



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ECONOMIA ECOLÓGICA

LÍDIA DE LEMOS GOMES

DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA POPULAÇÃO EM SITUAÇÃO DE RUA DO
CENTRO DE FORTALEZA, CEARÁ

FORTALEZA

2025

LÍDIA DE LEMOS GOMES

DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA POPULAÇÃO EM SITUAÇÃO DE RUA DO
CENTRO DE FORTALEZA, CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Economia Ecológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Economia Ecológica.

Orientador: Prof. José Carlos de Araújo.
Coorientadora: Dra. Christine Farias Coelho.

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G615d Gomes, Lídia de Lemos.

Disponibilidade hídrica da população em situação de rua do centro de Fortaleza, Ceará / Lídia de Lemos Gomes. – 2025.
67 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Economia Ecológica, Fortaleza, 2025.

Orientação: Prof. Dr. José Carlos de Araújo.
Coorientação: Profa. Dra. Christine Farias Coelho.

1. Saneamento ambiental. 2. Qualidade da água. 3. Vulnerabilidade social . I. Título.

CDD 577

LÍDIA DE LEMOS GOMES

DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA POPULAÇÃO EM SITUAÇÃO DE RUA DO
CENTRO DE FORTALEZA, CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Economia
Ecológica do Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de Bacharel em
Economia Ecológica.

Aprovada em: 28/07/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. José Carlos de Araújo (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Christine Farias Coelho (Coorientadora)
Doutora em Engenharia Agrícola (UFC)

Profa. Aiala Vieira Amorim
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Waleska Martins Eloi
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFCE)

A Deus.

Ao meu esposo, Lauro Felipe.

E aos meus pais, Joaquim e Rejane.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo e de todos, agradeço a Deus, pela dádiva da vida, por me guiar em cada passo desta jornada e por me conceder forças, discernimento e resiliência para enfrentar os desafios do percurso universitário. À sua presença constante, que me deu o escape necessário nas dificuldades e a dedicação indispensável para concluir esta etapa com vitória.

À Universidade Federal do Ceará (UFC), instituição pública, gratuita e de excelência, registro minha profunda gratidão. Sem sua estrutura, qualidade de ensino, corpo docente qualificado e políticas de permanência, o ingresso no ensino superior teria sido bem mais difícil. Assim como, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), minha gratidão pelo apoio financeiro por meio da bolsa de Iniciação Científica, a qual foi fundamental para minha permanência e desempenho durante a graduação.

Ao Laboratório de Saneamento Ambiental pela valiosa parceria na sugestão e análise laboratorial dos parâmetros de qualidade da água, cuja contribuição técnica foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho. Ao grupo Hidrosed pela receptividade e apoio. Como também, à Pastoral Povo da Rua e ao Centro POP, pelas portas abertas, pela colaboração generosa e pelas conversas e orientações que enriqueceram significativamente o processo de construção da minha monografia. O apoio e a receptividade de todos foram essenciais.

Expresso minha sincera gratidão ao professor José Carlos de Araújo, por sua orientação firme, paciente e comprometida. Suas cobranças, ensinamentos e apoio constante foram fundamentais para o amadurecimento deste trabalho e para minha formação acadêmica. À professora Christine Farias Coelho, minha coorientadora, agradeço a dedicação, o incentivo e as contribuições indispensáveis em todas as etapas do desenvolvimento desta pesquisa.

Aos professores membros da banca examinadora, Prof. José Carlos de Araújo, Dra. Christine Farias Coelho, Profa. Aiala Vieira Amorim e Profa. Waleska Martins Eloi, agradeço pela generosidade em compartilhar seu tempo, pelo olhar atento sobre este trabalho e pelas sugestões valiosas que enriqueceram significativamente esta pesquisa. Também agradeço à Profa. Michelas Mulas, pelo apoio.

Estendo meu agradecimento aos professores e professoras que me formaram ao longo da graduação e contribuíram para minha formação crítica e ética como Economista Ecológica, Dra. Maria Inês Escobar, Dra. Aiala Vieira Amorim, Dra. Isabel Cristina Araújo, Dra. Diana Freitas, Dra. Filomena Nádia Bezerra, Ma. Rita Cláudia Barbosa, Ma. Nicole Stephanie Carvalho, Dr. Otoniel Júnior, Dr. Fábio Sobral, Dr. Aécio Oliveira, Dr. Guillermo Rojas, Dr. Rafael Costa, Dr. Francisco Filho e Dr. Julius Blum. A cada um, minha gratidão pelos

conhecimentos compartilhados, pela sensibilidade ambiental despertada e pela formação transdisciplinar proporcionada.

Às amigas Débora e Rebeca, dos tempos do ensino fundamental, e às queridas Lívia e Raissa, do ensino médio, agradeço a amizade sincera e por tornarem minha trajetória estudantil mais leve e alegre. Aos colegas da graduação, agradeço pelas trocas de saberes e pelas discussões que enriqueceram as aulas. À Josiane, meu especial agradecimento pela ajuda generosa nas etapas em que encontrei maior dificuldade de execução e compreensão.

Por fim, a todos que, de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo aqui meu mais sincero e caloroso agradecimento. Muito obrigada!

“Está cumprido. Eu sou o Alfa e o Ômega, o princípio e o fim. A quem quer que tiver sede, de graça lhe darei da fonte da água da vida”

(Apocalipse 21, 6).

RESUMO

Uma das metas previstas nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas é assegurar o acesso à água e o saneamento equitativo a todos. Para que essa meta seja alcançada é necessário garantir o direito à água à parcela da população socialmente mais vulnerável. Nesse contexto, a presente pesquisa objetivou avaliar a qualidade da água acessada pela População em Situação de Rua (PSR) do Centro da cidade de Fortaleza, Ceará. Foram selecionados sete pontos amostrais com finalidades distintas (potabilidade, balneabilidade e diluição de excretas), tais como fontes, drenos e bebedouros. As coletas foram realizadas no período de janeiro a novembro de 2024, com frequência bimestral e as análises foram conduzidas no Laboratório de Saneamento Ambiental – LABOSAN/UFC, considerando parâmetros bacteriológicos, físico-químicos e organolépticos. Os resultados mostraram que, em média, 30%, 14% e 26% das amostras apresentaram inconformidades, respectivamente, para potabilidade, balneabilidade e diluição de excretas em relação aos padrões legais estabelecidos pela Portaria MS N°888/2021 e as Resoluções N°274/2000 e N° 357/2005 do CONAMA. A segunda etapa da pesquisa contemplou a estimativa remota da turbidez a partir de imagens Sentinel-2, tendo como referência a amostra coletada da fonte de água no Passeio Público (Praça dos Mártires). O modelo adotado apresentou um desempenho estatístico razoável ($R^2 > 0,5$). Ressalta-se que a turbidez funciona como um indicador indireto de contaminação microbiológica, especialmente de coliformes termotolerantes. Espera-se que os resultados obtidos nesta pesquisa possam subsidiar ações de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento de sistemas de distribuição de água para a PSR, com conformidade com os padrões legais vigentes.

Palavras-chave: Saneamento Ambiental; Qualidade da Água; Vulnerabilidade social.

ABSTRACT

One of the United Nations Sustainable Development goals is to access water and equitable sanitation for all, which includes the most socially vulnerable segment of the population. In this context, this study aimed to estimate the quality of water accessed by the homeless population (PSR) in the center of Fortaleza, Ceará. Seven sampling points were selected for different purposes (potability, bathing suitability, and excreta dilution), such as fountains, drains, and drinking fountains. The samples were conducted bimonthly from January to November 2024, and analyses were conducted at the Environmental Sanitation Laboratory (LABOSAN/UFC), considering bacteriological, physicochemical, and organoleptic parameters. The results showed that, on average, 30%, 14%, and 26% of the samples presented nonconformities, respectively, for potability, bathing suitability, and excreta dilution, established by the Brazilian Health Ministry Ordinance No. 888/2021 and CONAMA Resolutions 274/2000 and 357/2005. The second stage of the research included remote turbidity estimation using Sentinel-2 imagery, based on the sample collected from the water source in *Passeio Público (Praça dos Mártires)*. The model provided reasonable performance, with a coefficient of determination $R^2 > 0.5$. It is noteworthy that turbidity is an indirect indicator of microbiological contamination, especially of thermotolerant coliforms. The results obtained in this research are expected to support public policy actions aimed at developing water distribution systems for the PSR that comply with legal standards.

Keywords: Environmental sanitation; Water quality; Social vulnerability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bacias hidrográficas do Ceará.....	25
Figura 2 - Esquema do índice de segurança hídrica do PNSH.....	27
Figura 3 - Fluxograma do estudo.....	38
Figura 4 - Área de estudo e pontos de coletas para análise da qualidade da água.....	39
Figura 5 - Pontos amostrais para análise, Fortaleza, Ceará.....	40
Figura 6 - Área de estudo e ponto de predição de turbidez.....	43
Figura 7 - Distribuição das pessoas em situação de rua por regional, Fortaleza, Ceará..	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Precipitação do período de coletas.....	42
Gráfico 2 -	Porcentagem média das amostras, por finalidade de uso, em concordância com Portaria MS N°888/2021 e as Resoluções CONAMA N° 357/2005 e N°274/2000.....	53
Gráfico 3 -	Porcentagem média das amostras, por parâmetro, em concordância com a Portaria MS N°888/2021 e as Resoluções CONAMA N° 357/2005 e N°274/2000.....	53
Gráfico 4 -	Porcentagem média das amostras 1 e 7, por período chuvoso e seco, em desacordo com a Portaria MS N°888/2021 e as Resoluções CONAMA N° 357/2005 e N°274/2000.....	54
Gráfico 5 -	Modelagem logarítmica da turbidez medida versus CSS simulada.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Pontos de coleta de amostras de água e finalidade do uso pela PSR.....	40
Tabela 2 -	Parâmetros de qualidade de água e métodos analíticos.....	41
Tabela 3 -	Referência adotada para os parâmetros de qualidade da água.....	42
Tabela 4 -	Sensibilidade espectral MSI/Sentinel-2.....	44
Tabela 5 -	Estatística descritiva.....	48
Tabela 6 -	Matriz de correlação de Pearson dos parâmetros, nos pontos de potabilidade.....	49
Tabela 7 -	Matriz de correlação de Pearson dos parâmetros, nos pontos de balneabilidade.....	49
Tabela 8 -	Matriz de correlação de Pearson dos parâmetros, nos pontos de diluição de excretas..	50
Tabela 9 -	Síntese dos parâmetros de potabilidade e concordância com a Portaria MS N°888/2021.....	51
Tabela 10 -	Síntese dos parâmetros de potabilidade e concordância com as Resoluções CONAMA N°357/2005 e N° 274/2000.....	51
Tabela 11 -	Síntese dos parâmetros de diluição de excretas e concordância com as Resoluções CONAMA N°357/2005 e N° 274/2000.....	52
Tabela 12 -	Descrição dos pontos de coleta.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CADÚNICO	Cadastro Único para Programas Sociais
CAPR	Centro de Atendimento à População de Rua
CAPS	Centros de Atenção Psicossocial
CENTRO POP	Centro de Referência Especializado para População em Situação de Rua
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONGEMAS	Colegiado Nacional dos Gestores Municipais da Assistência Social
CREAS	Centros de Referência Especializados de Assistência Social
CSS	Concentração de Sólidos Suspensos
ESA	Agência Espacial Europeia
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
FUNCENE	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GEE	Google Earth Engine
HIDROSED	Grupo de Pesquisa em Hidrologia e Sedimentologia do Semiárido
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LABOSAN	Laboratório de Saneamento Ambiental
LOAS	Lei Orgânica da Assistência Social
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
MNPR	Movimento Nacional da População em Situação de Rua
MS	Ministério da Saúde
NASF	Núcleos Ampliados de Saúde da Família
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PENAD	Prevenção de Álcool e outras Drogas
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNAS	Política Nacional de Assistência Social
PNPSR	Política Nacional para a População em Situação de Rua
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos

PNSH	Plano Nacional de Segurança Hídrica
PSE	Proteção Social Especial
PSR	População em Situação de Rua
QGIS	Quantum Geographic Information System
RAPS	Rede de Atenção Psicossocial
SEMAS	Secretaria Municipal de Assistência Social
SISAGUA	Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SR	Sensoriamento Remoto
SUAS	Sistema Único de Assistência Social
SUS	Sistema Único de Saúde
UBS	Unidade Básica de Saúde
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1. População em Situação de Rua (PSR)	16
2.1.1. Caracterização da População em Situação de Rua de Fortaleza, Ceará	16
2.1.2. Políticas Públicas e Equipamentos Sociais	17
2.1.3. Vulnerabilidade Social Desigualdade de Acesso aos Direitos Básicos	20
2.2. Disponibilidade Hídrica	21
2.2.1. Contextualização Global	21
2.2.1. Contexto Brasileiro	22
2.2.3. Semiárido Brasileiro	23
2.2.4. Contexto Cearense	24
2.2.5. Políticas de Segurança Hídrica	25
2.2.6. Concepções de Insegurança Hídrica	26
2.2.7. Direito à Água e ao Saneamento	28
2.2.8. Qualidade da Água	28
2.3. Sensoriamento Remoto (SR)	35
2.3.1. Ferramenta de Análise Ambiental	35
3. MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1. Área de Estudo	37
3.2. Procedimentos de Coleta e Análise dos Dados	39
3.3. Detecção Remota	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. Análise Demanda versus Oferta	45
4.2. Estatística Descritiva	46
4.3. Análise Comparativa dos Parâmetros com a Legislação	49
4.4. Estimativa Remota da Qualidade de Água	53
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS	56

1. INTRODUÇÃO

A universalização dos direitos humanos, incluindo o acesso à água e ao saneamento, é uma das metas prioritárias do século XXI (ONU, 2010). Nesse contexto, o estudo da disponibilidade hídrica representa um fator essencial para a promoção da dignidade humana, sobretudo das populações mais vulneráveis.

No Brasil, a realidade é marcada por deficiências no acesso a esses direitos básicos (De Araújo *et al.*, 2004). Entre os grupos mais afetados está a população em situação de rua (PSR), grupo social que enfrenta a negação sistemática de direitos básicos, como saúde, alimentação, moradia e, notadamente, o acesso à água. Muitos indivíduos recorrem a fontes hídricas inappropriadas, tanto em qualidade quanto em quantidade, expondo-se a riscos sanitários e perpetuando um ciclo de exclusão social (Silva; Oliveira; Pontes, 2023).

A estimativa nacional aponta para cerca de 300 mil pessoas em situação de rua em todo o Brasil (OBPOPRUA, 2024). Em Fortaleza, capital do Estado do Ceará, esse número ultrapassa os 10 mil habitantes, com maior concentração na região central da cidade. Essa situação reflete um fenômeno multifatorial, associado ao desemprego, rupturas familiares, dependência química, transtornos mentais e ausência de políticas públicas eficazes (Brasil, 2024).

Diante desse cenário, este estudo volta-se para a análise da disponibilidade hídrica da PSR no Centro de Fortaleza, Ceará, uma área marcada pela alta densidade urbana e histórico de desvalorização dos corpos hídricos. A escolha do recorte espacial e populacional foi motivada pela inserção da autora no Grupo de Pesquisa em Hidrologia e Sedimentologia do Semiárido (HIDROSED¹), pelo direcionamento e interesse acadêmico em estudar a relação entre recursos hídricos e populações marginalizadas em áreas urbanas.

O estudo justifica-se pela necessidade de compreensão e produção de conhecimento aplicado sobre desigualdades no acesso à água por pessoas em situação de rua, com vista à contribuição, por meio de subsídios, para a formulação de políticas públicas que promovam a inclusão social e a segurança hídrica para as populações mais vulneráveis. Observa-se que a qualidade das águas urbanas vem se deteriorando significativamente (Tundisi, 2008), inclusive, na Região Metropolitana de Fortaleza (Peixoto *et al.* 2020). A população em situação de rua geralmente se abastece de água bruta e, portanto, indisponível por causa de sua baixa qualidade. Considerando-se a crescente urbanização e

¹ Grupo de Pesquisa em Hidrologia e Sedimentologia do Semiárido - Hidrosed. <https://hidrosed.ufc.br/pt/>.

os desafios ambientais, é fundamental entender onde, como e em que condições a PSR acessa a água no espaço urbano.

Assim, a presente pesquisa tem por objetivo geral compreender o acesso e a disponibilidade hídrica que dispõe os moradores em situação de rua do Centro de Fortaleza, Ceará, população urbana socialmente vulnerável. Os objetivos específicos são:

- Identificar pontos em que a PSR do Centro urbano de Fortaleza, Ceará, busca acesso à água para suas necessidades;
- Avaliar a qualidade da água, para diversos fins, comparando-a com os padrões legais vigentes no país; e
- Estimar a qualidade da água por Sensoriamento Remoto (SR).

A metodologia da pesquisa está organizada em duas etapas. A primeira envolve um levantamento de campo com abordagem qualitativa, incluindo observação direta e mapeamento dos pontos de acesso à água utilizados pela PSR na área central da cidade de Fortaleza, Ceará. A segunda etapa consiste na utilização de técnicas de SR, com apoio de imagens orbitais, para identificar e analisar os corpos hídricos urbanos e áreas de potencial acesso.

Esta monografia está estruturada em cinco seções. A primeira apresenta a introdução, abordando a temática, o problema de pesquisa, a relevância, os objetivos, a metodologia e a organização do trabalho. A segunda corresponde à revisão de literatura, de caráter narrativo, tratando da PSR, da qualidade da água e do uso do SR como ferramenta de análise qualitativa. A terceira seção descreve os materiais e métodos, incluindo a área de estudo, os procedimentos de coleta e análise dos dados. A quarta apresenta os resultados obtidos. Por fim, a quinta seção traz as considerações finais, destacando o alcance dos objetivos, incluindo recomendações para pesquisas futuras.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. População em Situação de Rua (PSR)

Para Rosa, Cavicchioli e Brêtas (2005), a PSR é composta por pessoas sem moradia fixa, que pernoitam em ruas, terrenos baldios, construções abandonadas, cemitérios ou abrigos. Já Paiva, Ramos e Guimarães (2018) ressaltam que o termo deve ser compreendido como um processo, em que a vivência na rua expressa uma condição social e não apenas a ausência de um domicílio.

Fraga (2015) reforça essa perspectiva ao apontar que a saída do espaço doméstico não é uma escolha, mas resultado de um processo histórico-social determinado por múltiplos fatores — entre eles a baixa renda, o racismo estrutural e a desigualdade educacional — que limitam as oportunidades de vida desses indivíduos.

