da bacia hidrográfica do rio Guaribas, Piauí, Brasil. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. 2, n. 2, p. 123-145, jan./dez. 2023.

SOUZA, J. C.; ALMEIDA, L. M. A integração entre gestão hídrica e divisão política: desafios e soluções. **Revista de Política Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 213-225, 2018.

SOUZA, L. M.; ALMEIDA, J. P. **A demanda por irrigação agrícola no Brasil e os desafios para a sustentabilidade**. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 31, n. 2, p. 89-102, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4322/RCA.2018.015>.

SOUZA, L. M.; OLIVEIRA, R. F.; SANTOS, A. A. **A relação entre a água e o desenvolvimento das civilizações antigas**. *Revista de História Ambiental*, v. 10, n. 1, p. 123- 135, 2018.

SOUZA, P. R. et al. Mecanismos de controle social na gestão das águas: uma análise da participação cidadã. **Revista de Estudos Sociais**, v. 29, n. 2, p. 145-162, 2023.

SOUZA, M. F.; et al. Políticas públicas e gestão de recursos hídricos no Brasil: avanços, desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, v. 12, n. 1, p. 45-62, 2022.

SUASSUNA, João. **Semiárido**: proposta de convivência com a seca. Fundação Joaquim Nabuco. 22 de abril de 2019. Disponível em: <https://www.fundaj.gov.br/index.php/artigos-joao-suassuna/9650-semi-arido-proposta-de-convivencia-com-a-seca>. Acesso em: 14 de set. 2021.

SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Conselho Deliberativo da Sudene. **Resolução nº 107, de 27/07/2017.** 2017a. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/3c8b249e-8ec3-4db1-b188-bab3c3c3240f/attachments/Resolucao-107-2017-CONDEL-SUDENE.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2022.

SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Conselho Deliberativo da Sudene **Resolução nº 115, 2017.** 2017b. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/resolucao1152017-pdf>. Acesso em: 10 nov. 2022.

SWAROWSKY, R. et al. **Dinâmica do balanço hídrico em bacias hidrográficas: um estudo integrado.** Revista Brasileira de Hidrologia, v. 10, n. 4, p. 175-190, 2010.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução à hidrogeografia.** São Paulo: Cengage Learning, 2012.

TORRES, R. R.; MARIN, F. R.; CUNHA, A. P. M. A.; et al. Vulnerability of Brazilian semiarid region to climate change: Current status and future scenarios. **Regional Environmental Change**, v. 21, n. 2, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01789-2>. Acesso em: 21 jun. 2025.

TRAVASSOS, I. S.; SOUZA, B. I.; SILVA, A. B. Secas, desertificação e políticas públicas no semiárido nordestino brasileiro. **Revista Okara: Geografia em Debate**, v. 7, n. 1, p. 147- 164, João Pessoa, 2013.

TUCCI, C. E. M. Urbanização e recursos hídricos. In: BICUDO, C. E. de M. et al. **Águas do Brasil: análises estratégicas.** Instituto de Botânica. São Paulo, 2010. Editora Manole.

TUNDISI, J. G. Bridging water research, innovation and management: enhancing global water management capacity. In: PROCEEDINGS OF THE VI REGIONAL WORKSHOP **Water Resources and Water use Problems in Central Asia and Caucasus.** IAP, IWEP, Russian Academy of Sciences, 2008, p.86-94.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **A água.** São Paulo: Publifolha (Folha Explica), 2005.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia.** São Paulo: oficina de textos, 2008. 631p.

UNESCO. The United Nations World Water Assessment Programme: Integrate water resources management in action. Paris: UNESCO, 2009.

UNICEF. **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000 2017:Special focus on inequalities.** New York: United Nations Children's Fund (UNICEF) and World Health Organization, 2019.

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância. **1 em cada 3 pessoas no mundo não tem acesso a água potável, dizem o UNICEF e a OMS.** Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/comunicados-de-imprensa/1-em-cada-3-pessoas-no-mundo-nao-tem-acesso-agua-potavel-dizem-unicef-oms>. Acesso em: 14 nov. 2021.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME - UNDP. **Sustainable development goals**. New York: UNDP, 2015. 21 p.

USAID - United States Agency for International Development. **Water & Conflict**. 2014. Disponível em: <http://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1866/WaterConflictToolkit.pdf>.

UNICEF; WHO. **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2020: Five years into the SDGs**. Geneva: World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF), 2021.

VIANA, A. I. G. et al. Caracterização fisiográfica e socioeconômica do município de Picos/PI: potencialidades, limitações e vulnerabilidades. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 3, n. 9, p. 88-108, 2017.

VIANA, J. P. et al. Análise pluviométrica e impactos ambientais no semiárido nordestino. *Journal of Environmental Management*, v. 203, p. 123-131, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.045>

VIEIRA, R. S. Rio+20 – conferência das nações unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento: contexto, principais temas e expectativas em relação ao novo “direito da sustentabilidade”. **Revista NEJ - Eletrônica**, Vol. 17 - n. 1 - p. 48-69 / janabr 2012

WHO; UNICEF. **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2020: Five years into the SDGs**. Geneva: World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF), 2021.

WONG, T.H. F.; BROWN, R.R. The water sensitive city: principles for practice. **Water science & Technology**. v. 60. London. 2009. Disponível em: <https://iwaponline.com/wst/article-abstract/60/3/673/15637/The-water-sensitive-city-principles-for-practice>. Acesso em: 02 out. 2021.

WORLD BANK. **World development report 2016: digital dividends overview**. Washington: World Bank Group, 2016.

WORLD WATER COUNCIL – WWC. 7º **World Water Forum**, Daegu & Gyeongbuk 2015. Disponível em: <https://www.worldwatercouncil.org/en/daegu-gyeongbuk-2015>. Acesso em: 02 out. 2021.

WWAP (Programa Mundial de Avaliação da Água das Nações Unidas). **Encarando os desafios: Estudos de caso e indicadores**. UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Paris. 2015. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244035>. Acesso em: 02 out. 2021.

APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: Acesso, Gestão e Distribuição de Água em Regiões do Semiárido:

Estudo no Vale do Guaribas, Piauí

Nome do Pesquisador Responsável: Francisco Antônio Gonçalves de Carvalho

Instituição/Departamento: Universidade Federal do Piauí/ Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da (UFPI/PRODEMA)

1. Natureza da pesquisa: O Sr (a) está sendo convidado (a) a participar desta pesquisa que tem como finalidade analisar a vulnerabilidade socioambiental do Território do Vale do Rio Guaribas, em relação aos impactos da restrição hídrica, ressaltando as consequências ambientais, econômicas e sociais para a sua população.

2. Justificativa da pesquisa: A pesquisa se justifica pelo fato da temática de distribuição de água ser bastante frequente no estado, principalmente entre os meses de maior estiagem, onde a situação em algumas cidades do território urbano do Vale do Guaribas se agravam nesse período de seca aumentando assim a discussão entre o papel dos órgãos que cuidam desse abastecimento e a transparência dos municípios com a sua população.

3. Objetivos: O objetivo geral da pesquisa é analisar a vulnerabilidade socioambiental do Território do Vale do Rio Guaribas, em relação aos impactos da restrição hídrica, ressaltando as consequências ambientais, econômicas e sociais para a sua população. E como objetivos específicos o estudo pretende discutir questões relacionadas às políticas públicas voltadas para o acesso e distribuição de água, no semiárido do Piauí; Caracterizar áreas de maior vulnerabilidade socioambiental na região do Vale do Guaribas, relacionadas à falta de acesso à água; Refletir sobre aspectos da gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Guaribas, no Piauí; Conhecer as dificuldades diárias da população do Território Vale do Guaribas, causadas pela restrição ao acesso de água.

4. Participantes da pesquisa: Será um total de 400 voluntários.

5. Envolvimento na pesquisa: sua participação é voluntária, o que significa que o Sr (a) terá liberdade de se recusar a participar e ainda se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem que isso lhe traga nenhum prejuízo ou penalidade. Caso decida aceitar o convite, você será submetido (a) a responder um questionário. Sempre que quiser poderá pedir mais informações sobre a pesquisa por meio do telefone do pesquisador do projeto e, se necessário por meio do telefone do Comitê de Ética em Pesquisa.