A PSR é socialmente marginalizada, frequentemente invisibilizada e alvo de estigmas. Apesar de sua heterogeneidade, apresentam características comuns, como rompimentos familiares, fragilidade dos vínculos sociais, desemprego, exposição à violência e ao uso de substâncias psicoativas (Esmeraldo, 2010). Segundo Hino, Santos e Rosa (2018), essas pessoas vivem em logradouros públicos ou albergues, em condições precárias de moradia, trabalho, higiene e alimentação, sendo privadas de segurança, bem-estar e identidade.

2.1.1. Caracterização da População em Situação de Rua de Fortaleza, Ceará

De acordo com o II Censo Geral da População em Situação de Rua de Fortaleza, realizado em 2021, foram identificadas aproximadamente 3 mil pessoas vivendo nas ruas da capital, o que representa um aumento de 54% em comparação com o primeiro levantamento, realizado em 2014 (Fortaleza, 2021). A maior concentração se encontrava nos bairros Centro, Moura Brasil e Praia de Iracema. Sendo essa população composta majoritariamente por pessoas do sexo masculino (81,5%), que se autodeclararam pretos ou pardos (77%), e entre a faixa etária de 31 e 49 anos (49,1%). Em relação ao tempo de permanência nas ruas, 30,8% estavam nessa condição há mais de cinco anos, enquanto 23,1% viviam nas ruas há menos de seis meses.

Os principais fatores que motivaram a ida para as ruas, conforme o censo, foram os conflitos familiares (58,7%) e a dependência química (29,7%). Com relação a obtenção de renda, a mendicância é a atividade mais recorrente (27,7%). Além disso, 70% das pessoas em situação de rua não possuíam documentação civil e 29,5% relataram ter sido impedidas de entrar em estabelecimentos por sua condição.

Fortaleza destaca-se como uma das capitais brasileiras com maior desigualdade social. Salata e Ribeiro (2020) identificam a cidade como a sexta Região Metropolitana mais desigual do país, com coeficiente de Gini superior à média nacional. Monteiro (2011) observa que a desigualdade é facilmente perceptível em seu espaço urbano, revelando profundas assimetrias no acesso a direitos básicos e infraestrutura. Para Esmeraldo (2010), esse cenário é consequência do processo de urbanização caótico, descontrolado e acelerado, que intensifica a pobreza, a violência e a exclusão.

Apesar do crescimento econômico das cidades, há um agravamento das disparidades sociais, com aumento da concentração de renda, do desemprego e da violência urbana, refletindo diretamente na distribuição desigual de equipamentos públicos, serviços de saúde, educação e saneamento básico (Monteiro, 2011).

2.1.2. Políticas Públicas e Equipamentos Sociais

A mobilização em torno da PSR ganhou destaque nacional a partir do primeiro mandato do Presidente Luiz Inácio Lula da Silva, em 2003. Nesse período, os encontros com catadores de materiais recicláveis e pessoas em situação de rua tornaram-se espaço de escuta e de reivindicação por políticas públicas. Como resultado, em 2005, o Ministério do Desenvolvimento Social promoveu o I Encontro Nacional da População em Situação de Rua, com a participação de representantes da sociedade civil e do governo (Barbosa, 2018).

Dessa articulação emergiu o Sistema Único de Assistência Social (SUAS), instituído em 2003, consolidando um modelo descentralizado e participativo de gestão, com atuação dos entes federativos na oferta de programas, serviços e benefícios voltados à redução da vulnerabilidade social (Brasil, 2003). Em 2004, foi criada a Política Nacional de Assistência Social (PNAS), que reconhece a assistência social como um direito do cidadão e dever do Estado, estabelecendo diretrizes para o atendimento de indivíduos em situação de risco e exclusão social (Brasil, 2004). Em 2005, a Lei n.º 11.258 promoveu alterações na Lei Orgânica da Assistência Social (LOAS), tornando obrigatória a formulação de políticas específicas para a PSR (Brasil, 2005).

Somente em 2008 foi formulada, de maneira oficial, uma política pública federal voltada exclusivamente à PSR, a Política Nacional para Inclusão Social da População em Situação de Rua, instituída pelo Decreto nº 7.053, de 23 de dezembro de 2009. Essa política resultou dos trabalhos do Grupo Interministerial composto por diversos órgãos federais – como os Ministérios do Desenvolvimento Social, Saúde, Educação, Justiça, Cidades, Trabalho e Cultura – e contou com a relevante participação de movimentos sociais, como

o Movimento Nacional da População em Situação de Rua (MNPR), a Pastoral do Povo da Rua e o Colegiado Nacional dos Gestores Municipais da Assistência Social (CONGEMAS), vide Rodrigues *et al.*, 2020.

A Política Nacional para Inclusão da População em Situação de Rua é fundamentada em princípios que visam à promoção da cidadania e da dignidade humana.

São eles:

I - Promoção e garantia da cidadania e dos direitos humanos; II - Respeito à dignidade do ser humano, sujeito de direitos civis, políticos, sociais, econômicos e culturais; III - Direito ao usufruto, permanência, acolhida e inserção na cidade; IV - Não-discriminação por motivo de gênero, orientação sexual, origem étnica ou social, nacionalidade, atuação profissional, religião, faixa etária e situação migratória; V - Supressão de todo e qualquer ato violento e ação vexatória, inclusiva os estigmas negativos e 76 preconceitos sociais em relação à população em situação de rua (BRASIL, 2009, p.14).

Essa iniciativa representou um marco no reconhecimento da PSR como sujeitos de direitos e cidadãos, devendo a política ser implementada de forma descentralizada, com cooperação entre os entes federativos. Seu objetivo principal é garantir o acesso amplo, simplificado e seguro às políticas públicas existentes nas áreas de saúde, educação, assistência social, habitação, segurança, cultura, esporte, lazer, trabalho e renda (Brasil, 2009).

No contexto municipal, Fortaleza apresenta avanços importantes no campo das políticas públicas voltadas à PSR. De acordo com Liberato (2020), essas ações foram fortalecidas a partir da gestão da prefeita Luizianne Lins, com a criação, em 2007, da Secretaria Municipal de Assistência Social (SEMAS), cuja função é planejar e executar estratégias de proteção social especial.

Nesse mesmo processo, foi implementado o Programa Municipal de Atenção Integral à População de Rua, que se consolidou como eixo estruturante da rede socioassistencial municipal. Em 2008, a SEMAS criou o Centro de Atendimento à População de Rua (CAPR), equipamento que oferecia atividades socioeducativas, promovia a participação social e realizava encaminhamentos à rede de assistência. A partir de 2011, com base na Tipificação Nacional dos Serviços Socioassistenciais, o CAPR foi reformulado e transformado no atual Centro de Referência Especializado para População em Situação de Rua (Centro POP).

O município de Fortaleza dispõe de uma rede de equipamentos voltados ao atendimento da PSR, especialmente por meio da política de Assistência Social. Os principais serviços incluem: Acolhimento para Pessoas em Situação de Rua, Centro de Convivência para Pessoas em Situação de Rua, Centro POP, Pousada Social, Restaurante

Popular e os Centros de Referência Especializados de Assistência Social (CREAS).

A Pousada Social é uma estrutura voltada ao acolhimento noturno emergencial, com foco na proteção imediata e dignidade das pessoas em situação de vulnerabilidade (Liberato, 2020). Além da Pousada Social, o município conta com o Acolhimento Integral para Pessoas em Situação de Rua, equipamento que oferece estadia em tempo integral, assegurando condições básicas como higiene pessoal, quatro refeições diárias e um espaço seguro para o descanso. O acesso a este serviço é intermediado por encaminhamentos realizados pelo Centro POP ou pelo CREAS. Fortaleza também mantém o Centro de Convivência para Pessoas em Situação de Rua, espaço que promove atividades de integração social, capacitação profissional, além de disponibilizar serviços de lavanderia, alimentação e suporte psicossocial, tendo como principal objetivo favorecer o processo de reintegração social e saída gradual das ruas.

Complementando essa rede de apoio, foi instituído em 2019 o Restaurante Popular, equipamento público voltado à segurança alimentar da PSR, que oferece gratuitamente refeições nutricionalmente adequadas, mediante cadastro prévio em unidades como o Centro POP ou instituições de acolhimento da Prefeitura (Liberato, 2020).

No âmbito da saúde, a PSR tem acesso aos serviços oferecidos pelo Sistema Único de Saúde (SUS). No entanto, o atendimento a esse público conta com um dispositivo específico: os Consultórios na Rua, dos quais Fortaleza atualmente possui apenas uma equipe em atividade, o que limita a abrangência das ações voltadas para essa população (Liberato, 2020).

A criação dos Consultórios de Rua foi inicialmente reconhecida como política pública em 2009, por meio da Portaria nº 1.190, no contexto do Plano Emergencial de Ampliação do Acesso ao Tratamento e Prevenção de Álcool e outras Drogas (PENAD). Essa estratégia foi concebida para levar cuidados de saúde até os locais de permanência da PSR, considerando suas especificidades e buscando criar vínculos entre os profissionais e os usuários (Mendes; Chagas; Penna, 2020).

Posteriormente, a Portaria nº 122, de 25 de janeiro de 2012, instituiu os Consultórios na Rua como uma modalidade definitiva no âmbito da Política Nacional de Atenção Básica e da Rede de Atenção Psicossocial (RAPS). A proposta visa atuar diretamente nas demandas de saúde da PSR, promovendo ações interdisciplinares, acesso universal aos serviços do SUS e práticas orientadas para redução de danos (Brasil, 2012).

As equipes dos Consultórios na Rua são compostas por profissionais de diferentes áreas, como enfermagem, serviço social, psicologia, medicina, terapia ocupacional,

técnicos em saúde e agentes comunitários (Brasil, 2012). Esse caráter multiprofissional visa à oferta de um atendimento integral, centrado nas especificidades dos sujeitos atendidos. Os profissionais devem estar vinculados a, pelo menos, uma Unidade Básica de Saúde (UBS) e trabalhar de forma articulada com os Núcleos Ampliados de Saúde da Família (NASF), Centros de Atenção Psicossocial (CAPS), serviços de urgência e emergência, Centros POP, SUAS, entre outros pontos da rede (Brasil, 2012; 2014). Também cabe a esses profissionais realizarem a busca ativa e o acompanhamento de pessoas usuárias de álcool, crack e outras drogas (Conass, 2011).

Dentre os equipamentos de Proteção Social Especial (PSE), o Centro POP se destaca como instrumento essencial no acolhimento e atendimento da PSR. Vinculado ao SUAS, o equipamento tem como finalidade promover o acesso a direitos, estimular a autonomia e oferecer suporte por meio de ações intersetoriais (Brasil, 2011). O Centro POP integra a Proteção Social Especial de Média Complexidade e tem como finalidade ofertar atendimento especializado à PSR, assegurando acesso a serviços e ações voltadas à autonomia e reinserção social (Brasil, 2011). A unidade é reconhecida por sua relevância enquanto espaço de escuta, encaminhamento e articulação com outros serviços, consolidando-se como um eixo central na rede de proteção social.

De acordo com as diretrizes do Ministério do Desenvolvimento Social, essas unidades devem funcionar, no mínimo, cinco dias úteis por semana, com jornada mínima de oito horas diárias. As atividades incluem atendimentos individuais e em grupo, fornecimento de espaços para higiene pessoal, alimentação, guarda de pertences, emissão de documentação civil e encaminhamento a outros serviços (Liberato, 2020). A cidade de Fortaleza conta com duas unidades ativas.

Cabe ressaltar que, a região central de Fortaleza, onde se localizam muitos dos equipamentos voltados à PSR, concentra 28 praças públicas, as quais, pela ausência de alternativas adequadas, acabam sendo utilizadas como locais de moradia improvisada. No Centro de Fortaleza também está situado o Posto de Saúde Paulo Marcelo, referência para demandas de saúde da PSR (Liberato, 2020).

2.1.3. Vulnerabilidade Social Desigualdade de Acesso aos Direitos Básicos

As condições impostas pela pobreza extrema impactam diretamente a sobrevivência da PSR, que enfrenta múltiplas privações em seu cotidiano. A ausência de acesso a recursos essenciais, especialmente, água potável e saneamento, revela a profunda desigualdade social e a marginalização estrutural que atingem essa população.

O direito à água, por exemplo, não se limita à ingestão, mas inclui também a possibilidade de higienização, lavagem de roupas e manutenção da saúde física e mental. A exclusão do acesso a esse recurso compromete diretamente a dignidade humana e reforça a vulnerabilidade às doenças, infecções e violências urbanas.

Para as mulheres, a condição de vida em situação de rua apresenta agravantes específicos, particularmente em relação à higiene menstrual. Conforme Motta e Brito (2022), essas mulheres enfrentam a chamada "pobreza menstrual", caracterizada não apenas pela falta de absorventes ou itens de higiene, mas também pela ausência de acesso ao saneamento básico, informações adequadas e infraestrutura para o manejo da menstruação. A vivência dessa realidade resulta em impactos profundos sobre a saúde física e mental, gerando sofrimento, vergonha, exclusão e baixa autoestima.

2.2. Disponibilidade Hídrica

2.2.1. Contextualização Global

O crescimento populacional, a urbanização acelerada, os fluxos migratórios, a industrialização e o aumento do consumo têm intensificado as pressões sobre os recursos hídricos em escala global (WWAP, 2015). Em paralelo, a poluição e o uso insustentável da natureza contribuem para a redução da disponibilidade de água, comprometendo tanto a qualidade quanto a quantidade desse recurso essencial à vida.

Apesar dos avanços das últimas décadas, cerca de 25% da população mundial ainda não possui acesso a água potável (ONU, 2022). A ausência de políticas integradas de gestão da água é apontada como um dos principais obstáculos para o atendimento das necessidades básicas de qualidade e quantidade desse recurso, tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento (Carter; Kreutzwiser; De Loe, 2005). Essa desigualdade representa uma ameaça direta ao bem-estar humano, à saúde dos ecossistemas e à estabilidade das economias, aprofundando cenários de pobreza e vulnerabilidade (Garrick; Hall, 2014).

O direito à água e à segurança hídrica assume contornos distintos em diferentes contextos geográficos. Nos países em desenvolvimento, as discussões estão centradas na dignidade, saúde e sobrevivência da população, enquanto nos países desenvolvidos os desafios se concentram na eficiência da gestão e nos custos dos serviços (Soyapi, 2017). Essa disparidade revela a urgência de políticas diferenciadas e adaptadas às realidades locais.

2.2.1. Contexto Brasileiro

Historicamente, a ampla disponibilidade de água no território brasileiro foi um fator determinante para o desenvolvimento econômico, sobretudo na fase de interiorização e expansão das atividades de exportação. Até a década de 1930, a preocupação ambiental era praticamente inexistente, restringindo-se a iniciativas isoladas de proteção de alguns recursos naturais, sem contemplar a água (Tundisi, 2008). A abundância hídrica contribuiu significativamente para o fortalecimento de atividades econômicas, com a utilização de corpos d'água como vias de transporte e escoamento da produção (Silva, 2017).

Embora o Brasil possua aproximadamente 13% da disponibilidade hídrica superficial mundial, com escoamento médio dos rios de 5.744 km³/ano (Tucci, 2004), essa abundância levou à construção de uma cultura de uso inconsciente e desperdício, agravada pela percepção equivocada de sua inesgotabilidade (Pereira, 2002). De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), em 2014, a disponibilidade hídrica per capita no país passou de 73.929 m³/hab./ano em 1962 para 27.721 m³/hab./ano em 2014, o que representa uma redução de quase 63%. Ainda assim, esse valor permanece superior à média mundial de 5.922 m³.hab⁻¹.ano⁻¹, mantendo o Brasil em uma posição relativamente confortável em termos comparativos.

O Brasil possui uma das maiores reservas de água doce do planeta, porém, o acesso a esse recurso ainda é desigual. O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), aprovado em 2013, revela que o país está distante de assegurar plenamente o direito humano à água e ao saneamento, apresentando déficits expressivos em todos os seus componentes. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2008, embora a maioria da população já tivesse acesso a sistemas adequados de abastecimento de água, 33,9% ainda estavam em situação de atendimento precário e 6,8% sequer dispunham de qualquer tipo de acesso ao serviço.

O não fornecimento de água segura, seja por fatores técnicos ou naturais, expõe a população a riscos sanitários e compromete a segurança humana, impactando diretamente na saúde pública e na estabilidade dos fluxos produtivos (Branco, 2007).

O Brasil apresenta uma média anual de 1.760 mm de precipitação, porém há ampla variabilidade regional devido à extensão territorial do país. No semiárido nordestino, os índices podem ser inferiores a 500 mm/ano, enquanto na região Amazônica superam 3.000 mm/ano. No Nordeste, as chuvas são fortemente influenciadas por fenômenos climáticos como o aquecimento do Atlântico Tropical Norte e o El Niño, resultando em irregularidades temporais e espaciais nas precipitações (ANA, 2024).

Em 2022, a retirada total de água no Brasil foi estimada em 64,18 bilhões de m³/ano, ou 2.035 m³/s. A irrigação agrícola foi responsável por 50,5% desse volume, seguida pelo abastecimento urbano (23,9%) e uso industrial (9,4%). Os 16% restantes foram destinados a atividades como dessedentação animal (8%), termelétricas (5%), abastecimento rural (1,6%) e mineração (1,6%) (ANA, 2024). No mesmo ano, 84,9% da população brasileira teve acesso ao abastecimento de água em suas residências, o que representa aproximadamente 171 milhões de pessoas (SNIS, 2023).

2.2.3. *Semiárido Brasileiro*

Entre as regiões mais vulneráveis à escassez hídrica no país está o Semiárido brasileiro, que compreende uma extensa área do Nordeste. Essa região é marcada por clima semiárido quente, com chuvas escassas e irregulares, elevadas temperaturas médias anuais (entre 24°C e 28°C), alta taxa de evaporação (variando de 1200 a 3200 mm/ano) e precipitação média anual inferior a 800 mm (Moura *et al.*, 2019). Adicionalmente, são frequentes os veranicos – períodos secos durante a estação chuvosa – que agravam ainda mais a disponibilidade de água (Alvará *et al.*, 2019).

Essas condições climáticas extremas, aliadas à predominância de formações geológicas pouco favoráveis ao armazenamento de água, influenciam diretamente a hidrografia local. No Semiárido, é comum a existência de rios intermitentes, que secam parcial ou totalmente durante o ano, dificultando o abastecimento contínuo (Silva e Duarte, 2017). A escassez hídrica é agravada com as elevadas taxas de evaporação e pela predominância de rios intermitentes. Os principais reservatórios da região apresentam uma disponibilidade hídrica que oscila entre 20% e 50% da vazão afluente. Parte significativa da água não utilizada (entre 50% e 80%) é perdida por evaporação ou é vertida, sem aproveitamento efetivo (De Araújo, 2012).