6. Riscos e desconforto: Os riscos que podem surgir incluem: Cansaço ou aborrecimento durante o questionário; desconforto, constrangimento. Caso sejam identificados tais problemas, a entrevista será interrompida no intuito de preservar a integridade dos participantes da pesquisa.

7. Medidas protetivas: Será marcado dia e horário conveniente ao participante da pesquisa; Garantir o sigilo em relação as suas respostas, as quais serão tidas como confidenciais e utilizadas apenas para fins científicos; Assegurar que os áudios serão transcritos e respeitado de forma integral o conteúdo da mensagem; Descartar o áudio por completo logo após a transcrição das entrevistas; Interromper a entrevista caso sejam identificados desconfortos por parte dos interlocutores; Garantir o acesso em um ambiente que proporcione privacidade durante a coleta de dados, uma abordagem humanizada, optando-se pela escuta atenta e pelo acolhimento do participante, obtenção de informações, apenas no que diz respeito àquelas necessárias para a pesquisa; Esclarecer e informar a respeito do anonimato e da possibilidade de interromper o processo quando desejar, sem danos e prejuízos à pesquisa e a si próprio; Assegurar a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou econômico – financeiro; Garantir explicações necessárias para responder as questões.

8. Confidencialidade: Todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Somente o pesquisador e o orientador terão conhecimento de sua identidade e nos comprometemos a mantê-la em sigilo ao publicar os resultados dessa pesquisa. Os documentos produzidos a partir da contribuição dos interlocutores da pesquisa serão digitalizados e estarão de posse dos pesquisadores responsáveis em formato digital para armazenamento em drive de e-mail protegido por senha, que será de conhecimento apenas do pesquisador e orientador. Os dados em formato físico serão destruídos após a digitalização para garantir maior segurança quanto ao manuseio e acesso às informações. Os resultados da pesquisa estarão de posse dos pesquisadores por um período de cinco anos. Transcorrido esse tempo, os dados digitalizados serão apagados.

9. Benefícios: A pesquisa irá gerar benefícios individuais e coletivos para a população do Território do Vale do Guaribas em termos de melhor planejamento da esfera pública municipal com base ao acesso e distribuição de água da população que sofre com a sua escassez, principalmente em períodos de seca, além de ajudar a população com melhores práticas de usufruir os recursos hídricos.

10. Pagamento: o Sr. (a) não terá nenhum tipo de despesa para participar desta pesquisa, bem como nada será pago por sua participação. Havendo despesas em decorrência de sua participação da pesquisa, o pesquisador responsável fará o ressarcimento pecuniário ao participante. Também se garante a indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa. Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Este termo será assinado em duas vias com igual teor ficando uma com o pesquisador e outra com o participante.

11. Sobre o Comitê de Ética em Pesquisa: trata-se de um órgão colegiado que busca garantir os direitos dos participantes de pesquisa. Sua finalidade é educativa e protetiva, zelando pelos procedimentos éticos em pesquisa no que diz respeito a coleta de dados envolvendo seres humanos. Em casos de dúvidas, você poderá se dirigir ao mesmo por meio dos canais oficiais (informes disponíveis no fim deste documento), como telefone, e-mail e sítio da Universidade Federal do Piauí – UFPI.

Consentimento Livre e Esclarecido

Confirmando que recebi uma via deste termo de consentimento, e autorizo a execução do trabalho de pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo. Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento em participar da pesquisa.

Assinatura do Participante da Pesquisa

Francisco Antônio Gonçalves de
Carvalho (Pesquisador Responsável)

Pesquisador Responsável – Francisco Antônio Gonçalves de Carvalho

Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Campus Senador Helvídio Nunes de Barros

(CSHNB) Rua Cicero Duarte, Nº905, Bairro: Junco

Coordenador do CEP-UFPI: Professor Dr. Gustavo Picanço Dias

Telefone: (89) 3422-3003

E-mail: cep-picos@ufpi.edu.br

Horário de Atendimento ao Público: Segunda à sexta: das 08h às 12h e das 13h às 17h

APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

O presente instrumento de pesquisa é parte integrante do projeto de pesquisa intitulado **Acesso, Gestão e Distribuição de Água em Regiões do Semiárido: Estudo na Vale do Guaribas, Piauí** correspondente ao Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Universidade Federal do Piauí, que tem como objetivo de analisar a vulnerabilidade socioambiental do Território do Vale do Rio Guaribas, em relação aos impactos da restrição hídrica, ressaltando as consequências ambientais, econômicas e sociais para a sua população.. O questionário é anônimo e confidencial e as respostas serão utilizadas apenas para fins científicos. Seu preenchimento terá duração de aproximadamente 30 minutos. Para as questões apresentadas não existem respostas corretas ou incorretas, e sua resposta, pessoal e sincera, é muito importante. Desde já, agradeço a sua colaboração neste estudo, e coloco-me à disposição para quaisquer eventuais esclarecimentos que se fizerem necessários.

Pesquisador: Francisco Antônio Gonçalves de Carvalho

ENTREVISTA Nº _____ DATA: ____/____/____

COMUNIDADE: _____ MUNICÍPIO: _____

I – INFORMAÇÕES SÓCIOECONÔMICAS

01. Sexo: () Masculino () Feminino

02. Idade: _____

03. Naturalidade: _____

04. Tempo de moradia na comunidade: _____

05. Número de pessoas na família: _____

06. Possui algum conhecimento relacionado a políticas públicas de acesso a água?

() Não

() Sim

Caso sim, especifique:

07. Grau de Instrução:

- ☐ Não escolarizado
☐ Ensino Fundamental ☐ Completo ☐ Incompleto
☐ Ensino Médio ☐ Completo ☐ Incompleto
☐ Ensino Superior ☐ Completo ☐ Incompleto
☐ Pós-graduação ☐ Completa ☐ Incompleta

08. Condição Profissional:

- ☐ Sem ocupação profissional ☐ Trabalha em tempo parcial
☐ Trabalha em tempo integral ☐ Estudante

Caso trabalhe, especifique:

09. Renda Mensal (em Salários Mínimos):

- ☐ aposentado(a) / pensionista ☐ menor que 01 salário
☐ 01 salário mínimo ☐ entre 01 e 02 salários mínimos
☐ 02 salários mínimos ☐ entre 02 e 03 salários mínimos
☐ acima de 03 salários mínimos ☐ auxílio público

Caso receba auxílio público, especifique qual:

10. Tipo de Habitação:

- ☐ Própria ☐ Alugada
☐ Cedida / Emprestada ☐ Outro

Caso outro, especifique:

11. Material de construção da Habitação:

- ☐ Taipa ☐ Alvenaria ☐ Palha
☐ Pedra ☐ Madeira ☐ Outro

Caso outro, especifique:

II – INFORMAÇÕES AMBIENTAIS DO TERRITÓRIO DO VALE DO GUARIBAS

12. Você sabe o que é um sistema de abastecimento de água?

13. Qual tipo de sistema de abastecimento de água tem na sua casa?

- | | | |
|--|---|------------------------------------|
| ☐ Rio | ☐ Poço artesiano | ☐ Caro Pipa |
| ☐ Poço tubular | ☐ Cisternas | ☐ Açudes |
| ☐ Poço Cacimbão | ☐ Outros | |

Caso seja outros,
especifique: _____

14. Na sua comunidade o sistema de abastecimento é do tipo?

- ☐ Público ☐ Privado ☐ Outros ☐ Não sei
informar Caso seja outros, especifique: _____

15. A sua família participa de algum tipo de assistência pública nos períodos de seca? ☐ Não ☐ Sim ☐ Não sei informar

Caso sim, especifique:

16. A sua casa ou comunidade participa de algum Plano Nacional de abastecimento de água citados abaixo?

- | | |
|---|---|
| ☐ Projeto cisternas | ☐ Projeto construção de poços artesianos |
| ☐ Operação Carro Pipa | ☐ Projeto de poço tubular |
| ☐ Projeto de captação de águas pluviais ☐ Outros Caso seja outros, especifique: _____ | |

17. Você utilizava ou tinha acesso a algum outro tipo de abastecimento de água anterior ao que tem atualmente?

- | | | |
|--|---|------------------------------------|
| ☐ Rio | ☐ Poço artesiano | ☐ Caro Pipa |
| ☐ Poço tubular | ☐ Cisternas | ☐ Açudes |
| ☐ Poço Cacimbão | ☐ Outros | |

Caso seja outros, especifique:

18. Há água potável disponível diariamente para o consumo e preparo de alimento?

☐ Não

☐ Sim

☐

Não sei informar

Caso não, especifique como ocorre o preparo dos alimentos e consumo de água?