A escassez hídrica no Semiárido impõe sérios obstáculos ao desenvolvimento econômico, à segurança alimentar e ao bem-estar social. Segundo Dalezios, Angelakis e Eslamian (2018), além das causas físicas e climáticas, os fatores institucionais e socioeconômicos também contribuem para essa escassez, especialmente em áreas marcadas pela pobreza estrutural.

Como resposta histórica a essa realidade, diversas políticas públicas de adaptação hídrica foram implementadas ao longo do tempo, destacando-se a construção de reservatórios artificiais, conhecidos como açudes. Conforme Araújo (2012), essas estruturas são fundamentais para a gestão hídrica no Semiárido, pois permitem o

armazenamento do excedente de água durante a estação chuvosa para utilização nos períodos de seca. Desempenham papel estratégico na promoção da resiliência climática e na garantia da segurança hídrica regional (Campos, 2015).

2.2.4. Contexto Cearense

O Ceará encontra-se majoritariamente inserido na região de clima semiárido, com 95% de seus municípios localizados nessa área. Essa condição impôs desafios históricos à gestão hídrica, impulsionando a formulação de políticas públicas voltadas para o enfrentamento da escassez. O estado é considerado referência nacional na gestão dos recursos hídricos, tendo implementado estratégias que envolvem tanto infraestrutura hídrica quanto instrumentos e instituições de governança (Ceará, 2018).

Em 1992, o Ceará implantou a Política Estadual de Recursos Hídricos, por meio da Lei nº 11.996/1992, anterior à Política Nacional estabelecida pela Lei Federal nº 9.433/1997 (Brasil, 1997). Em 2010, essa legislação foi atualizada pela Lei Estadual nº 14.844, incorporando novos instrumentos de gestão como o enquadramento dos corpos hídricos em classes de uso preponderante e a fiscalização do uso da água (Ceará, 2010).

A gestão dos recursos hídricos no Estado do Ceará é responsabilidade da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), que atua de forma descentralizada, participativa e integrada. Suas atribuições incluem a manutenção da infraestrutura hídrica, o monitoramento quantitativo e qualitativo das águas superficiais e subterrâneas, a elaboração de planos e estudos técnicos, a cobrança pelo uso da água e o apoio aos Comitês de Bacia Hidrográfica e às Comissões Gestoras dos Sistemas Hídricos.

A demanda hídrica total no estado é estimada em 1,55 bilhões de m³ por ano (49 m³/s), com destaque para os centros urbanos de Fortaleza, Cariri e Sobral (Ceará, 2018). Em 2022, o consumo médio per capita no estado foi de 129 litros por habitante por dia (SNIS, 2023).

Apesar da significativa capacidade de armazenamento de água superficial, o potencial de águas subterrâneas no Ceará é limitado. Isso se deve à predominância de formações cristalinas, que ocupam aproximadamente 70% do território estadual. Essas características geológicas impactam negativamente tanto a quantidade quanto a qualidade dos aquíferos disponíveis para exploração.

Entre 2012 e 2017, o estado apresentou registros pluviométricos durante a estação chuvosa (fevereiro a maio) abaixo da média histórica, variando entre 292,1 mm e 536,9 mm, conforme dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

(FUNCEME) de 2024. Esse período foi marcado por seis anos consecutivos de seca, o que comprometeu significativamente a recarga dos reservatórios e o abastecimento da população, com reflexos negativos sobre a economia estadual (MGSA, 2018). Em resposta à escassez, foram adotadas estratégias de adaptação, como a instalação de cisternas, construção de açudes e barragens, implantação de adutoras e poços, expansão de sistemas de abastecimento e a integração à transposição do rio São Francisco (IPECE, 2020).

A segurança hídrica no Ceará foi analisada por Rabelo (2017), com base em projeções de oferta e demanda até o ano de 2050. Segundo o estudo, a demanda hídrica do estado, abrangendo abastecimento humano, dessedentação animal, atividades industriais, turismo e irrigação, deverá alcançar 4,49 bilhões de metros cúbicos. Por outro lado, a oferta hídrica projetada será de 4,21 bilhões de metros cúbicos, considerando fontes como reservatórios, águas subterrâneas, a transposição do Rio São Francisco e a dessalinização da água do mar. Os reservatórios continuarão a representar a principal fonte hídrica do estado, sendo responsáveis por aproximadamente 50% da oferta total (Rabelo, 2017).

2.2.5. Políticas de Segurança Hídrica

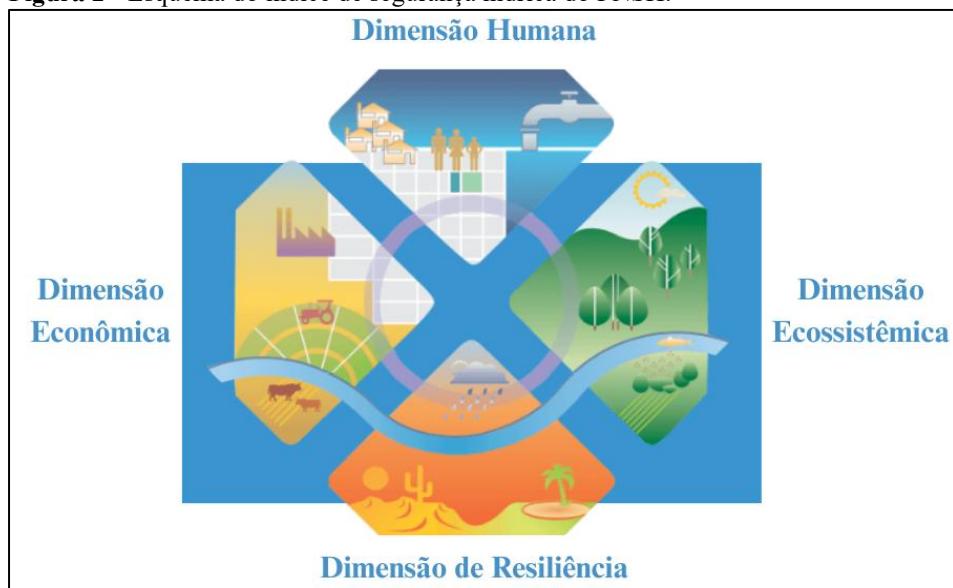
De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU) e a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), em 2019, a segurança hídrica refere-se à garantia de água em quantidade e qualidade adequadas para satisfazer as necessidades humanas, preservar os ecossistemas aquáticos e possibilitar o desenvolvimento econômico, minimizando os riscos associados a secas e enchentes. Para Castro (2022), esse conceito está ancorado em três dimensões interdependentes: Dimensão econômica, social e ambiental, que busca aumentar a produtividade e a eficiência no uso da água por todos os setores, promovendo o compartilhamento equitativo dos benefícios hídricos, especialmente em bacias transfronteiriças, a promoção do acesso equitativo aos serviços de água por meio de políticas públicas sólidas, com enfoque na resiliência comunitária frente a eventos extremos, e gestão sustentável dos recursos hídricos como base de uma economia verde, incluindo a restauração de ecossistemas e a melhoria da saúde dos corpos d'água, respectivamente.

A Lei Federal nº 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), contempla implicitamente os princípios da segurança hídrica. Suas diretrizes incluem: assegurar a disponibilidade de água para as atuais e futuras gerações; promover o uso racional e integrado dos recursos hídricos com vistas ao desenvolvimento sustentável; prevenir eventos hidrológicos críticos; e incentivar a captação e o reaproveitamento das

água pluvial. Trata-se de um arcabouço legal essencial para a gestão responsável da água no território nacional.

Em 2009, foi lançado o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), resultado da parceria entre a ANA, o Banco Mundial e o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). O plano alinha-se às definições da ONU, propondo ações estratégicas para garantir o abastecimento humano, a proteção dos ecossistemas e a sustentabilidade do desenvolvimento nacional a partir da gestão integrada dos recursos hídricos. Conforme esquema apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Esquema do índice de segurança hídrica do PNSH.



Fonte: ANA, 2019.

As dimensões da segurança hídrica estão organizadas em quatro componentes fundamentais: I. garantia de acesso à água em quantidade e qualidade adequadas para atender às necessidades básicas e ao bem-estar da população; II. preservação dos ecossistemas e dos recursos hídricos, em benefício tanto da natureza quanto das pessoas; III. promoção da resiliência a eventos hidrológicos extremos, como secas e inundações; e IV. asseguramento do suprimento de água para atividades produtivas e usos múltiplos.

2.2.6. *Concepções de Insegurança Hídrica*

A insegurança hídrica representa uma séria ameaça ao bem-estar humano e à saúde dos ecossistemas, podendo comprometer o desenvolvimento socioeconômico e perpetuar situações de pobreza e vulnerabilidade (Garrick; Hall, 2014). Essa condição se estabelece quando o acesso à água em quantidade e qualidade adequadas não está garantido para satisfazer as necessidades básicas e de subsistência das populações, a um custo acessível

(Rijsberman, 2006). Em situações de escassez ou interrupção no fornecimento de água segura, as populações ficam expostas a riscos sanitários, à degradação das condições de vida e à quebra de fluxos produtivos, colocando em risco sua sobrevivência (Branco, 2007).

A insegurança humana, conceito abordado no Relatório de Desenvolvimento Humano da ONU (1996), contempla uma ampla gama de ameaças à integridade das populações, como mudanças climáticas, pobreza extrema, contaminação de solos e águas, desastres ambientais, entre outros fatores interconectados, os quais ampliam os riscos associados à água.

No Brasil, a insegurança hídrica apresenta-se de forma ainda mais crítica em regiões historicamente vulneráveis, como o Nordeste, especialmente sua porção setentrional (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco), onde 88% do território está inserido no semiárido (ANA, 2017). Essa região caracteriza-se por baixos índices de precipitação, irregularidade no regime de chuvas, elevadas temperaturas durante o ano, forte insolação e altas taxas de evapotranspiração. Essas condições climáticas extremas, somadas à predominância de rios intermitentes e à baixa capacidade de armazenamento natural de água, contribuem para a escassez hídrica recorrente (ANA, 2018).

A limitação no acesso à água potável e segura, ou o fornecimento de forma intermitente, compromete diretamente os usos essenciais, como a higiene pessoal, o preparo de alimentos e a limpeza doméstica. E, em contextos de escassez, muitas pessoas recorrem a fontes alternativas de qualidade duvidosa, utilizando recipientes inadequados para armazenamento e transporte da água, o que acarreta riscos sanitários e amplia a vulnerabilidade socioambiental (Razzolini; Gunther, 2008). Portanto, a promoção da segurança hídrica é fundamental para proteger a saúde coletiva, assegurar a dignidade humana e promover o desenvolvimento sustentável em regiões mais afetadas.

Para enfrentar a insegurança hídrica, é necessário adotar estratégias integradas que articulem infraestrutura, gestão e governança. De acordo com a ANA (2019), as ações estruturantes tradicionais, como a construção de reservatórios, adutoras e sistemas de abastecimento, devem ser complementadas por mecanismos de gestão eficientes. Isso inclui planejamento, monitoramento, fiscalização do uso da água, operação e manutenção de sistemas hídricos, além da promoção da educação ambiental e da participação social nos processos decisórios.

2.2.7. *Direito à Água e ao Saneamento*

O reconhecimento da água como um direito humano fundamental foi reforçado pela Declaração Universal dos Direitos da Água, promulgada em 22 de março de 1992 durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92). Conforme disposto em seu segundo artigo:

A água é a seiva do nosso planeta. Ela é a condição essencial de vida de todo ser vegetal, animal ou humano. Sem ela não poderíamos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura. O direito à água é um dos direitos fundamentais do ser humano: o direito à vida, tal qual é estipulado no Art. 3º da Declaração dos Direitos do Homem. (ONU, 1992).

Esse reconhecido é reforçado pelo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável número 6, que preconiza assegurar a disponibilidade de água e saneamento básico para toda a população. Nesse sentido, o direito humano à água e ao saneamento exige que todos os indivíduos tenham acesso equitativo, financeiramente acessível, aceitável e de qualidade, sem qualquer tipo de discriminação. Esse direito impõe aos Estados a obrigação de eliminar progressivamente as desigualdades de acesso, tanto à água quanto ao esgotamento sanitário, entre populações urbanas e rurais, formais e informais, ricas e pobres. O Novo Marco Legal de Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020) indica os meios para a universalização para os serviços de saneamento, o que definitivamente inclui a população em situação de rua.

O fornecimento de água potável é de caráter prioritário em qualquer programa de saneamento básico. De acordo com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), em 2014, a implantação ou ampliação de sistemas de abastecimento contribui diretamente para a melhoria da saúde pública e da qualidade de vida. Para isso, é imprescindível que a água fornecida atenda aos padrões de potabilidade, definidos pela legislação vigente, passando por tratamentos adequados que assegurem suas características físicas, químicas e biológicas (Conterato; Stein; Espartel, 2018).

2.2.8. *Qualidade da Água*

A qualidade da água é afetada por uma combinação de fatores naturais e antrópicos, incluindo processos biogeoquímicos, dinâmicas hidrológicas, uso e ocupação do solo, além da variabilidade climática (Mosley, 2015). Essas influências ocorrem em diferentes escalas temporais e espaciais. Temporalmente, a qualidade da água está diretamente relacionada ao regime hidrológico dos corpos hídricos, enquanto espacialmente está vinculada às características do uso do solo nas bacias hidrográficas (Paulino e Teixeira, 2012).

No estado do Ceará, nos períodos de estiagem, observa-se uma redução significativa na qualidade da água armazenada em reservatórios, impactando diretamente o abastecimento humano e tornando-se uma pauta prioritária nas políticas públicas de recursos hídricos. Desde 1998, o Ceará conta com uma rede de monitoramento da qualidade da água gerida pela COGERH. Essa rede tem como objetivos o diagnóstico dos corpos hídricos, o cálculo de índices de qualidade da água, a realização de estudos e o fornecimento de informações técnicas.

O monitoramento qualitativo aponta a predominância de reservatórios classificados como eutróficos ou hipereutróficos, caracterizados por elevadas concentrações de nutrientes, como nitrogênio e fósforo. Essa condição é atribuída às características ambientais típicas do Semiárido, como altas taxas de evaporação e baixa renovação hídrica (COGERH, 2018).

A qualidade da água é um elemento essencial para a saúde pública, a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento socioeconômico. A gestão eficiente dos recursos hídricos envolve o monitoramento contínuo de parâmetros físicos, químicos e biológicos, a fim de assegurar padrões adequados para os diferentes usos da água, especialmente o consumo humano. Para isso, o Brasil conta com um conjunto de normas técnicas e legislações que orientam a classificação, o tratamento e o controle da água em corpos hídricos e sistemas de abastecimento.

A relação entre acesso à água potável e saúde é direta e incontestável. Diversas doenças infecciosas estão relacionadas ao consumo de água imprópria (Augusto *et al.*, 2012). O gerenciamento inadequado da água acarreta o aumento da vulnerabilidade das populações, eleva os riscos de contaminação e compromete a disponibilidade hídrica, o que tende a acentuar as desigualdades sociais (Tucci, 2008). Nesse contexto, garantir o fornecimento de água segura não é apenas uma questão sanitária, mas também uma estratégia de mitigação da pobreza e promoção da equidade.

A definição da qualidade da água está diretamente relacionada à finalidade de seu uso. A água destinada ao abastecimento humano, por exemplo, exige padrões mais rigorosos do que aquela utilizada na navegação, geração de energia ou em processos industriais. Nesse sentido, os órgãos reguladores estabelecem valores máximos permitidos para cada parâmetro, visando garantir segurança à população e equilíbrio aos ecossistemas aquáticos.

A Portaria do Ministério da Saúde (MS) nº 888/2021, estabelece os padrões de qualidade da água destinada ao consumo humano no Brasil, definindo limites máximos

permitidos para uma série de parâmetros. Essa norma substituiu o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017, e determina responsabilidades aos operadores, gestores e órgãos de vigilância, além de exigir o registro das informações no Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água (SISAGUA). O principal objetivo é proteger a saúde da população por meio de um controle sanitário mais rigoroso.

Complementarmente, a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 orienta a classificação dos corpos hídricos brasileiros (água doces, salobras e salinas) em classes, conforme seus usos predominantes, como abastecimento, recreação, irrigação e preservação. A resolução também estabelece padrões de qualidade e critérios para o lançamento de efluentes. Já a Resolução CONAMA nº 274/2000 define os parâmetros microbiológicos, físico-químicos e visuais para avaliação da balneabilidade dos corpos d'água, determinando os critérios para classificá-los como próprios ou impróprios para recreação de contato primário.

A avaliação da qualidade da água envolve o monitoramento de diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos que indicam sua adequação aos diferentes usos, especialmente o abastecimento humano, a preservação da vida aquática e o uso agrícola. Os parâmetros explorados neste trabalho são: cloreto, condutividade, cor, fósforo, nitrato, nitrito, pH, sulfato, turbidez, odor, coliformes totais e *Escherichia coli*.

2.2.8.1. Coliformes Totais e *Escherichia coli*

A presença de coliformes totais é utilizada como indicador da qualidade microbiológica da água. Esse grupo inclui bactérias gram-negativas em forma de bastonete, aeróbias ou anaeróbias facultativas, que fermentam lactose com produção de ácido e gás em 48 horas a $35 \pm 0,5$ °C, e possuem atividade da enzima β -galactosidase. Os principais gêneros identificados são *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella* (APHA, 2023).

A *Escherichia coli*, por sua vez, é o principal bioindicador de contaminação fecal em águas doces. Trata-se de um coliforme termotolerante, capaz de fermentar lactose a $44,5 \pm 0,2$ °C em 24 horas, com atividade de β -galactosidase e β -glucuronidase, estando presente em grandes quantidades nas excretas de humanos e animais de sangue quente (CETESB, 2016). A detecção de *E. coli* em amostras de água indica possível contaminação por esgoto e falhas no sistema de tratamento e saneamento.

2.2.8.2. Cloreto

O íon cloreto (Cl^-) é o ânion inorgânico mais comum em ambientes aquáticos, ocorrendo frequentemente na forma de sais de sódio, potássio e cálcio. Suas fontes incluem a infiltração de água marinha, a dissolução de minerais, e a contaminação por efluentes industriais.

Altas concentrações de cloretos elevam a salinidade da água, o que pode causar corrosão em tubulações metálicas e dificultar o uso da água na irrigação agrícola. A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece o valor máximo permitido de 250 mg/L de cloreto total para águas doces de classe 2 (Brasil, 2005).