19. Quais tipo de saneamento básico existe na sua comunidade/casa?

☐ Abastecimento de água

☐ esgotamento sanitário

☐ coleta

de lixo ☐ Drenagem de águas pluviais

☐ Limpeza das ruas

☐ Outros

☐ Nenhum

Caso outros, especifique:

20. A sua família utiliza água do Rio Guaribas/Riachão?

☐ Sim

☐ Não

☐ Não sei informar

Caso sim, especifique para quais fins:

21. Em quais períodos ocorre a cheia do Rio Guaribas/Riachão na sua região/comunidade? ☐ Janeiro a Março

☐ Abril a Junho

☐ Julho a Setembro

☐ Outubro a Dezembro

Caso ocorra em outras épocas alternadas, especifique:

22. Como ocorre a distribuição de água nas épocas de cheias do Rio?

23. Como ocorre a captação de água na época de seca na região (entre julho e dezembro)?

24. Qual/quais a (as) finalidade da água do Rio para você e sua família?

() Consumo Doméstico () Irrigação () Produção
 Animal () Não sei informar () Outra

Caso “Outra”, especifique:

25. Caso a água seja utilizada para “Produção Animal” o que está sendo produzido?

() Aves () Suínos () Caprinos e ovinos
 () Bovinos () Peixes () Outro

Caso “Outro”, especifique:

26. Caso a água seja utilizada para “Irrigação”, o que está sendo produzido?

() Hortaliças () Frutas
 () Verduras () Outro

Caso “Outro”, especifique:

27. Já teve ou tem algum problema de desabastecimento de água própria para o consumo?

() Sim () Não ()

Não sei informar

Caso sim, especifique:

28. Sua comunidade passa ou já passou por longos períodos de desabastecimento de água? () Sim () Não () Não sei

informar

Caso sim, quanto

tempo: _____

29. Se a resposta anterior for sim, quais dificuldades geradas devido ao período de desabastecimento?

30. Você observou mudanças ambientais na sua região nos últimos anos?

() Sim

() Não

() Não sei informar

Caso sim, quais:

31. Você já ficou sem abastecimento de água na sua casa?

() Sim

() Não

() Não sei informar

Caso sim, por quanto tempo:

32. Para qual/quais a (as) finalidade (es) do abastecimento de água na época das secas? ()

Consumo Doméstico

() Irrigação

() Produção Animal

() Não sei informar

() Outra

Caso “Outra”, especifique:

33. A falta de água própria para o consumo já prejudicou a sua saúde ou de alguém da sua família?

() Sim

() Não

Caso sim, especifique:

34. A falta de água na sua comunidade já ocorreu em paralização de atividades escolares?

() Sim

() Não

() Não sei informar

Caso sim, por quanto tempo:

35. Você ou alguém da sua família já deixou de ir a escola por conta do desabastecimento de água?

() Sim

() Não

() Não sei informar

Caso sim, especifique:

36. Você teria mais alguma observação que julgue importante respeito do abastecimento de água na sua comunidade/região?

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ACESSO, GESTÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA EM REGIÕES DO SEMIÁRIDO:
ESTUDO NO VALE DO GUARIBAS, PIAUÍ

Pesquisador: FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 78226324.7.0000.8057

Instituição Proponente: Universidade Federal do Piauí - UFPI

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.852.227

Apresentação do Projeto:

A água é um dos principais recursos naturais para a sobrevivência da espécie humana no planeta. O fluxo utilizado pela sociedade para a captação e distribuição da água consiste em mover a água de onde ela se encontra disponível para onde seu uso se faz necessário, e removê-la após a utilização, retornando assim para o meio ambiente. Assim, esse estudo objetiva de forma geral analisar a vulnerabilidade socioambiental do Território do Vale do Guaribas, em relação aos impactos da restrição hídrica, ressaltando as consequências ambientais, econômicas e sociais para a sua população. Para elaboração do estudo foi feita uma revisão bibliográfica com foco na crise hídrica, gestão de recursos hídricos, políticas públicas voltadas para o acesso e gestão da água, crise hídrica no semiárido nordestino, e gestão de Bacias Hidrográficas. A pesquisa ainda é dividida em seis seções: Crise hídrica no Brasil e no Mundo; Condições Climáticas que propiciam a seca no Semiárido; Condições Climáticas que propiciam a seca no Semiárido; Políticas de Gestão de Bacias Hidrográficas; e a última seção é referente ao primeiro artigo, que tem como título: Políticas Públicas de acesso a água: efetivas ou não no contexto da distribuição de água no semiárido Nordeste? Desta forma, concluiu-se parcialmente que a distribuição natural das águas não ocorre de forma igualitária, com isso é necessário que outras formas de distribuição sejam postas em práticas para que a população sofra com o desabastecimento. Assim como políticas com o programa

Endereço: Rua Cícero Duarte, N°905, (do lado da biblioteca e da xérox)

Bairro: JUNCO

CEP: 64.607-670

UF: PI

Município: PICOS

Telefone: (89)3422-3003

Fax: (89)3422-4200

E-mail: cep-picos@ufpi.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PIAUÍ - CAMPUS SENADOR
HELVÍDIO NUNES DE BARROS
- UFPI



Continuação do Parecer: 6.852.227

cisternas, construção de poços artesianos e a distribuição de água por meio do programa carro-pipa, mesmo com isso, a efetividade desses programas não consegue ser realmente significativa, pois em muitos locais ainda não chegam esses programas, e quando chega, muitas das vezes não consegue suprir toda a necessidade populacional.

Objetivo da Pesquisa:

OBJETIVO PRIMÁRIO: Analisar a vulnerabilidade socioambiental do Território do Vale do Rio Guaribas, em relação aos impactos da restrição hídrica, ressaltando as consequências ambientais, econômicas e sociais para a sua população.

OBJETIVO SECUNDÁRIO: a) Discutir questões relacionadas às políticas públicas voltadas para o acesso e distribuição de água, no semiárido do Piauí; b) Caracterizar áreas de maior vulnerabilidade socioambiental na região do Vale do Guaribas, relacionadas à falta de acesso à água; c) Refletir sobre aspectos da gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Guaribas, no Piauí; d) Conhecer as dificuldades diárias da população do Território Vale do Guaribas, causadas pela restrição ao acesso de água.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

RISCOS: A presente pesquisa oferece risco mínimo de dano físico, moral, intelectual, social, cultural a você participante e relaciona-se a possíveis constrangimentos que possa vir a sentir durante a gravação (apenas áudio) das entrevistas para produção de dados. É importante destacar que no questionário não há perguntas constrangedoras e que a entrevista não será feita na frente de terceiros, estando no local da entrevista apenas o pesquisador e o/a participante. No entanto, ressaltamos que estes riscos serão contornados por meio da interação entre o pesquisador responsável e as/os participantes com a finalidade de proporcionar confiança, segurança e conforto durante a realização da entrevista. Além disso, os participantes poderão escolher o local, data e horário que se sintam mais confortáveis, confiantes e tranquilos, pensando assim, sempre no bem-estar do participante para o bom andamento da entrevista.

BENEFÍCIOS: A pesquisa em questão busca entender o acesso, gestão e distribuição de água em regiões do semiárido piauiense e como isso impacta na vida da população que vivencia essa realidade. A região do Vale do Guaribas onde a pesquisa será realizada apresenta características específicas voltadas para o clima semiárido e problemas relacionados a seca. Diante disso, se faz importante entender como as políticas públicas desenvolvidas na região para combate à crise hídrica acontece. Assim, se faz importante entender os anseios da

Endereço: Rua Cícero Duarte, N°905, (do lado da biblioteca e da xérox)

Bairro: JUNCO

CEP: 64.607-670

UF: PI

Município: PICOS

Telefone: (89)3422-3003

Fax: (89)3422-4200

E-mail: cep-picos@ufpi.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PIAUÍ - CAMPUS SENADOR
HELVÍDIO NUNES DE BARROS
- UFPI