2.2.8.3. *Condutividade*

A condutividade elétrica é a capacidade de uma solução aquosa de conduzir corrente elétrica em função da concentração de íons dissolvidos. Quanto maior a concentração iônica, maior será a condutividade. Este parâmetro é amplamente utilizado em estudos limnológicos, sendo considerado um dos mais importantes para avaliar a qualidade da água doce (Esteves, 2011).

Além de indicar a magnitude da concentração iônica, a condutividade permite inferir informações sobre a produção primária, a decomposição da matéria orgânica, a presença de fontes poluidoras e as características geoquímicas dos afluentes. Sua medição é realizada por meio de condutivímetros, sendo necessário o ajuste à temperatura da amostra, visto que a condutividade varia significativamente com a temperatura da água. O pH da amostra também pode influenciar os resultados, especialmente em faixas extremas, devido à presença elevada de íons H^+ e OH^- .

2.2.8.4. *Cor*

A cor é um parâmetro físico que reflete a presença de substâncias dissolvidas ou em suspensão. Pode ser originada por materiais orgânicos (como ácidos fúlvicos e húmicos), compostos minerais (ferro e manganês), ou contaminantes industriais (corantes e outros produtos químicos).

A cor é classificada em duas categorias: Cor verdadeira determinada após a remoção das partículas em suspensão, representa apenas os compostos dissolvidos na água; e, Cor aparente, inclui tanto substâncias dissolvidas quanto em suspensão, como algas e argilas.

A determinação laboratorial é feita por comparação com padrões de cobalto-platina.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece o limite de 75 mg PtCo/L para águas doces de classe 2 (Brasil, 2005).

2.2.8.5. Fósforo

O fósforo também é um elemento essencial à estrutura e funcionamento dos organismos vivos, integrando componentes celulares como fosfolipídios e adenosina trifosfato (Esteves, 2011). Seu uso é difundido em diversas atividades econômicas, incluindo a fabricação de fertilizantes, detergentes, alimentos e cerâmicas (Pohling, 2009).

Nos ecossistemas aquáticos, o fósforo é considerado um nutriente limitante e, portanto, um fator determinante na produtividade primária e no processo de eutrofização. Ele está presente tanto de forma natural, decorrente da decomposição de matéria orgânica e do intemperismo de solos e rochas, quanto de forma antrópica, por meio de esgotos e fertilizantes fosfatados (Batista *et al.*, 2012; Chorus & Bartran, 1999).

Diferente do ciclo do nitrogênio, o ciclo do fósforo não envolve trocas com a atmosfera. O fósforo se acumula nos corpos hídricos principalmente por lixiviação e permanece no sistema através da cadeia alimentar. Nas águas, as formas inorgânicas de ortofosfato (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-) são as mais biodisponíveis e variam conforme o pH do meio, influenciando diretamente os processos de assimilação pelos microrganismos.

2.2.8.6. Nitrogênio

O nitrogênio é um elemento essencial à vida, presente em proteínas, ácidos nucléicos e outras moléculas biológicas. Embora 99% do nitrogênio da biosfera esteja na forma gasosa (N_2) na atmosfera, sua presença em corpos hídricos se dá tanto por vias naturais, como fixação biológica, precipitação atmosférica, decomposição orgânica, quanto antrópicas, por meio de efluentes domésticos e industriais e fertilizantes (Enrich-Prast, 2005; Sawyer; Mccarty; Parkin, 2002).

Durante seu ciclo biogeoquímico, o nitrogênio circula entre a litosfera, hidrosfera e atmosfera. A forma nitrato (NO_3^-) é a mais estável e prevalente em ambientes aquáticos, sendo prontamente assimilada por algas, bactérias e plantas. A presença de amônia (NH_3) e nitrito (NO_2^-), por sua vez, pode indicar fontes recentes de contaminação ou a ocorrência de processos anaeróbicos, refletindo baixa qualidade ambiental (Pohling, 2009).

Concentrações elevadas de nitrato na água do banho geralmente não apresentam riscos diretos à saúde. Porém, se ingerido podem causar problemas de saúde, especialmente em bebês e populações sensíveis. Em bebês, a síndrome do bebê azul (metemoglobinemia

infantil), uma condição em que os altos níveis de nitrato interferem na capacidade do sangue de transportar oxigênio. Em adultos, exposições prolongadas a altos níveis de nitrato podem estar associadas a problemas de saúde como certos tipos de câncer e doenças da tireoide (WHO, 2017).

2.2.8.7. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é um parâmetro que indica o grau de acidez ou alcalinidade de uma solução, variando em uma escala de 0 a 14. Valores abaixo de 7 representam meio ácido, acima de 7 indicam meio alcalino e o valor 7 corresponde à neutralidade. Em águas naturais, os valores de pH geralmente variam de 4 a 9, sendo mais comuns valores alcalinos devido à presença de carbonatos e bicarbonatos, associados à alcalinidade da água (APHA, 2017).

O pH afeta diretamente a solubilidade e a biodisponibilidade de compostos químicos na água, influenciando os processos biológicos dos ecossistemas aquáticos. Variações no pH podem decorrer de fatores como chuva ácida, reações com rochas carbonatadas e lançamento de efluentes industriais e domésticos (Pohling, 2009).

2.2.8.8. Sulfato

O sulfato (SO_4^{2-}) é um ânion inorgânico amplamente encontrado na natureza, resultante da oxidação do enxofre. Está presente em diversos minerais, como o gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e a epsomita ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), e pode ser introduzido nos corpos hídricos tanto por fontes naturais quanto antrópicas. As fontes naturais incluem a dissolução de rochas contendo enxofre, processos de intemperismo e vulcanismo, enquanto as fontes antrópicas envolvem a queima de combustíveis fósseis, lançamento de esgotos industriais, uso de fertilizantes e descarte de resíduos de mineração (APHA, 2017). O sulfato é solúvel em água e, por isso, sua concentração pode aumentar consideravelmente em ambientes aquáticos sujeitos à poluição difusa ou localizada.

A elevada concentração de sulfato na água pode ser um indicativo de contaminação e traz implicações tanto ambientais quanto à saúde pública. Em níveis elevados, o sulfato pode conferir sabor amargo à água e causar efeitos laxativos, principalmente quando associado a cátions como magnésio e sódio, podendo afetar populações vulneráveis, como crianças e idosos. Do ponto de vista ambiental, concentrações excessivas de sulfato podem prejudicar a biota aquática, causar corrosão em estruturas metálicas e comprometer sistemas de distribuição de água (CETESB, 2018). De acordo com a Portaria MS nº 888/2021, o limite máximo permitido de sulfato em água potável no Brasil é de 250 mg/L,

visando à proteção da saúde e ao controle da qualidade da água destinada ao consumo humano.

2.2.8.9. *Turbidez*

A turbidez é um parâmetro que expressa a interferência da matéria em suspensão sobre a dispersão da luz em um meio aquoso. Pode ser causada por partículas orgânicas e inorgânicas, microrganismos, argilas, detritos ou sedimentos provenientes de solos erosivos, especialmente durante os períodos chuvosos. Também pode ser intensificada pelo despejo de efluentes domésticos e industriais.

Em ambientes rasos, como certos reservatórios, o vento pode provocar a ressuspensão de sedimentos, elevando os níveis de turbidez (Lima *et al.*, 2015). Carlson (2007) destaca que a turbidez não afeta variáveis como a transparência da água e o fósforo total, interferindo em índices de qualidade em corpos hídricos superficiais.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, o limite máximo para águas doces de classe 2 é de 100 Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) (Brasil, 2005). A medição da turbidez é feita com o uso de turbidímetros e expressa em UNT.

2.2.8.10. *Odor*

O odor da água é uma característica sensorial que pode indicar a presença de substâncias orgânicas ou inorgânicas, naturais ou provenientes de poluição, capazes de afetar sua aceitabilidade para o consumo humano. Os compostos responsáveis por odores na água são geralmente detectados pelo olfato mesmo em concentrações muito baixas, sendo classificados como parâmetros organolépticos, ou seja, perceptíveis pelos sentidos. A presença de odores pode estar associada a processos biológicos, como a degradação de matéria orgânica por bactérias anaeróbias, ou a atividades humanas, como o descarte de esgotos domésticos, resíduos industriais e pesticidas (APHA, 2017).

A presença acentuada de odor na água pode indicar deterioração da qualidade e, consequentemente, a presença de contaminantes que, além de desagradáveis ao consumo, podem representar riscos à saúde pública. A intensidade do odor é avaliada por meio de testes de limiar de detecção, sendo a ausência de odor uma condição esperada para águas potáveis, conforme os padrões estabelecidos pela legislação brasileira. De acordo com a Portaria MS nº 888/2021, o odor da água destinada ao consumo humano deve ser “ausente” ou não perceptível, como critério de aceitabilidade sensorial. A detecção de odores persistentes pode revelar contaminação por compostos como fenóis, hidrocarbonetos, algas

ou substâncias derivadas de esgoto, demandando investigação e correção das fontes de poluição.

2.3. Sensoriamento Remoto (SR)

2.3.1. Ferramenta de Análise Ambiental

O SR configura-se como uma alternativa tecnológica relevante para o monitoramento e análise de diversos fenômenos ambientais. Segundo Novo (2010), a técnica de obtenção de dados remotos consiste na utilização conjunta de sensores, equipamentos de processamento e transmissão de dados instalados em plataformas como aeronaves e satélites, com o objetivo de observar eventos e processos que ocorrem na superfície terrestre por meio da interação da radiação eletromagnética com os elementos do planeta. Essa abordagem permite o registro e a interpretação detalhada das características do ambiente, oferecendo informações valiosas sobre sua dinâmica e composição.

De acordo com Silva *et al.* (2019), os estudos de qualidade da água são fundamentais para garantir sua disponibilidade, sobretudo em regiões com déficit hídrico. A avaliação contínua dos parâmetros físico-químicos e biológicos permite identificar riscos ambientais e garantir o cumprimento dos padrões estabelecidos. Para isso, três principais abordagens podem ser utilizadas: análises *in situ*, análises laboratoriais e o monitoramento por SR, técnicas que se complementam na construção de um diagnóstico preciso da qualidade da água.

A utilização do SR no diagnóstico da qualidade da água tem se mostrado promissora, possibilitando a identificação de variações espaço-temporais e a análise integrada dos mecanismos dos sistemas hídricos e de sua bacia de drenagem (De Jong; Van; Hosper, 1995; Silva *et al.*, 2009). Comparada às análises tradicionais baseadas em coletas de campo, essa técnica apresenta menor custo operacional e maior abrangência espacial, permitindo a identificação de áreas críticas que demandam investigação específica (Rodrigues *et al.*, 2017).

Além disso, conforme Vilela (2010), a aquisição de imagens por SR possibilita uma obtenção rápida e eficaz de informações sobre uma região, que podem ser integradas aos dados convencionais de campo. Essa integração promove uma compreensão mais ampla e sistêmica do ambiente aquático, auxiliando nos processos de gestão e tomada de decisões ambientais.

O uso do SR para a predição da qualidade da água, embora promissor, apresenta

algumas limitações, sobretudo relacionadas à capacidade de detecção apenas de componentes opticamente ativos, como clorofila-a, matéria orgânica colorida e sólidos em suspensão (Coelho, 2017). Enquanto a maior parte dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos de qualidade da água, como metais pesados, coliformes totais, pH e outros contaminantes emergentes, não podem ser diretamente estimados por sensores orbitais, exigindo validação em campo e modelagem auxiliar. Além de fatores como a profundidade do corpo hídrico e interferências atmosféricas que reduzem a precisão das estimativas derivadas das imagens de satélite. Segundo Tyler *et al.* (2021), a integração de dados *in situ* com observações remotas é essencial para superar essas limitações e garantir maior confiabilidade no diagnóstico da qualidade da água.

O uso de modelos matemáticos tem se consolidado como instrumento de apoio para a simulação e previsão da variabilidade espaço-temporal da qualidade da água. Segundo Bai *et al.* (2022), esses modelos permitem avaliar a eficácia de estratégias de gestão e orientar práticas de melhoria ambiental. Diversos estudos têm aplicado modelagem matemática à hidrologia e à qualidade da água em diferentes contextos geográficos (Castro *et al.*, 2022; Dietzel e Reichert, 2012; Taylor; He; Hiscock, 2016; Lu *et al.*, 2017; Lima, Mamede; Lima, 2018; Hoang *et al.*, 2019; Srivastava *et al.*, 2020; Martin *et al.*, 2021; Ma *et al.*, 2023).

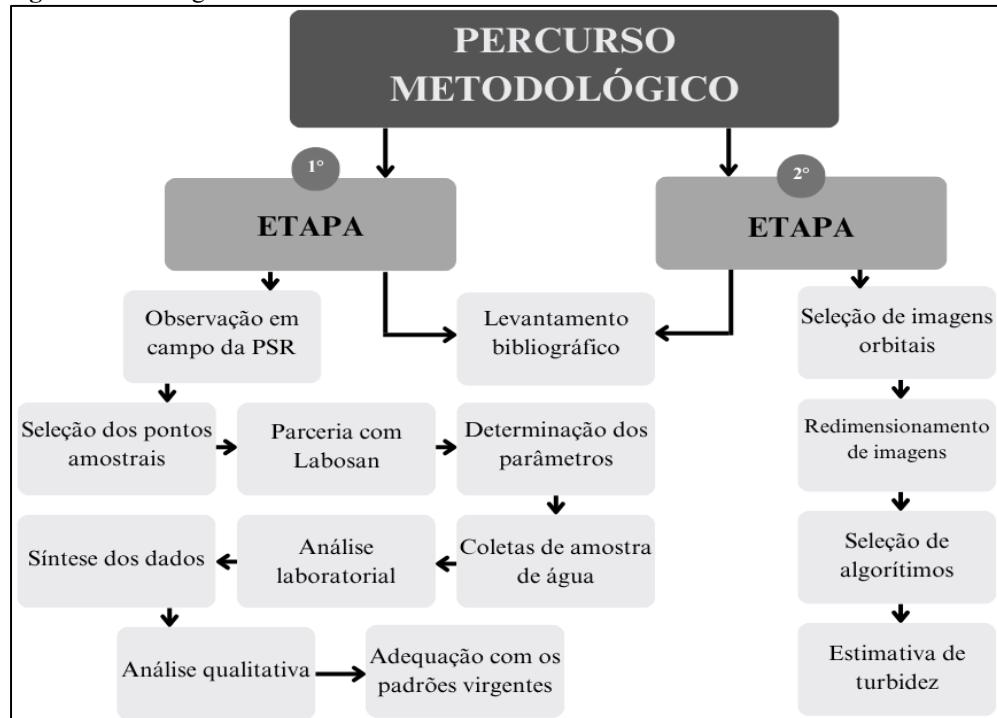
No entanto, a modelagem hidrológica enfrenta desafios relacionados à incerteza preditiva, decorrente de erros nos dados e nas aproximações dos modelos. De acordo com McInerney *et al.* (2017), a definição de previsões probabilísticas confiáveis, precisas e imparciais é essencial para subsidiar especialistas na gestão de recursos hídricos e no aprimoramento da qualidade da água.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho, trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada com abordagem qualitativa e caráter exploratório, com pesquisa de campo e levantamento bibliográfico. Com intuito de compreender a realidade da PSR, quanto à disponibilidade hídrica.

O estudo foi dividido em etapas, conforme fluxograma apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma do estudo.



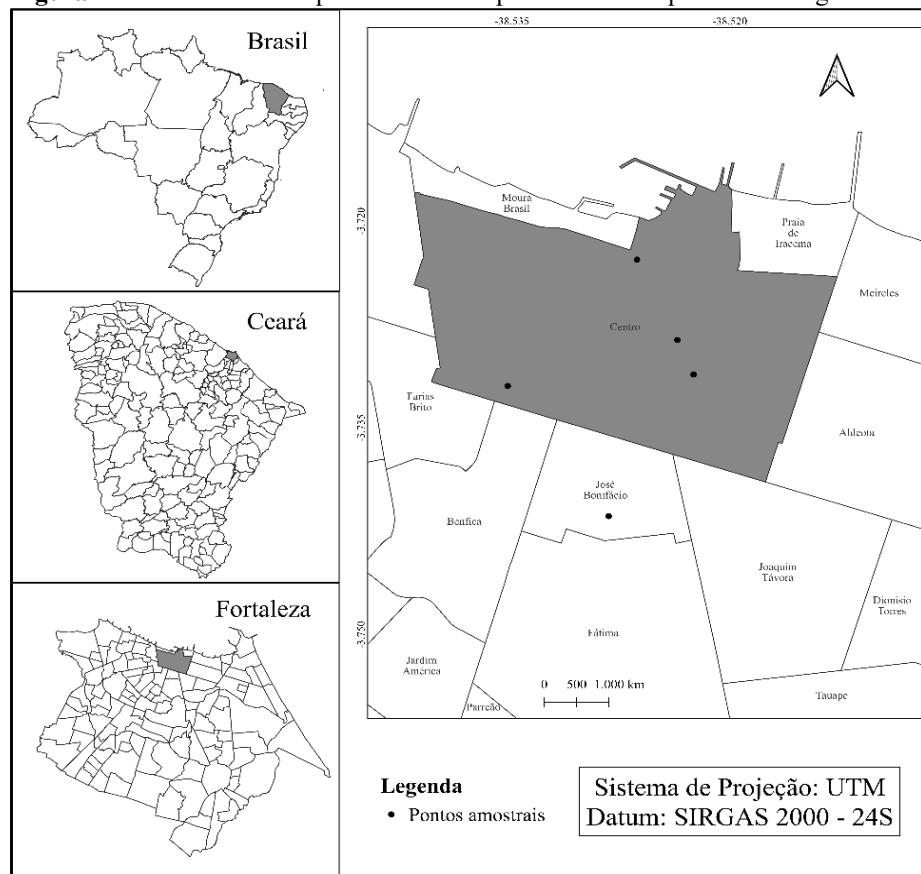
Fonte: Autora, 2025.

3.1. Área de Estudo

A área de estudo (Figura 4) está localizada no Centro de Fortaleza, capital do Estado do Ceará. Trata-se de uma região marcada por elevada densidade urbana, com uma população superior a 20 mil habitantes distribuída em uma área de 4,88 km². A densidade demográfica alcança 4.924,59 habitantes por km², com Índice de Gini igual a 0,675 (IPECE, 2020).