Continuação do Parecer: 6.852.227

sociedade como beneficiária direta dessa pesquisa, ouvir e dar voz a população através das suas perspectivas que muitas vezes não são diretamente consideradas no âmbito político e público. Tais anseios poderão ser utilizados como pontos importantes na criação de leis e políticas públicas ainda mais eficazes para a melhoria de enfrentamento dessa questão. Os resultados que serão apresentados poderão ser utilizados como norteadores de leis e políticas mais específicas.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O desafio em entender a escassez hídrica na região Nordeste, e em especial o Vale do Guaribas, é por si só de grande relevância sob o ponto de vista científico. A ciência tem por finalidade também propor contribuições sociais práticas relevantes.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Quanto aos termos de apresentação obrigatórios, seguem de acordo os seguintes termos:

DECLARAÇÃO DOS PESQUISADORES (assinado pelo pesquisador principal e pesquisadores assistentes) com os dados e assinatura dos pesquisadores responsáveis.

CURRICULO LATTES das pesquisadoras devidamente atualizado.

CARTA DE ENCAMINHAMENTO, datada e assinada ao Coordenador do CEP;

TERMO DE CONFIDENCIALIDADE: sem pendências;

CRONOGRAMA: Devidamente Preenchido e de acordo com as reuniões do CEP;

FOLHA DE ROSTO - devidamente preenchida com data, carimbo e assinatura do Diretor ou responsável pela instituição proponente e da pesquisadora responsável.

INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS - (questionário, formulários, entrevista, roteiros, etc) devidamente apresentado;

ORÇAMENTO DETALHADO: devidamente apresentado;

TCLE: sem pendências;

BROCHURA DO PROJETO: Sem pendências.

Recomendações:

Sem Recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pendências não atendidas em avaliação anterior:

Pendência 1: Pede-se que o proponente descreva melhor o procedimento de armazenamento e

Endereço: Rua Cícero Duarte, N°905, (do lado da biblioteca e da xérox)

Bairro: JUNCO

CEP: 64.607-670

UF: PI

Município: PICOS

Telefone: (89)3422-3003

Fax: (89)3422-4200

E-mail: cep-picos@ufpi.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PIAUÍ - CAMPUS SENADOR
HELVÍDIO NUNES DE BARROS
- UFPI



Continuação do Parecer: 6.852.227

segurança dos dados coletados na pesquisa. Especialmente quanto ao uso de questionário físico, deverá ser estabelecido um critério de segurança do arquivamento do dado físico, de forma a garantir que os dados utilizados serão manipulados somente pelos pesquisadores responsáveis. Essas informações deverão estar descritas no TCLE, Termo de Confidencialidade e brochura do projeto.

RESPOSTA: PENDÊNCIA devidamente ATENDIDA com a correção da nova versão do Termo de confidencialidade.

Pendência 5: No TCLE, o pesquisador indica que encaminhará o participante a um serviço de suporte psicológico em caso de perguntas despertarem gatilhos emocionais, porém não indica como dar-se-á o suporte psicológico ofertado.

RESPOSTA: PENDÊNCIA ATENDIDA! A justificativa apresentada atende aos critérios éticos da pesquisa científica.

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa, CEP, de acordo com as atribuições definidas nas Resoluções CNS nº 466 de 2012 e nº 510 de 2016 e na Norma Operacional nº 001 de 2013 do CNS, manifesta-se pela aprovação protocolo de pesquisa.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2234788.pdf	10/05/2024 23:49:35		Aceito
Outros	TERMO_DE_CONFIDENCIALIDADE_MODIFICADO_ASSINADO.pdf	10/05/2024 23:41:46	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2234788.pdf	03/05/2024 11:14:16		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_MODIFICADO_MAI02.docx	03/05/2024 11:12:30	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_MODIFICADO_MAI02.docx	03/05/2024 11:12:30	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Postado

Endereço: Rua Cícero Duarte, N°905, (do lado da biblioteca e da xérox)

Bairro: JUNCO

CEP: 64.607-670

UF: PI

Município: PICOS

Telefone: (89)3422-3003

Fax: (89)3422-4200

E-mail: cep-picos@ufpi.edu.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PIAUÍ - CAMPUS SENADOR
HELVÍDIO NUNES DE BARROS
- UFPI**