O clima predominante é o subtropical quente e úmido, caracterizado por temperaturas elevadas ao longo do ano, variando entre 24 °C a 31 °C, sendo raramente inferiores a 23 °C ou superiores a 32 °C, com período chuvoso concentrando-se entre os meses de janeiro e maio. A altitude média da área é de 16 metros acima do nível do mar. O bairro está inserido na Bacia Hidrográfica da Vertente Marítima. Seus limites geográficos são: ao norte, o bairro Moura Brasil e o Oceano Atlântico; a noroeste, o bairro Jacarecanga; a oeste, o bairro Farias Brito; e ao sul, o bairro José Bonifácio.

Figura 4 - Área de estudo e pontos de coleta para análise da qualidade de água.



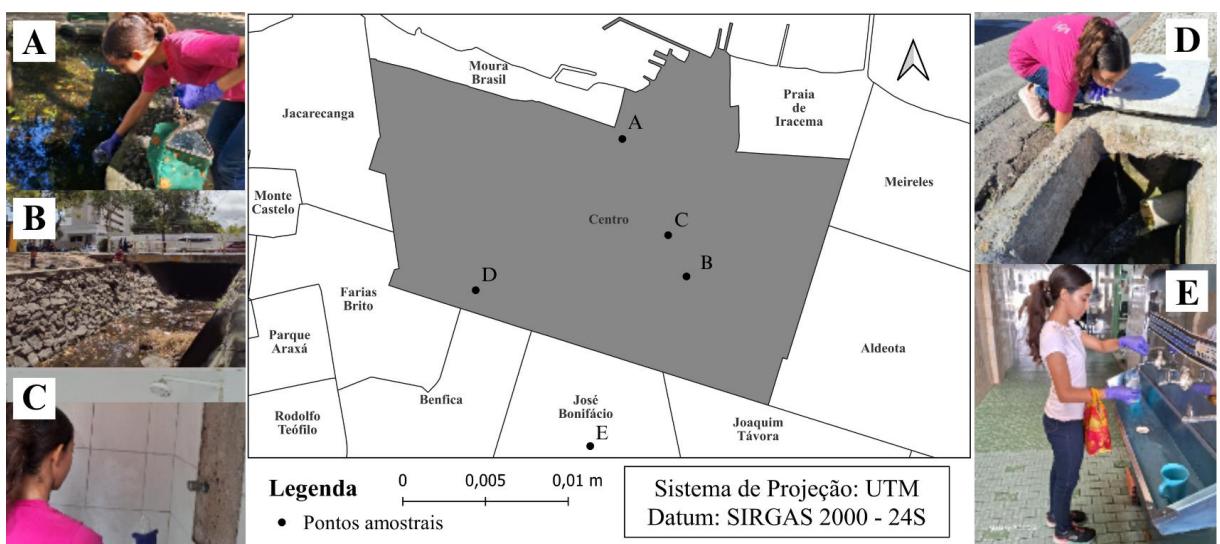
Fonte: Autora, 2025.

O estudo se concentra em cinco locais: Praça dos Mártires, Praça Pajeú, Estação de Metrô São Benedito e Instituição de Amparo II, dentro dos limites do bairro Centro, e Instituição de Amparo I, no bairro José Bonifácio, destinado ao atendimento da PSR do centro da cidade.

3.2. Procedimentos de Coleta e Análise dos Dados

Realizou-se a observação do comportamento da PSR do Centro de Fortaleza, no Ceará, para identificar os pontos de captação de água para os diferentes usos, como a utilização da água para beber, para asseio pessoal, para diluição de necessidades fisiológicas, para higienização de alimentos e de vestimentas. Foram selecionadas cinco localidades representativas de disponibilidade hídrica caracterizadas como riachos, fontes, drenos, torneiras e chuveiros, conforme apresentado na Figura 5. Os critérios de seleção dos pontos amostrais foram a importância para a população de rua, o acesso à água, a segurança do ponto de acesso e a localização no Centro da cidade.

Figura 5 - Pontos amostrais para análise, Fortaleza, Ceará.



A - Praça dos Mártires; B - Praça Pajeú; C - Instituição de Amparo II; D - Estação de Metrô São Benedito; E - Instituição de Amparo I. Fonte: autora, 2024.

Foram realizadas seis campanhas de coleta no período de janeiro a novembro de 2024, com um intervalo bimestral. As coletas foram realizadas com garrafas de vidro, armazenadas em caixa de isopor com gelo e levadas ao laboratório. A quantidade amostral em cada ponto foi definida conforme sua finalidade (Tabela 1). Com isso, nas 1º, 2º e 3º campanhas foram coletadas seis amostras, e nas 4º, 5º e 6º foram coletadas sete amostras. A adição posterior da amostra de número sete, referente ao trecho do riacho Pajeú (Praça Pajeú), ocorreu com a percepção de que para acessar a água da tubulação presente na Praça Pajeú (amostra nº 6), fez-se necessário se expor a água do riacho Pajeú (amostra nº 7).

Tabela 1 - Pontos de coleta de amostras de água e finalidade do uso pela PSR.

Amostras	Local	Coordenadas	Finalidade do uso
1	Praça dos Mártires	3°43'22"S 38°31'35"W	Consumo direto
2	Estação de Metrô São Benedito	3°43'55"S 38°32'07"W	Consumo direto, banho, lavagem de roupa e diluição de excretas
3	Instituição de Amparo I - Bebedouro	3°44'29"S 38°31'42"W	Consumo direto
4	Instituição de Amparo I - Chuveiro		Banho
5	Instituição de Amparo II - Chuveiro	3°43'43"S 38°31'25"W	Banho
6	Praça Pajeú - Tubulação	3°43'52"S 38°31'21"W	Consumo direto, banho e lavagem de roupa
7	Praça Pajeú - Riacho		Banho e diluição de excretas

Fonte: Autora, 2024.

Ressalta-se que as tubulações representadas pelos pontos 2 e 6 correspondem a obras de infraestrutura visando o rebaixamento do lençol freático e, portanto, consiste na técnica da Engenharia Civil para controlar o nível da água subterrânea em uma determinada área.

Os ensaios de qualidade de água das amostras foram realizados em triplicata no Laboratório de Saneamento Ambiental (LABOSAN)², considerando parâmetros bacteriológicos, físico-químicos e organolépticos, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros de qualidade de água e métodos analíticos.

Parâmetros de qualidade de água		Unidade	Método Analítico
Bacteriológicos	Coliformes totais	NMP/1000mL	Colilert
	<i>Escherichia coli</i>	NMP/1000mL	Colilert
Físico-químicos	Cloreto	mg/L	SM 4110 C
	Condutividade	µs/cm	SM 2510
	Cor	PTCO	SM 2120
	Fósforo	mg/L	SM 4110 C
	Nitrato	mg/L	SM 4110 C
	Nitrito	mg/L	SM 4110 C
	pH	-	SM 4500 H + B
	Sulfato	mg/L	SM 4110 C
Organoléptico	Turbidez	NTU	SM 2130 B
	Odor	-	Olfatometria

Fonte: Metodologia aplicada de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 st Edition, 2005.

² Laboratório de Saneamento Ambiental – Labosan. <http://labosan.ufc.br/>.

Os padrões de qualidade adotado para as análises (Tabela 3) foram escolhidas a partir da finalidade de uso da água: a Portaria do MS N° 888/2021 e as Resoluções do CONAMA N° 274/2000 e N° 357/2005, respectivamente para potabilidade, balneabilidade e diluição de excretas (adotado por referência os padrões de classe II das águas doces). Esses dispositivos legais dispõem sobre a qualidade da água destinada ao consumo humano, aos padrões de potabilidade e à balneabilidade, bem como a classificação dos corpos hídricos e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

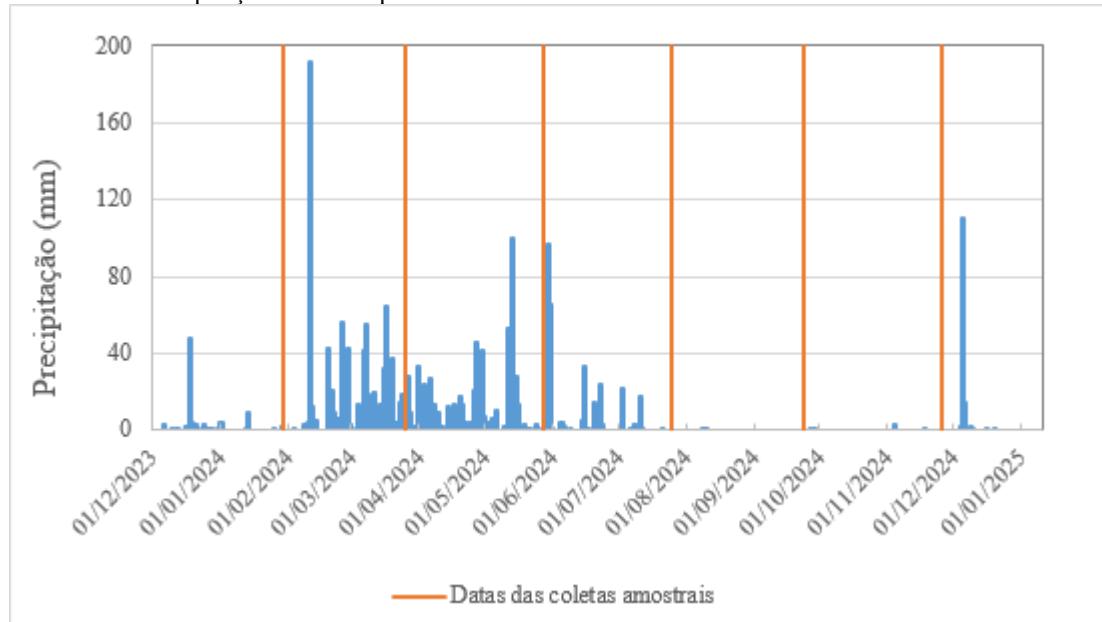
Tabela 3 - Referências adotadas para os parâmetros de qualidade da água.

Parâmetros	Unidade	Potabilidade	Balneabilidade	Diluição de Excretas
Coliformes totais	NMP/1000mL	Ausente	1000	1000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/1000mL	Ausente	800	800
Cloreto	mg/L	250	250	250
Condutividade	µS/cm	500	500	500
Cor	PTCO	15	75	75
Fósforo	mg/L	0,05	0,1	0,1
Nitrato	mg/L	10	10	10
Nitrito	mg/L	1	1	1
pH	-	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Sulfato	mg/L	250	250	250
Turbidez	NTU	5	100	100
Odor	-	Ausente	Ausente	Ausente

Fonte: Portaria MS N°888/2021 e Resoluções CONAMA N° 274/2000 e 357/2005.

A análise dos resultados utilizou estatística descritiva, incluindo cálculo de médias, coeficiente de correlação e coeficiente de determinação. Os dados de chuva máxima diária para o período estudado foram obtidos junto à FUNCEME e correspondem ao Posto da Defesa Civil de Fortaleza (ID 887), vide Gráfico 1. A partir desses dados, analisou-se a influência da precipitação sobre a qualidade da água dos pontos de captação a céu aberto, como a fonte na Praça dos Mártires (ponto 1) e o trecho do riacho Pajeú (ponto 7).

Gráfico 1 - Precipitação diária do período de coletas.

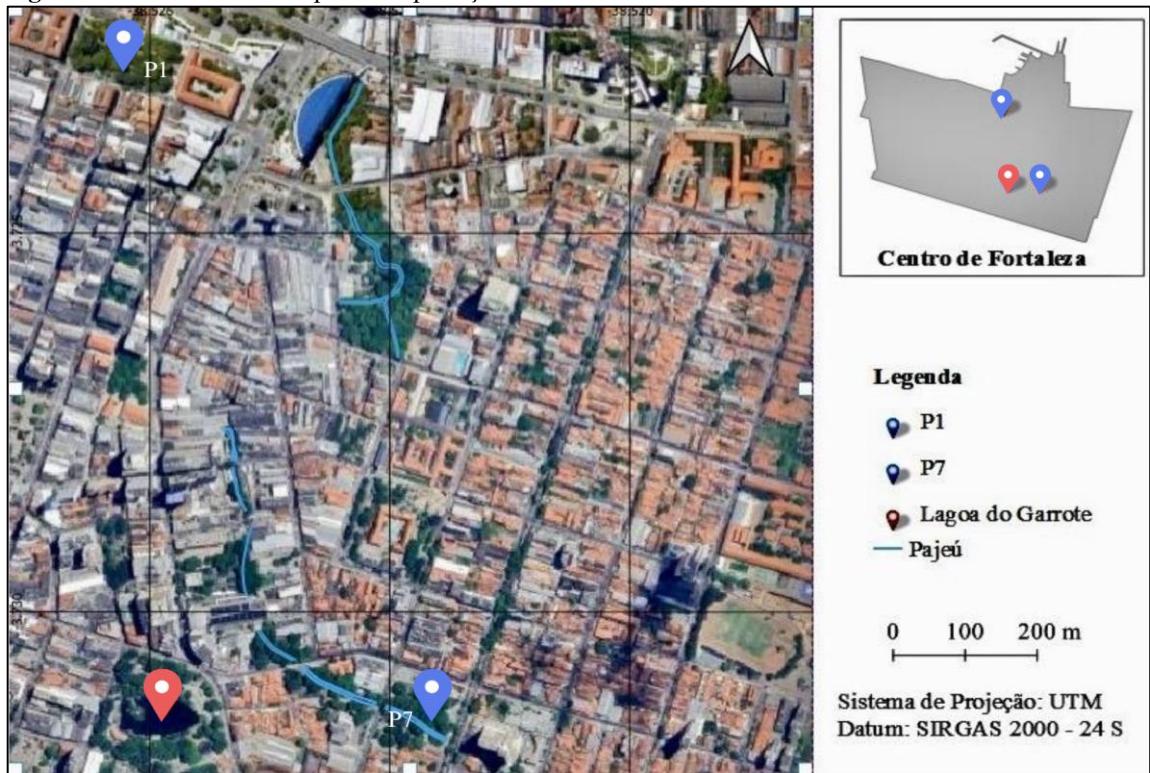


Fonte: Adaptado da FUNCEME - <https://chuvas.funceme.br/>.

3.3. Detecção Remota

A etapa seguinte da pesquisa consistiu na estimativa remota da turbidez usando imagens Sentinel-2A. O critério de seleção de atributo para a predição da qualidade de água é que, além da turbidez representar um constituinte opticamente ativo (Novo, 2010), esse parâmetro apresentou correlação com a presença de coliformes totais. O ponto amostral compreende a Lagoa do Garrote, situada no Parque Urbano da Liberdade (Cidade da Criança). Essa lagoa pertence à bacia hidrográfica estudada, situada a apenas 315 metros do ponto 7, referente ao trecho do Riacho Pajeú, e a 947 metros do ponto 1, referente à fonte da Praça do Mártires. Idealmente, a predição da turbidez deveria ser realizada com base nos dados do ponto amostral localizado diretamente no riacho Pajeú. Contudo, a densa cobertura vegetal na área impede a obtenção de dados de reflectância espectral no ponto exato, portanto, admitiu-se um ponto próximo como alternativa para estimativa da turbidez (Figura 6).

Figura 6 – Área de estudo e ponto de predição da turbidez.



Fonte: Autora, 2025.

O conjunto de dados foi obtido gratuitamente através da plataforma *Google Earth Engine* (GEE), incorporando dados do Sentinel-2 do programa Copernicus da Agência Espacial Europeia (ESA). O produto adquirido foi o L2A, que apresenta um nível com correção atmosférica já aplicada, resultando na reflectância da superfície. Após a seleção das imagens orbitais, o passo seguinte consistiu no redimensionamento das imagens no software livre Quantum Geographic Information System (QGIS), ou seja, tratamento aplicado nas bandas cuja resolução original é de 20 metros para reamostragem de 10 metros. Essa padronização espacial dos dados favorece a acurácia na aquisição e interpretação dos dados. Observa-se que esse procedimento de reamostragem não adiciona detalhes: apenas redistribui os pixels, mas a informação espectral é mantida.

O modelo empregado foi proposto por Qiu *et al.* (2024) para estimativa da Concentração de Sólidos Suspensos (CSS), conforme a equação 1. A Tabela 4 apresenta as bandas espectrais utilizadas para aplicação do modelo. As imagens são datadas de 27/05/2024, 26/07/2024 e 19/09/2024, todas apresentaram percentual de cobertura de nuvens baixo (inferior a 20%). O desempenho do modelo foi avaliado através do coeficiente de determinação (R^2).

$$\ln (\text{CSS}) = 0,67771 + 8,49956 * [(R + RE + NIR) / (B + G + R + NIR + SWIR1 + SWIR2)] \quad (1)$$

Tabela 4 – Sensibilidade Espectral MSI/Sentinel-2.

Resolução	Banda	Comprimento de onda central (nm)
10 m	B02 (Azul)	490
	B03 (Green)	560
	B04 (Vermelho)	665
	B08 (Infravermelho próximo)	842
20 m	B07 (Vermelho Próximo)	783
	B11 (Infravermelho de Onda Curta / SWIR1)	1610
	B12 (Infravermelho de Onda Curta / SWIR2)	2190

Fonte: Adaptado do site <http://www.engesat.com.br/sentinel-2/>.

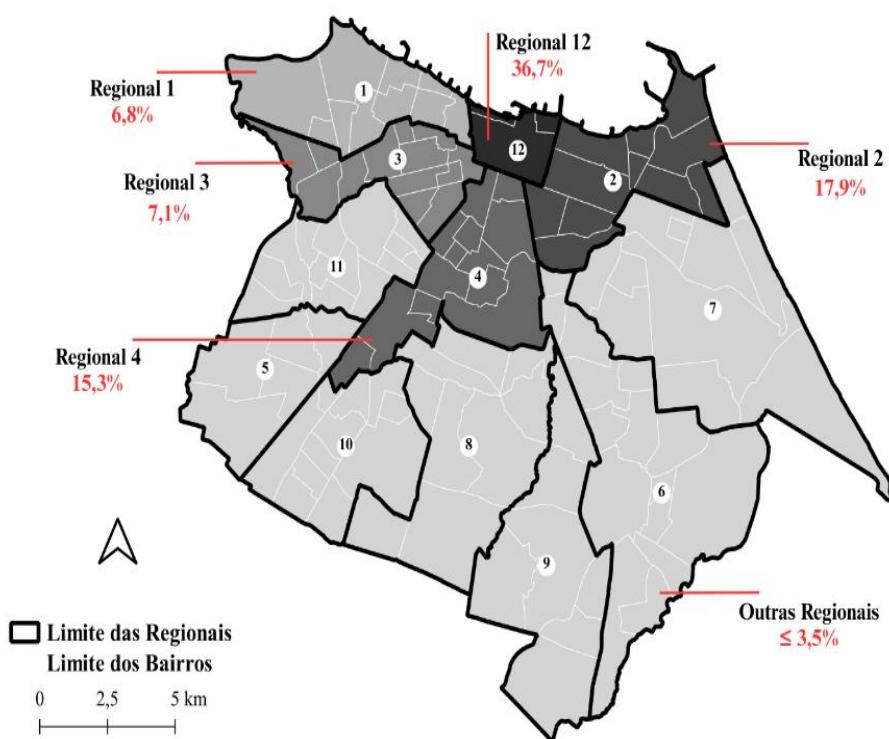
De acordo com Downing (2008), embora existam diferenças quanto à refletividade ao tamanho e formato das partículas de sedimento em relação aos padrões de turbidez, esses fatores não comprometem a ocorrência de uma associação linear, forte e direta entre as variáveis, como observado para a Baía de São Francisco (EUA) com correlação de Pearson (r) igual a 0,97 entre a turbidez (NTU) e CSS (mg.L^{-1}) e esse dado indica um grau de ajuste alto para dados ambientais. Em trabalho realizado na bacia hidrográfica do Rio Vacaraí-Mirim (Santa Maria, RS), Souza e Gastaldini (2014) também demonstraram que a turbidez é um forte preditor para CSS ($r= 0,87$). A forte associação entre essas variáveis está relacionada ao fato de que a turbidez reflete a presença e quantidade de partículas em suspensão, as quais compõem diretamente os sólidos suspensos totais. Nesse sentido, utilizou-se o algoritmo desenvolvido para estimativa de CSS na predição da turbidez.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise Demanda versus Oferta

A cidade de Fortaleza, Ceará, até março de 2025, atingiu a 4º posição no ranking de cidades brasileiras com maior incidência de moradores de rua, contabilizando um pouco mais de 10 mil pessoas nas ruas com cadastro no Cadastro Único para Programas Sociais (CADÚNICO). A maior parcela concentra-se na Regional 12, composta pelos bairros Centro e suas adjacências (Figura 7).

Figura 7 - Distribuição das pessoas em situação de rua por regional, Fortaleza, Ceará.



Fonte: Adaptado do Relatório do II Censo Geral da População em Situação de Rua de Fortaleza, 2021.

Há aproximadamente 3,5 mil pessoas em situação de rua na região central da cidade de Fortaleza (Fortaleza, 2021; Silva; Oliveira; Pontes, 2023). Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), até 2022, o consumo *per capita* de água em Fortaleza é de 148 litros por dia (SNIS, 2023). Com isso, estima-se que a demanda por água, pelos indivíduos em situação de rua do Centro de Fortaleza, Ceará, consiste em cerca de 518 mil litros por dia. Já a Organização Mundial da Saúde (OMS), recomenda um mínimo de 50 a 100 litros por pessoa por dia para atender as necessidades básicas, logo, a estimativa de demanda por água mais aproximada da PSR varia entre 175 mil a 518 mil

litros por dia.

Com base nos locais selecionados por esta pesquisa, além da caracterização de uso, constatou-se que há acesso livre de água bruta em três locais, a saber, Estação São Benedito e as Praças dos Mártires e Pajeú.

4.2. Estatística Descritiva

A Tabela 5 reúne as medidas de estatística descritiva, subdividida conforme o uso dos pontos amostrais, apresentando o comportamento dos dados analisados, que mostram grande variabilidade de valores em relação à média, apresentando dispersão acentuada entre as amostras analisadas. Bem como, os percentuais do coeficiente de variação evidenciam elevada dispersão e heterogeneidade dos dados. Essa condição é um reflexo das diferenças significativas entre os pontos de amostragem. Por exceção, o pH que se mostrou homogêneo e o odor com resultado constante, sem variações.

Tabela 5 - Estatística descritiva dos resultados.

Parâmetros	Unidades	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
POTABILIDADE						
Coliformes Totais	NMP/1000mL	840,1	2419,6	6,1	955,2	113,7
<i>Escherichia coli</i>	NMP/1000mL	26,5	298,7	0	63,5	239,4
Cloreto	mg/L	50,9	214,29	3,827	46,9	92,2
Condutividade	µS/cm	373,2	1126	0,29	305,5	81,9
Cor	PTCO	19,8	43,8	1	13,4	67,7
Fosfato	mg/L	7,7	55,08	0	14,4	186,8
Nitrato	mg/L	26,4	80,78	2,68	25,6	96,8
Nitrito	mg/L	0,6	5,78	0	1,6	246,7
pH	-	7,0	7,51	6,28	0,3	4,8
Sulfato	mg/L	14,4	35,78	0	11,4	78,9
Turbidez	NTU	1,0	3,73	0,34	0,8	81,7
Odor	-	Ausente	Ausente	Ausente	0	0
BALNEABILIDADE						
Coliformes Totais	NMP/1000mL	576,3	2419,6	0	940,8	163,2
<i>Escherichia coli</i>	NMP/1000mL	185,5	2419,6	0	644,0	347,2
Cloreto	mg/L	52,7	100,3	3,8	34,6	65,6
Condutividade	µS/cm	359,3	1126	0,3	279,5	77,8
Cor	PTCO	20,3	45,2	1	12,4	61,2
Fosfato	mg/L	7,4	55,1	0	14,7	199,1
Nitrato	mg/L	16,6	62,9	0	18,9	113,9
Nitrito	mg/L	0,2	5,8	0	1,1	519,6
pH	-	7,2	10,7	6,4	0,8	11,6
Sulfato	mg/L	12,9	35,8	0	11,7	90,4
Turbidez	NTU	1,4	10	0,3	1,9	132,0
Odor	-	Ausente	Ausente	Ausente	0	0
DILUIÇÃO DE EXCRETAS						
Coliformes Totais	NMP/1000mL	970,4	2419,6	44,8	1097,4	113,1
<i>Escherichia coli</i>	NMP/1000mL	552,9	2419,6	0	1058,2	191,4
Cloreto	mg/L	48,0	70,3	3,9	25,6	53,3
Condutividade	µS/cm	438,8	686	0,5	253,0	57,6
Cor	PTCO	18,6	45,2	1	15,2	81,5
Fosfato	mg/L	13,4	55,1	0	23,3	174,3
Nitrato	mg/L	33,8	62,9	5,9	21,3	63,1
Nitrito	mg/L	0,6	5,8	0	1,9	300
pH	-	6,9	7,4	6,4	0,3	4,5
Sulfato	mg/L	19,2	35,8	0	14,7	76,4
Turbidez	NTU	1,4	3,6	0,3	1,4	97,2
Odor	-	Ausente	Ausente	Ausente	0	0

Fonte: Autora, 2025.

As Tabelas 6, 7 e 8 apresentam as correlações de Pearson. Os parâmetros turbidez *versus* coliformes totais ($r = 0,95$), condutividade *versus* cloreto ($r = 0,94$), sulfato *versus* pH ($r = 0,81$), nitrato *versus* condutividade ($r = 0,79$) e turbidez *versus* pH ($r = 0,78$), mostraram forte correlação positiva. Os parâmetros sulfato *versus* fósforo ($r = -0,83$) e pH *versus* fósforo ($r = -0,74$), opostamente, exibiram forte correlação negativa. Os demais resultados expressam baixa correlação linear significativa.

Tabela 6 – Matriz de correlação de Pearson dos parâmetros, nos pontos de potabilidade.

	CT	<i>E. coli</i>	Cl ⁻	Cond.	Cor	P	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	pH	SO ₄ ⁻	Turb.	Odor
CT	—											
<i>E. coli</i>	0,39	—										
Cl ⁻	0,16	-0,12	—									
Cond.	0,15	0,11	0,60	—								
Cor	0,31	0,11	-0,07	-0,17	—							
P	0,16	-0,18	-0,01	0,08	-0,39	—						
NO ₃ ⁻	0,13	0,34	0,49	0,58	-0,27	0,11	—					
NO ₂ ⁻	0,03	0,29	-0,08	0,06	-0,18	-0,23	0,09	—				
pH	-0,10	0,13	-0,11	-0,13	0,42	-0,74	-0,20	0,28	—			
SO ₄ ⁻	-0,11	0,20	0,25	0,44	0,05	-0,61	0,53	0,36	0,38	—		
Turb.	0,49	0,27	-0,14	-0,19	0,68	-0,22	-0,18	0,16	0,44	-0,03	—	
Odor	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	—

CT - Coliformes Totais (NMP/1000mL); *E. coli* - *Escherichia coli* (NMP/1000mL); Cl⁻ - Cloreto (mg/L); Cond. - Condutividade (μs/cm); Cor (PTCO); P - Fósforo (mg/L); NO₃⁻ - Nitrato (mg/L); NO₂⁻ - Nitrito (mg/L); SO₄⁻ - Sulfato (mg/L); Turb. - Turbidez (NTU); NaN - Não é Número (motivação, odor zero constante).

Tabela 7 – Matriz de correlação de Pearson dos parâmetros, nos pontos de balneabilidade.

	CT	<i>E. coli</i>	Cl ⁻	Cond.	Cor	P	NO ₃	NO ₂	pH	SO ₄	Turb.	Odor
CT	—											
<i>E. coli</i>	0,57	—										
Cl ⁻	-0,02	0,05	—									
Cond.	0,26	0,18	0,69	—								
Cor	0,33	0,30	-0,28	-0,03	—							
P	0,28	0,34	-0,03	0,09	-0,26	—						
NO ₃ ⁻	0,16	0,13	0,08	0,56	-0,11	0,30	—					
NO ₂ ⁻	-0,11	-0,06	0,10	0,14	-0,31	-0,10	0,24	—				
pH	-0,15	-0,06	0,02	-0,12	0,24	-0,30	-0,28	-0,01	—			
SO ₄ ⁻	0,15	0,10	-0,01	0,38	0,25	-0,48	0,55	0,39	0,07	—		
Turb.	0,18	0,23	0,14	0,03	0,41	-0,12	-0,15	-0,11	0,78	0,06	—	
Odor	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	—

CT - Coliformes Totais (NMP/1000mL); *E. coli* - *Escherichia coli* (NMP/1000mL); Cl⁻ - Cloreto (mg/L); Cond. - Condutividade (μs/cm); Cor (PTCO); P - Fósforo (mg/L); NO₃⁻ - Nitrato (mg/L); NO₂⁻ - Nitrito (mg/L); SO₄⁻ - Sulfato (mg/L); Turb. - Turbidez (NTU); NaN - Não é Número (motivação, odor zero constante).

Tabela 8 – Matriz de correlação de Pearson dos parâmetros, nos pontos de diluição de excretas.

	CT	<i>E. coli</i>	Cl	Cond.	Cor	P	NO ₃	NO ₂	pH	SO ₄	Turb.	Odor
CT	—											
<i>E. coli</i>	0,74	—										
Cl ⁻	0,29	0,26	—									
Cond.	0,17	0,22	0,94	—								
Cor	0,51	0,55	-0,65	-0,09	—							
P	0,09	0,28	0,11	0,11	-0,32	—						
NO ₃ ⁻	-0,39	-0,25	0,07	0,79	-0,30	0,18	—					
NO ₂ ⁻	-0,32	-0,20	0,33	0,19	-0,44	-0,22	0,10	—				
pH	0,51	0,29	0,31	0,20	0,40	-0,70	-0,28	0,34	—			
SO ₄ ⁻	0,01	-0,09	0,41	0,43	0,19	-0,83	0,22	0,42	0,81	—		
Turb.	0,95	0,65	0,42	0,31	0,58	-0,10	-0,22	-0,29	0,63	0,25	—	
Odor	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	—

CT - Coliformes Totais (NMP/1000mL); *E. coli* - *Escherichia coli* (NMP/1000mL); Cl⁻ Cloreto (mg/L); Cond. - Condutividade (μs/cm); Cor (PTCO); P - Fósforo (mg/L); NO₃⁻ - Nitrato (mg/L); NO₂⁻ - Nitrito (mg/L); SO₄⁻ - Sulfato (mg/L); Turb. - Turbidez (NTU); NaN - Não é Número (motivação, odor zero constante).

4.3. Análise Comparativa dos Parâmetros com a Legislação

Dos parâmetros, destacam-se, de modo positivo, o cloreto, o sulfato, a turbidez e o odor, com 100% de concordância com o estabelecido pela MS e pelo CONAMA.

Opostamente, os parâmetros bacteriológicos analisados, apresentaram, em média, 65% em desacordo com os padrões de qualidade adotados. Os resultados apresentados nas Tabelas 9, 10 e 11, referem-se à média da quantidade de vezes que os resultados ultrapassaram os limites sanitários, nos pontos amostrais conforme descrito na tabela 12. Os parâmetros exibiram, em média, de 3% a 100% de inconformidade com as referências estabelecidas.

Tabela 9 - Síntese dos parâmetros de potabilidade e concordância com a Portaria MS N°888/2021.

Parâmetros		P1	P2	P3	P4	Desacordo
Bacteriológicos	Coliformes totais	100%	100%	100%	100%	100%
	<i>Escherichia coli</i>	100%	67%	17%	50%	58%
Físico-químicos	Cloreto	0%	0%	0%	0%	0%
	Condutividade	50%	50%	0%	50%	38%
	Cor	83%	33%	33%	83%	58%
	Fósforo	33%	50%	50%	17%	38%
	Nitrato	50%	50%	33%	33%	42%
	Nitrito	50%	17%	0%	0%	17%
	pH	0%	0%	0%	0%	0%
	Sulfato	0%	0%	0%	0%	0%
	Turbidez	0%	0%	0%	17%	4%
Organoléptico	Odor	0%	0%	0%	0%	0%
Desacordo	-	39%	31%	19%	29%	

Fonte: Autora, 2025.

Tabela 10 - Síntese dos parâmetros de balneabilidade e concordância com a Resolução CONAMA N°274/2000.

Parâmetros		B1	B2	B3	B4	B5	Desacordo
Bacteriológicos	Coliformes totais	0%	0%	0%	50%	100%	30%
	<i>Escherichia coli</i>	0%	0%	0%	0%	67%	13%
	Cloreto	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Condutividade	67%	0%	0%	50%	100%	43%
	Cor	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Físico-químicos	Fósforo	50%	50%	50%	17%	33%	40%
	Nitrato	67%	0%	0%	50%	100%	43%
	Nitrito	17%	0%	0%	0%	0%	3%
	pH	0%	0%	17%	0%	33%	10%
	Sulfato	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Turbidez	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Organoléptico	Odor	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Desacordo	-	17%	4%	6%	14%	36%	

Fonte: Autora, 2025.

Tabela 11 - Síntese dos parâmetros de diluição de excretas e concordância com as Resoluções CONAMA N°357/2005 e N°274/2000.

Parâmetros		DE1	DE2	Desacordo
Bacteriológicos	Coliformes totais	0%	100%	50%
	<i>Escherichia coli</i>	0%	67%	33%
	Cloreto	0%	0%	0%
	Condutividade	67%	100%	83%
	Cor	0%	0%	0%
Físico-químicos	Fósforo	67%	67%	67%
	Nitrato	50%	67%	58%
	Nitrito	17%	33%	25%
	pH	0%	0%	0%
	Sulfato	0%	0%	0%
	Turbidez	0%	0%	0%
Organoléptico	Odor	0%	0%	0%
Desacordo	-	17%	36%	

Fonte: Autora, 2025.

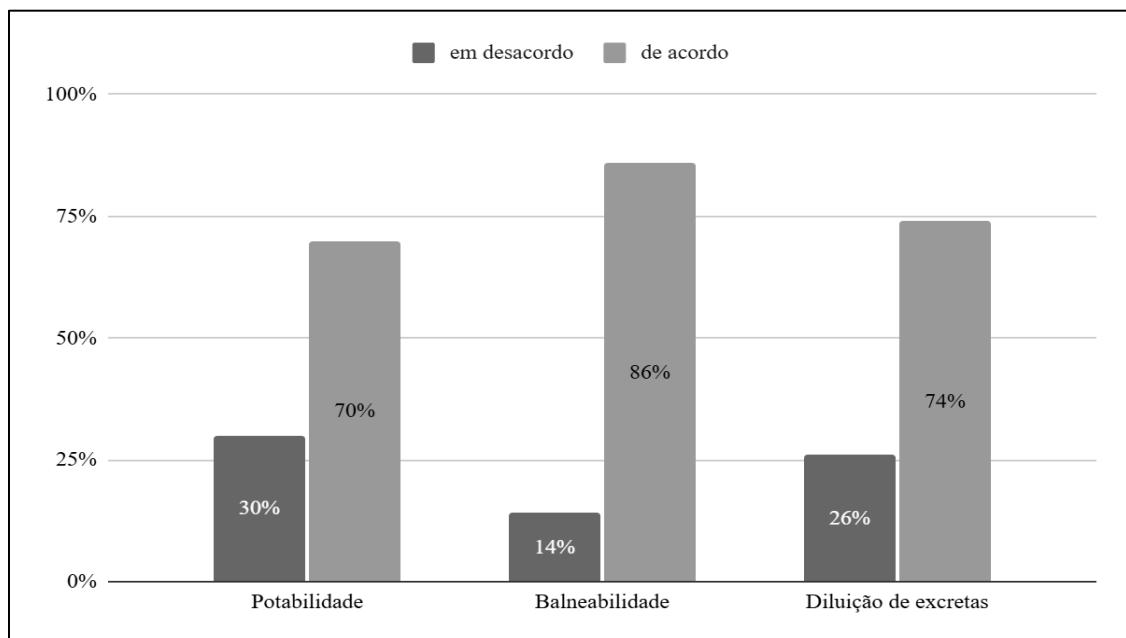
Tabela 12 - Descrição dos pontos de coleta.

Finalidade de uso	Pontos
Potabilidade	P1 Praça dos Mártires
	P2 Estação de Metrô São Benedito
	P3 Instituição de Amparo I - Bebedouro
	P4 Praça Pajeú - Tubulação
Balneabilidade	B1 Estação de Metrô São Benedito
	B2 Instituição de Amparo I - Chuveiro
	B3 Instituição de Amparo II - Chuveiro
	B4 Praça Pajeú - Tubulação
	B5 Praça Pajeú - Riacho
Diluição de Excretas	DE1 Estação de Metrô São Benedito
	DE2 Praça Pajeú - Riacho

Fonte: Autora, 2025.