Continuação do Parecer: 6.852.227

Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2234788.pdf	02/05/2024 19:15:30		Aceito
Outros	JUSTIFICATIVA_APOIO_PSICOLOGICO.docx	02/05/2024 19:13:30	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
Outros	JUSTIFICATIVA_APOIO_PSICOLOGICO.docx	02/05/2024 19:13:30	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Postado
Cronograma	CRONOGRAMA_MODIFICADO_MAIO.docx	02/05/2024 19:13:19	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA_MODIFICADO_MAIO.docx	02/05/2024 19:13:19	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Postado
Outros	TERMO_DE_CONFIDENCIALIDADE_MODIFICADO_MAIO.docx	02/05/2024 19:12:41	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
Outros	TERMO_DE_CONFIDENCIALIDADE_MODIFICADO_MAIO.docx	02/05/2024 19:12:41	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Postado
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_MODIFICADO_MAIO.docx	02/05/2024 19:11:19	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_MODIFICADO_MAIO.docx	02/05/2024 19:11:19	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Postado
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_MODIFICADO_MAIO.docx	02/05/2024 19:09:48	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_MODIFICADO_MAIO.docx	02/05/2024 19:09:48	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Postado
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_MODIFICADO.docx	16/04/2024 23:11:34	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito

Endereço: Rua Cícero Duarte, N°905, (do lado da biblioteca e da xérox)

Bairro: JUNCO

CEP: 64.607-670

UF: PI

Município: PICOS

Telefone: (89)3422-3003

Fax: (89)3422-4200

E-mail: cep-picos@ufpi.edu.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PIAUÍ - CAMPUS SENADOR
HELVÍDIO NUNES DE BARROS
- UFPI**



Continuação do Parecer: 6.852.227

Outros	TERMO_DE_CONFIDENCIALIDADE_MODIFICADO.docx	16/04/2024 23:11:01	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_MODIFICADO.docx	16/04/2024 23:08:01	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
Outros	CurriculoOrientador.pdf	15/03/2024 09:13:31	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_CONSENTIMENTO.docx	15/03/2024 09:09:16	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	OficialDoutoradoProjeto.docx	15/03/2024 09:08:44	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
Outros	CARTA_DE_ENCAMINHAMENTO_OK.pdf	15/03/2024 09:02:25	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA.pdf	09/03/2024 18:06:17	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
Outros	Curriculo.pdf	09/03/2024 18:05:23	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
Outros	INTRUMENTO.docx	09/03/2024 17:57:14	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
Outros	CARTA.pdf	09/03/2024 17:54:45	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
Outros	TERMO.pdf	09/03/2024 17:54:09	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	TERMO_CONSENTIMENTO.docx	09/03/2024 17:51:04	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE	Aceito

Endereço: Rua Cícero Duarte, N°905, (do lado da biblioteca e da xérox)

Bairro: JUNCO

CEP: 64.607-670

UF: PI

Município: PICOS

Telefone: (89)3422-3003

Fax: (89)3422-4200

E-mail: cep-picos@ufpi.edu.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PIAUÍ - CAMPUS SENADOR
HELVÍDIO NUNES DE BARROS
- UFPI



Continuação do Parecer: 6.852.227

Ausência	TERMO_CONSENTIMENTO.docx	09/03/2024 17:51:04	CARVALHO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	OficialDoutoradoProjeto.docx	09/03/2024 17:48:32	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.docx	09/03/2024 17:34:41	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	DECLARACAO_DOS_PESQUISADORE Sassinado.pdf	09/03/2024 17:33:38	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.docx	09/03/2024 17:33:11	FRANCISCO ANTONIO GONCALVES DE CARVALHO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita apreciação da CONEP:

Não

PICOS, 27 de Maio de 2024

Assinado por:
GUSTAVO PICANCO DIAS
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Cícero Duarte, N°905, (do lado da biblioteca e da xérox)

Bairro: JUNCO

CEP: 64.607-670

UF: PI

Município: PICOS

Telefone: (89)3422-3003

Fax: (89)3422-4200

E-mail: cep-picos@ufpi.edu.br