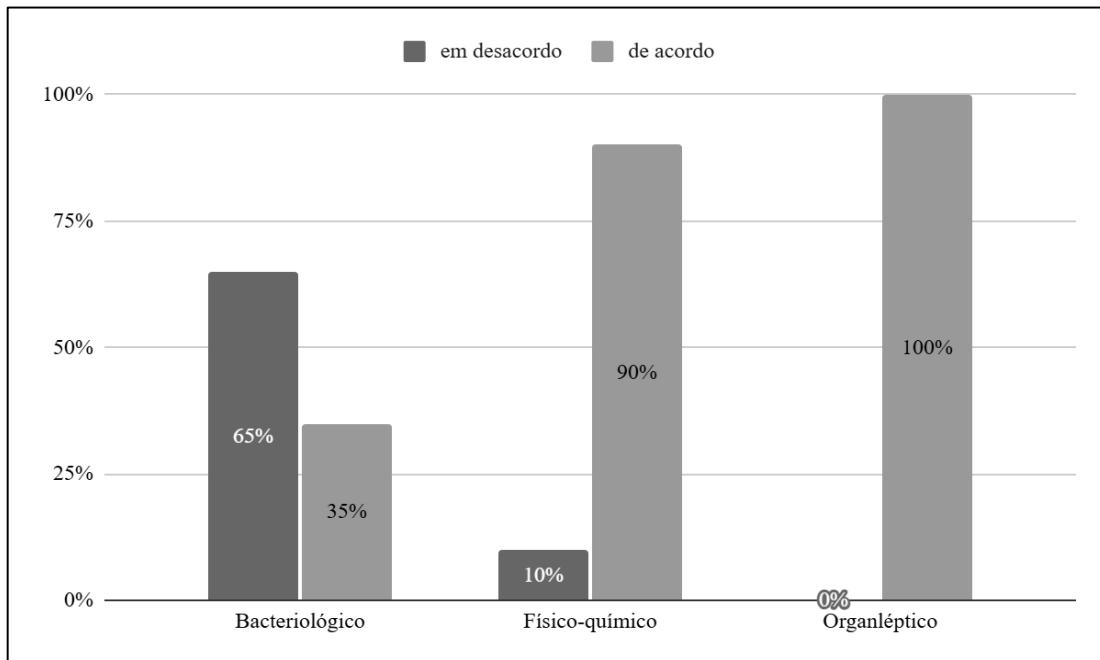
Os pontos usuais mais críticos foram o P1, B5 e DE2, respectivamente referentes à Praça dos Mártires (Passeio Público) e ao Riacho Pajeú. Quanto ao uso e parâmetros, prioriza-se a atenção na potabilidade e medidas bacteriológicas, por expor resultados mais graves. Conforme apresentado nos Gráficos 2 e 3.

Gráfico 2 - Porcentagem média das amostras, por finalidade de uso, em concordância com a Portaria MS N°888/2021 e as Resoluções CONAMA N°357/2005 e N°274/2000.



Fonte: Autora, 2025.

Gráfico 3 - Porcentagem média das amostras, por parâmetro, em concordância a Portaria MS N°888/2021 e as Resoluções CONAMA N°357/2005 e N°274/2000.

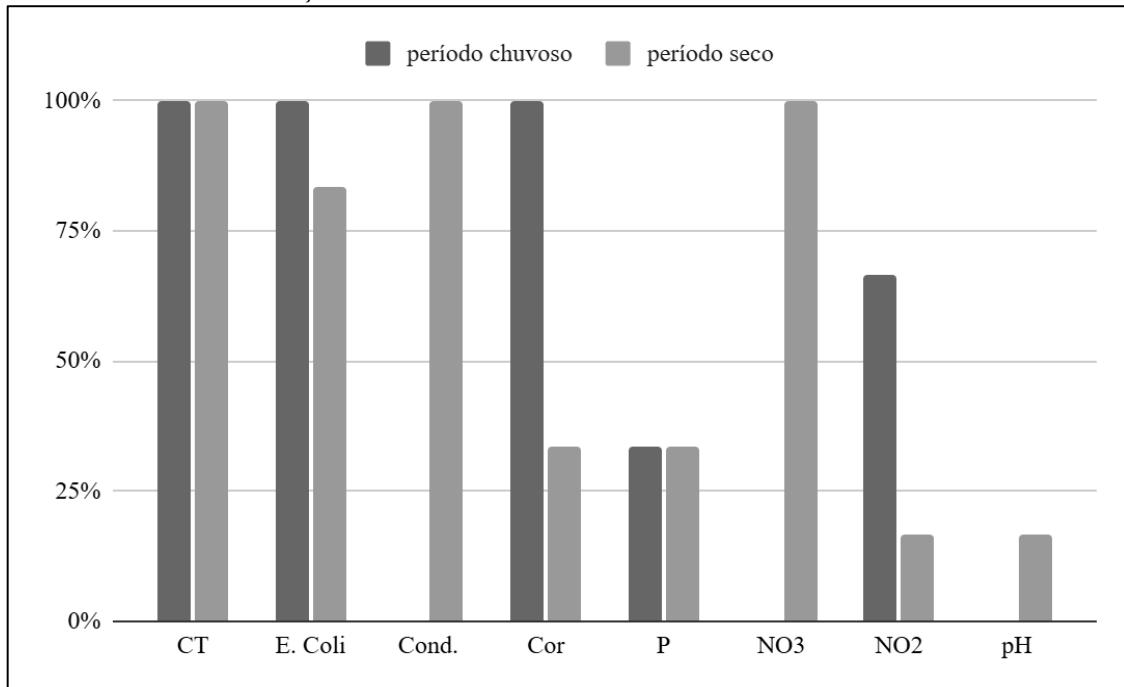


Fonte: Autora, 2025.

Conforme o esperado, a precipitação observada durante o período de coletas apresentou maior volume de chuvas para os meses de janeiro, março e maio, correspondentes às três primeiras campanhas amostrais. Por outro lado, os menores índices pluviométricos ocorreram em julho, setembro e novembro, meses das três últimas coletas. Dessa forma, foi possível caracterizar os períodos chuvoso e seco ao longo da pesquisa.

As amostras 1 (Praça dos Mártires) e 7 (Riacho Pajeú), ambos em ambientes abertos, foram analisadas considerando a influência das chuvas sobre a qualidade da água, conforme ilustrado no Gráfico 4, constatando-se que: I. os teores de coliformes totais excederam os limites estabelecidos pelas normas utilizadas neste estudo em todas as campanhas, tanto no período chuvoso quanto no seco; II. durante o período chuvoso, os níveis de *Escherichia coli*, cor e nitrito foram mais elevados do que no período seco; III. no período seco, observou-se aumento nos valores de condutividade elétrica, nitrato e pH em comparação ao período chuvoso; e, IV. as concentrações de fósforo apresentaram comportamento semelhante nos dois períodos, ultrapassando os limites normativos em apenas uma coleta de cada período, representando 33% de inconformidade. Ressalta-se que os demais parâmetros de qualidade da água não incluídos no Gráfico 4 mantiveram-se em conformidade com os padrões estabelecidos durante todo o estudo, tanto no período chuvoso quanto no seco.

Gráfico 4 - Porcentagem média das amostras 1 e 7, por período chuvoso e seco, em desacordo com a Portaria MS n°888/2021 e as Resoluções CONAMA N°357/2005 e N°274/2000.



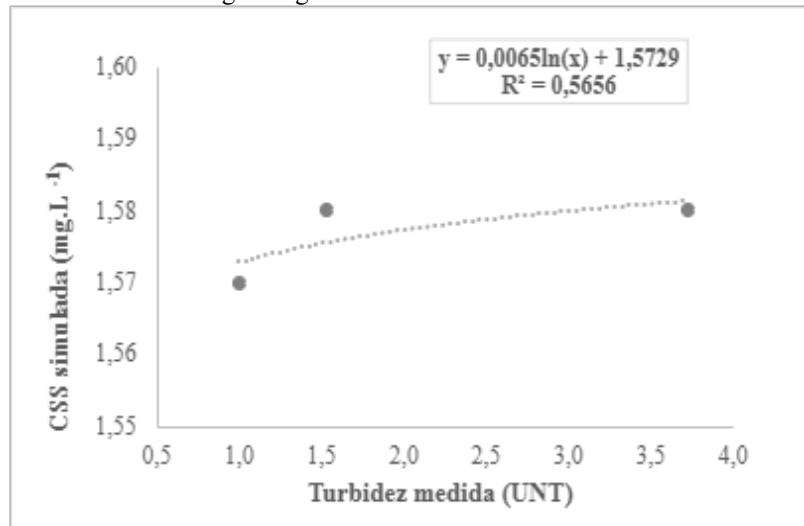
Fonte: Autora, 2025. CT - Coliformes Totais; *E. coli* - *Escherichia coli*; Cond.; P - Fósforo; NO₃⁻ - Nitrato; NO₂⁻ - Nitrito.

Do ponto de vista qualitativo, a água analisada apresenta resultados que a tornam imprópria para o consumo humano, conforme os padrões vigentes estabelecidos. A utilização de água contaminada expõe a PSR a diversos riscos à saúde, através das doenças de veiculação hídrica, agravando, sobretudo, a vulnerabilidade social. Essa realidade evidencia a importância de ações estruturais e preventivas, a fim de reforçar a necessidade de formulação e implementação de políticas públicas voltadas à segurança hídrica e saneamento básico, com foco no acesso universal à água potável e na promoção da saúde e dignidade humana.

4.4. Estimativa Remota da Qualidade de Água

A predição da turbidez para a Lagoa do Garrote foi baseada no algoritmo desenvolvido para estimativa de CSS (Qiu *et al.*, 2024) que foi proposto a partir de dados satélites do Sentinel-2 (produto L2A) para o rio Amarelo, China. Apesar da reduzida quantidade de dados medidos, a modelagem logarítmica aplicada produziu o $R^2 = 0,56$, conforme apresentado no gráfico 5. Esse resultado indica moderada capacidade explicativa da variável turbidez sobre a CSS simulada.

Gráfico 5 - Modelagem logarítmica da turbidez medida versus CSS simulada.



Fonte: Autora, 2025.

A análise dos resultados apresenta algumas limitações. O número reduzido de amostras compromete a robustez estatística do modelo, restringindo as inferências. A inclusão de mais pontos amostrais, coletados sob diferentes condições hidrológicas e níveis de turbidez, poderia contribuir para um ajuste mais consistente. Além disso, a faixa restrita de turbidez observada, concentrada em valores baixos, pode limitar a capacidade do modelo de representar adequadamente cenários com maior carga de sólidos em suspensão, como aqueles associados a eventos de chuva intensa ou escoamento superficial.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se que a qualidade da água disponível nos pontos analisados apresenta inconformidades significativas, em média, 30% das amostras fora dos padrões de potabilidade, 14% inadequadas para balneabilidade e 26% incompatíveis com os critérios de preservação hídrica estabelecidos pelas referidas normas.

Esse cenário evidencia não apenas a precariedade no acesso à água segura por parte da PSR, mas também a lacuna entre os dispositivos legais e sua aplicação concreta. Embora a Política Nacional para a População em Situação de Rua (PNPSR) represente um avanço institucional importante, sua implementação ainda esbarra em limitações operacionais, de integração entre setores e invisibilização social dessa parcela da população.

A fim de garantir o acesso à água potável como um direito humano fundamental, medidas de redirecionamento da água das tubulações, dispostas na Estação São Benedito e na Praça Pajeú, em pontos públicos permanentes de abastecimento de água potável em áreas estratégicas com presença significativa de pessoas em situação de rua, podem ser articuladas como medida de políticas de segurança hídrica urbana.

Adicionalmente, a utilização de tecnologias de SR mostrou-se uma ferramenta relevante na predição da qualidade da água, permitindo a estimativa de turbidez. Contudo, é importante destacar que o SR apresenta limitações, especialmente quanto à detecção de parâmetros microbiológicos e à validação em campo. Por isso, sua aplicação deve ser complementar a análises laboratoriais convencionais e integrada a metodologias interdisciplinares.

Portanto, a consolidação de uma política de segurança hídrica inclusiva, voltada à garantia dos direitos fundamentais de populações marginalizadas, exige a articulação entre ciência, tecnologia, gestão pública e participação social. Assim como, investimento em futuros estudos para produção de dados, que promovam o fortalecimento institucional e justiça socioambiental, para a construção de cidades mais equitativas, sustentáveis e resilientes.

Considerando que as obras de rebaixamento do lençol freático frequentemente resultam no desperdício de grandes volumes de água de boa qualidade, conforme foi observado nos pontos P2 e P4, propõe-se o aproveitamento desse recurso por meio da implantação de sistemas de captação e redirecionamento da água extraída. Técnicas simples e de baixo custo, como o bombeamento e canalizações temporárias, podem ser empregadas para conduzir essa água até pontos estratégicos da cidade. Uma alternativa viável seria a criação de estruturas públicas de distribuição, como chuveiros, pias ou pontos de hidratação, voltadas para a população que enfrenta dificuldades crônicas de acesso à água potável, como a PSR. Essa iniciativa, além de favorecer a utilização racional dos recursos hídricos nas áreas urbanas, fortalece a dimensão inclusiva e solidária da gestão ambiental, ao integrar alternativas técnicas com ações voltadas à assistência social e à promoção da saúde pública.

REFERÊNCIAS

AITH, F. M. A.; ROTHBARTH, R. O estatuto jurídico das águas no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 163-177, 2015.

ALVALÁ, R. *et al.* Drought monitoring in the Brazilian Semiarid region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 91, supl. 1, 2019.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Conjunta Recursos Hídricos 2017: Relatório Pleno - Agência Nacional de Águas**. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <<http://www.snh.gov.br/portal/snh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursoshidricos/relatorio-conjuntura-2017.pdf/view>>. Acesso em: 27 jun. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Conjuntura dos Recursos Hídricos 2023: Relatório Pleno**. Brasília: ANA, 2024. Disponível em: <<https://www.snh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursoshidricos/conjunturainforme2023.pdf>> . Acesso em: 27 jun. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Conjuntura dos Recursos Hídricos: Informe Anual**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 72 p, 2018.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, 2021**. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <<https://relatorioconjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/quanti-quali>> . Acesso em: 27 jun. 2025.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2025.

APHA. American Water Works Association, Water Environment Federation. In: Lipps WC, Braun-Howland EB, Baxter TE, eds. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 24th ed. Washington DC: APHA Press; 2023.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23nd ed., Washington DC: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 2017.

AUGUSTO, L. G. S. *et al.* O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n.2 p. 1511-1522, 2012.

BAI, J. *et al.* Assessment and a review of research on surface water quality modeling. **Ecological Modelling**, [s.l.], v. 466, april 2022.

BARBOSA, J. C. **Implementação das políticas públicas voltadas para a população em situação de rua: desafios e aprendizados**. 2018. 129f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Políticas Públicas e Desenvolvimento), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília.

BATISTA, A. A. *et al.* Relação entre nitrogênio e fósforos nas águas do açude Orós – CE. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS DO SEMIÁRIDO, 4., 2012, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Inovagri, 2012. p. 1-5.

BRANCO; A. J. de C. L. **Novos paradigmas para a gestão da água e dos serviços de água e saneamento: O Caso de Portugal.** Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias do Ambiente) - Universidade de Lisboa. Portugal, 2007.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000.** Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2000. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/01/RESOLU%C3%87%C3%83O-CONAMA-n%C2%BA-274-de-29-de-novembro-de-2000.pdf>>. Acesso em: jun. 2025.

BRASIL. Decreto Presidencial n. 7.053, de 23 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional para a população em Situação de Rua e seu Comitê intersetorial de Acompanhamento e Monitoramento, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Seção 1, 24 dez. 2009.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento.** 3. ed. rev. Brasília: FUNASA, 2004.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos **Diário Oficial da União**, 09 de janeiro de 1997. Seção 1, nº 6. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Portaria Nº 122 de 25 de janeiro de 2012.** Define as diretrizes de organização e funcionamento das Equipes de Consultório na Rua. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 de janeiro de 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Núcleo de Apoio à Saúde da Família/** Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica- Brasília: Ministério da Saúde, 2014. P. 116 (Cadernos de Atenção Básica, n.39).

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. **Orientações sobre o Centro de Referência Especializado para População em Situação de Rua e Serviço Especializado para Pessoas em Situação de Rua.** Brasília: MDS, 2011. Disponível em: <https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/assistencia_social/Cadernos/orientacoes_centro_pop.pdf>. Acesso em 27 jun. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. **Sistema Único da Assistência Social.** 2003.

BRASIL. Ministério dos Direitos Humanos e Cidadania. **População em Situação de Rua.** Diagnóstico com base nos dados e informações disponíveis em registros administrativos e sistemas do Governo Federal. Brasília, agosto de 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdh/ptbr/navegueportemas/populacaoemsituacaoderua/publicacoes/relat_pop_rua_digital.pdf>. Acesso em: 17 de fev. 2024.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº357**, de 17 de março de 2005, Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcdas_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acesso em: 14 de set. 2023.

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.

CARLSON, R. E. Estimating trophic state. **LakeLine**, v. 27, n. 1, p. 25-28, 2007.

CARTER, N.; KREUTZWISER, R. D.; DE LOE, R. C. **Closing the circle: linking land use planning and water management at the local level**. Land Use Policy, 22, p. 115-127. 2005.

CASTRO, A. Q. *et al.* Modeling the effect of climate change scenarios on water quality for tropical reservoirs. **Journal of Environmental Management**, [s.l.], v. 322, 15 november 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116137>.

CASTRO, C. N. **Água, Problemas Complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica**. 1^a ed. Rio de Janeiro: IPEA, 2022.

CEARÁ. Lei nº 11.996 de 24 de julho de 1992. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Fortaleza, CE, 29 jul.1992.

CEARÁ. Lei nº 14.844 de 28 de dezembro de 2010. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Fortaleza, CE, 30 dez. 2010.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Plano de Ações Estratégicas de Recursos Hídricos do Ceará**. Ceará, 2018. Disponível em: <https://www.srh.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/90/2018/07/PLANO-DE-ACOES-ESTRATEGICAS-DE-RECURSOS HIDRICOS-CE_2018.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2025.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Fundamentos do controle de poluição das águas**. In: ESCOLA SUPERIOR DA CETESB (São Paulo). Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos e Legais. São Paulo: CETESB, 2018.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wp-content/uploads/sites/12/2021/09/Apendice-C-Significado-ambiental-esanitario-das-variaveis-de-qualidade-das-aguas-e-dos-sedimentos-metodologias-analiticas-ede-amostragem.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2024.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. **Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management**. London, New York: St. Edmundsbury Press, Suffolk, 1999.

COELHO, C. F. **Eutrofização em pequenos reservatórios semiáridos: saneamento rural, aspectos limnológicos e sensoriamento remoto.** 2017. 78 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

COGERH. Companhia de Gestão de Recursos Hídricos. **Anuário do Monitoramento Qualitativo dos Principais Açudes do Estado do Ceará 2017.** Fortaleza. COGERH, 2018.

CONASS. Nota técnica 57/2001. **Portaria que define as diretrizes de organização e funcionamento das Equipes de Consultório na Rua.** Brasília, 13 de dezembro, 2011. Disponível em: [fhttp://www.conass.org.br/biblioteca/wp-content/uploads/2011/02/NT57-2011-Consultorio-na-Rua.pdf](http://www.conass.org.br/biblioteca/wp-content/uploads/2011/02/NT57-2011-Consultorio-na-Rua.pdf). Acesso em: 27 jun, 2025.

CONTERATO, E.; STEIN, R. T.; ESPARTEL, L. **Saneamento.** Grupo A, 2018. E-book. ISBN 9788595024779. Disponível em: [https://app\[minhabioteca.com.br/#/books/9788595024779/](https://app[minhabioteca.com.br/#/books/9788595024779/). Acesso em: 27 jun. 2025.

DALEZIOS, N. R.; ANGELAKIS, A. N.; ESLAMIAN, S. Water scarcity management: part 1: methodological framework. **International Journal of Global Environmental Issues**, v. 17, n. 1, p. 1-40, 2018.

DATRY, T.A. *et al.* **Securing Biodiversity, Functional Integrity, and Ecosystem Services in Drying River Networks (DRYvER).** Research Ideas and Outcomes, v. 7, p. e77750, 2021.

DE ARAÚJO, J. C. de. Recursos hídricos em regiões semiáridas. In: MEDEIROS, S. de S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. de O.; PAZ, V. P. S. (Ed.). **Recursos hídricos em regiões semiáridas: Estudos e aplicações.** INSA- Instituto Nacional do Semiárido, 2012. p. 30-43.

DE ARAÚJO, J. C. *et al.* **Water scarcity under scenarios for global climate change and regional development in semiarid Northeastern Brazil.** Water International, v. 29, n.2, p. 209-220, 2004.

DE JONG, J.; VAN R., P. TJC; HOSPER, S. H. Vivendo com água: na encruzilhada da mudança. **Water Science and Technology**, v. 31, n. 8, p. 393-400, 1995.

DIAS, Ana Carla Holanda *et al.* **Perfuração Indiscriminada de Poços em Iracema/CE: Um Estudo Sobre o Paradoxo da Atual Crise Hídrica.** Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, 2018. Editora Universidade, p.335-372, 2018. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29167/18875>>. Acesso em: 27 de jun. 2025.

DIETZEL, A.; REICHERT, P. Calibration of computationally demanding and structurally uncertain models with an application to a lake water quality model. **Environmental Modelling & Software**, [s. l.] v. 38, p. 129-146, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.05.007>.

DOWNING, J. Effects of sediment size on OBS measurements. **Note Application Campbell Scientific.** United States, p. 4, 2008.

ECKHARDT, R. R.; DIEDRICH, V. L., FERREIRA, E. R.; STROHSCHOEN, E.; DEMAMAN, L. C. **Mapeamento e avaliação da potabilidade subterrânea do município de Lajeado, RS, Brasil.** Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 58-80, 2008.

ENRICH-PRAST, A. Caminhos do nitrogênio em ecossistemas aquáticos continentais. In: ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO, M. (Orgs.). **Lições de Limnologia.** São Carlos: Rima Editora, 2005. p. 209-227.

ESMERALDO F. C. E. **Necessidades de Saúde dos Moradores de Rua: desafios para as políticas sociais do município de Fortaleza-CE.** 2010. 156f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Saúde Pública) –Centro de Ciências da Saúde, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nation. **Building a common vision for sustainable food and agriculture: principles and approaches.** 56 p., Rome: FAO, 2014.

FORTALEZA. **Prefeitura Municipal de Fortaleza. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico.** IDH – Desenvolvimento Humano, por bairro, em Fortaleza. Sala Situacional – PMF, 2010. Disponível em:
<http://salasituacional.fortaleza.ce.gov.br:8081/acervo/documentById?id=22ef6ea5-8cd2-4f96-ad3c-8e0fd2c39c98>. Acesso em: 3 abr. 2025.

FORTALEZA. **Secretaria do Desenvolvimento Social.** Relatório Censo. Fortaleza: Secretaria do Desenvolvimento Social, 2021. Disponível em:
https://desenvolvimentosocial.fortaleza.ce.gov.br/images/Relat%C3%B3rio_Censo_Atualizado_compressed.pdf. Acesso em: 16 de jul. 2024.

FRAGA, P. **População em Situação de Rua e acesso à rua.** 2015. 192f. Dissertação (Mestrado em Serviço Social) - Universidade Federal de Santa Catarina- Florianópolis.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde (Brasil). **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS.** 1. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2014.

FUNCENE. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos.** Fortaleza: FUNCENE, 2024. Disponível em: <https://chuvas.funceme.br/>. Acesso em: 27 jun. 2024.

GARRICK, D.; HALL, J. W. Water Security and Society: Risks, Metrics, and Pathways. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 39, n. 1, p. 6113639, 2014.

GUNTER, H. *et al.* Advances in quantifying microbial contamination in potable water: Potential of fluorescence-based sensor technology. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water**, v. 10, e1622, 2023.

HINO, P.; SANTOS, J. O.; ROSA, A. S. Pessoas que vivenciam situação de rua sob o olhar da saúde. **Revista Brasileira de Enfermagem**, Brasília- DF v. 71, p. 732-740, nov. 2018

HOANG, B. H. *et al.* Integration of SWAT and QUAL2K for water quality modeling in a data scarce basin of Cau River basin in Vietnam. **Ecohydrology & Hydrobiology**, Polônia, v. 19, n. 2, p. 210-223, april 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2019.03.005>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Tecnologia da informação e comunicação no IBGE**. Rio de Janeiro, 2008.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Índice Municipal de Alerta (IMA)**. Fortaleza: IPECE, 2020. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2021/10/IMA_2021.pdf> . Acesso em: 27 jun. 2025.

KRANZLER, J.H.; ANTHONY, C.J. **Statistics for the terrified**. Rowman & Littlefield, 2022.

LIBERATO, K.B.L. **Política pública e cidadania: avaliação da política nacional para a população em situação de rua a partir do Centro POP do município de Fortaleza-CE**. 2020. 122f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Avaliação de Políticas Públicas) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

LIMA, B. P.; MAMEDE, G. L.; LIMA N, I. E. Monitoramento e modelagem da qualidade de água em uma bacia hidrográfica semiárida. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 1, p. 125-135, 2018. DOI: 10.1590/S1413-41522018167115.

LIMA, D. W. *et al.* Correlação dos parâmetros qualitativos da água de irrigação: um estudo de caso em reservatórios de águas superficiais. **Revista Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão-RevInt**, v. 2, n. 1, 2015.

LU, D. *et al.* A coastal three-dimensional water quality model of nitrogen in Jiaozhou Bay linking field experiments with modelling. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 114, n. 1, p. 53-63, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.047>.

MA, Q. *et al.* Development and evaluation of a GPU-based coupled three-dimensional hydrodynamic and water quality model. **Marine Pollution Bulletin**, [s. l.], v. 187, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114494>.

MARENGO, J. A. *et al.* Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 1973- 1985, 2018.

MARTIN, J. F. *et al.* Evaluating management options to reduce Lake Erie algal blooms using an ensemble of watershed models. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 280, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111710>.

MCLNERNEY, D. *et al.* Improving probabilistic prediction of daily streamflow by

identifying Pareto optimal approaches for modeling heteroscedastic residual errors. **Water Resources Research**, [s. l.], v. 53, p. 2199-2239, 2017. <https://doi.org/10.1002/2016WR019168>.

MEDEIROS, C. N. de. **Os recursos hídricos do Ceará: integração, gestão e potencialidades**. Fortaleza: IPECE, 2011. 268 p.

MEEHAN, K. *et al.* Homelessness and water insecurity in the Global North: Trapped in the dwelling paradox. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water**, p. e1651, 2023.

MENDES, K. T.; CHAGAS, D. P.; PENNA, L.H.G. SAÚDE, CIDADANIA, DROGAS E SITUAÇÃO DE RUA: reflexões e caminhos para novas concepções. In: RODRIGUES, I.S.; FERNANDES, D.C (org). **Cidadãos em Situação de Rua: Dossiê Brasil- grandes cidades**. Curitiba: editora CRV, 2020.

MGSA. Marco de Gestão Socioambiental. **Projeto de Apoio à Melhoria da Segurança Hídrica e Fortalecimento da Inteligência na Gestão Pública do Estado do Ceará Projeto**. Ceará: MGSA, 2018. Disponível em: <http://portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Legislacoes/Portaria_Consolidacao_5_28_SETEMBRO_2017.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2025.

MONTEIRO, M. **Pobreza Extrema no Espaço Urbano: O Caso dos Moradores de Rua de Fortaleza/Ce, Brasil**. 2011. 118f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) - Centro de Ciência e Tecnológica, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza.

MOREIRA, A. F. **Avaliação da segurança hídrica no Vale do Forquilha, semiárido cearense**. 2024. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2024.

MOSLEY, L. M. Drought impacts on the water quality of freshwater systems; review and integration. **Earth-Science Reviews**, v. 140, p. 203-214, 2015.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro, ABES, 1997. 292p.

MOTTA, M. C. C; BRITO, M. A. P.R. **POBREZA MENSTRUAL E A TRIBUTAÇÃO DOS ABSORVENTES**. **Confluências| Revista Interdisciplinar de Sociologia e Direito**, Rio de Janeiro- RJ, v. 24, n. 1, p. 33-54, 2022.

MOURA, M. S. B. de *et al.* Aspectos meteorológicos do Semiárido brasileiro. In: XIMENES, Luciano Feijão; SILVA, Maria Sonia Lopes da; BRITO, Luiza Teixeira de Lima (Eds.). **Tecnologias de convivência com o Semiárido brasileiro**. Embrapa Semiárido - Livro Técnico, 2019.

NASH, J.E.; SUTCLIFFE, J.V. River flow forecasting through conceptual models' part I4A discussion of principles. **Journal of Hydrology**, [s. l.], v. 10, p. 282-290, 1970. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6).

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4º ed, São Paulo:

Bubler, 2010.

OBPOPRUA. Observatório de Políticas Públicas de Rua. Faculdade de Direito, UFMG. Belo Horizonte, Minas Gerais. 2024. Disponível em: <<https://obpoprua.direito.ufmg.br/>>. Acesso em: 12 de mai. 2025.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Água para todos, água para vida.** Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/204766-25-da-populacao-mundial-nao-tem-acesso-aguapotavel-alertaonu#:~:text=Embora%20mais%20de%20dois%20bilh%C3%83es,um%20novo%20rela%20t%C3%83rio%20da%20>>. Acesso em: 27 de jun. 2025.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Conferência Rio-92 sobre o meio ambiente do planeta.** 1992. Disponível em: <www.senado.gov.br>. Acesso em: 27 de jun. 2025.

ONU. Organizações das Nações Unidas. **Relatório do Desenvolvimento Humano: crecimiento económico para propiciar el desarrollo humano.** PNUD/ONU. 1996. Disponível em: <<http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr1996>> . Acesso em 27 jun. 2025.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Resolução A/RES/64/292, de 28 de julho de 2010: o direito humano à água e ao saneamento.** Assembleia Geral das Nações Unidas, Nova York, 2010. Disponível em: <<https://docs.un.org/es/A/RES/64/29>> . Acesso em: 3 abr. 2025.

PAIVA, I. K. S.; RAMOS, D. K. R.; GUIMARÃES, J. Rompendo com o lugar comum? Limites e possibilidades de inclusão face a interação rua e saúde mental. In: FIGUEIREDO, G. L.; MARTINS, C. H.; AKERMAN, M. (orgs.). **Vulnerabilidades & Saúde: grupos em cena por visibilidade no espaço urbano.** São Paulo: Hucitec; 2018. p. 424-445.

PAULINO, W. D.; TEIXEIRA, F. J. C. A questão ambiental e a qualidade da água nas bacias hidrográficas do Nordeste. In: ANA- Agência Nacional de Águas. **A Questão da Água no Nordeste.** Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas. Brasília, DF: CGEE, p. 217-246, 2012.

PEIXOTO, F.S.; CAVALCANTE, I. N.; GOMES, D. F. Influence of land use and sanitation issues on water quality of an urban aquifer. **Water Resources Management**, 34(2), 653-674, 2020.

PEREIRA, D. S. P. **Saneamiento Básico: Situación Actual en América Latina, Enfoque de Brasil.** In: III Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua: La Directiva Marco Del Agua: Realidades y futuros. Sevilha, Espanha. 2002.

POHLING, R. **Reações químicas na análise de água.** Fortaleza: Arte Visual, 2009.

QIU, Z. *et al.* Improving the observations of suspended sediment concentrations in rivers from Landsat to Sentinel-2 imagery. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation.** v. 134, 10429, 2024.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2024>.

RABELO, U. P. **Segurança hídrica no Ceará: Análise de cenários e de alternativas de intervenção**. 2017. 208 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

RAZZOLINI, M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. Impactos na saúde das deficiências de acesso à água. **Revista Saúde e Sociedade**, v.17, n.1, p.21-32, São Paulo, 2008.

RIJSBERMAN, F. R. Water scarcity: Fact or fiction. **Agricultural Water Management**, v. 80, n. 133, p. 5322, fev. 2006.

RODRIGUES, I.S. *et al.* A gênese social da situação de rua no Brasil. In: RODRIGUES, I.S.; FERNANDES, D.C (org). **Cidadãos em Situação de Rua: Dossiê Brasil- grandes cidades**. Curitiba: editora CRV, 2020.

RODRIGUES, T. *et al.* Recuperação da profundidade do disco de Secchi de um reservatório usando um esquema semi-analítico. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**, v. 198, p. 213-228, 2017.

ROSA, A. S.; CAVICCHIOLI, M. G. S; BRÊTAS, A. C. P. O processo saúde-doença-cuidado e a população em situação de rua. **Rev Latino-Americana de Enfermagem**, São Paulo- SP, julho-agosto; 13 (4): 576-82, 2005.

SALATA, A.R.; RIBEIRO, M. G. **Boletim Desigualdades nas Metrópoles**, Porto Alegre/RS, n.01, 2020.

SAWYER, C.N.; McCARTY, P.L.; PARKIN, G.F. **Chemistry for Environmental Engineering and Science**. 5th edition. New York: McGraw-Hill Science, 2002. 752p

SILVA, A. M. C.; CUNHA, M. C. C.; LOPES, D. V. **Qualidade da água como reflexo de atividades antrópicas em bacias hidrográficas do Nordeste, Brasil**. Geosul, v. 34, n. 72, p. 102-123, 2019.

SILVA, A. P. de S. *et al.* **Qualidade da água do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais**. Revista Árvore, v. 33, p. 1063-1069, 2009.

SILVA, J. B.; DUARTE, S. M. A. Intermittent rivers of the Brazilian northeast: The case of alto Paraíba, Brasil. **Ciência & Trópico**, v. 41, n. 2, p. 129- 148, 2017.

SILVA, M. A. L.; OLIVEIRA, M. S.; PONTES Jr., J. A. de F. (orgs.). **Diagnóstico da população em situação de rua: no contexto da Covid 19 em Fortaleza**. 1. ed. Fortaleza, CE: Edmeta, 2023.

SILVA, M. J. A. A evolução legal e institucional na gestão dos recursos hídricos no brasil, **I Congresso Nacional de Geografia Física**. Unicamp, 2017.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto**. Brasília: SNIS, Dez/2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-eprogramas/saneamento/snис/produtos-dosnis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2023.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2025.

SOUSA, S. F. de. **População em situação de rua e o seu processo saúde-doença-cuidado**. 2023. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Humanidades, Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Fortaleza, 2023.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. 2014. **Engenharia Sanitária E Ambiental**, 19(3), 263–274. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019000001097>.

SOUZA, S. O., *et al.* Avaliação da relação entre o índice de qualidade da água e o índice de estado trófico em reservatório do semiárido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 9., 2018, São Paulo. **Anais...** São Paulo: IBEAS, 2018.

SOYAPI. C. B. **Water Security and the Right to Water in Southern Africa: An Overview**. doi: <http://dx.doi.org/10.17159/1727-3781/2017/v20i0a1650>. 2017. Disponível em: <<https://scielo.org.za/pdf/pelj/v20n1/11.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2025.

SRIVASTAVA, A. *et al.* Modeling Forest management effects on water and sediment yield from nested, paired watersheds in the interior Pacific Northwest, USA using WEPP. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 701, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134877>.

TAYLOR, S. D.; HE, Y.; HISCOCK, K. M. Modelling the impacts of agricultural management practices on river water quality in Eastern England. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 180, p. 147-163, 15 september 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.05.002>.

TOLEDO JR, A. P. **Informe preliminar sobre os estudos para a obtenção de um índice para a avaliação do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais**. São Paulo, SP: CETESB, 1990. 12 p.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**. v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

TUCCI, C. E. M. **Desenvolvimento dos recursos hídricos no Brasil**. Global Water Partnership-South America. Asociación Mundial del Agua, SAMTAC-Comité Técnico Asesor Sud América. 28 p. 2004.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008.

TYLER, A. N. *et al.* Earth observation for water quality monitoring: current status and

future prospects. **Nature Sustainability**, v. 4, p. 793–802, 2021.
<https://doi.org/10.1038/s41893-021-00745-0>

UFC. Universidade Federal do Ceará. Biblioteca Universitária. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza: Biblioteca Universitária, 2013. Disponível em: <<https://biblioteca.ufc.br/wp-content/uploads/2019/10/guia-de-citacao-06.10.2019.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2025.

VILAR, R. A. A. *et al.* Avaliação do Impacto de Secas Severas no Nordeste Brasileiro na Geração de Energia Elétrica Através do Modelo Newave: Projeção das Energias Afluentes e Armazenadas. **Revista Brasileira de Meteorologia**. 2020 v. 35, n. 1, p. 89-98, 2020.

VILELA, M. A. M. A. **Metodologia para monitoramento da qualidade da água de reservatórios utilizando sensoriamento remoto**. 2010.

WHO. World Health Organization. **Guidelines for drinking-water quality**. 4th ed. Geneva: WHO, 2017. Disponível em:
<<https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>>. Acesso em: 2 de fev. 2024.

WWAP. World Water Assessment Programme. **The United Nations World Water Development Report 2015: water for a sustainable world**. Paris: UNESCO, 2015. 139p.