

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO

UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

ADRIANA ALVES DE LIMA

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO ABASTECIMENTO PÚBLICO E DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA: IMPLICAÇÕES PARA A GESTÃO DOS RECURSOS HIDRICOS EM SOBRAL (CE)

SUMÉ - PB

2025

ADRIANA ALVES DE LIMA

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO ABASTECIMENTO PÚBLICO E DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA: IMPLICAÇÕES PARA A GESTÃO DOS RECURSOS HIDRICOS EM SOBRAL (CE)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Richarde Marques da Silva

SUMÉ - PB

2025



L732a Lima, Adriana Alves de.
Análise da qualidade da água do abastecimento público e doenças de veiculação hídrica: implicações para a gestão dos recursos hídricos em Sobral (CE). / Adriana Alves de Lima. - 2025.

101 f.

Orientador: Professor Dr. Richarde Marques da Silva.
Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - PROFÁGUA.
Inclui produto técnico mapa de risco- apêndices.

1. Abastecimento de água - gestão. 2. Sobral – CE – abastecimento de água. 3. Qualidade da água – Sobral-CE. 4. Doenças de veiculação hídrica. 5. Recursos hídricos. 6. Gestão de águas urbanas. 7. Ceará – qualidade da água. 8. Sistema de abastecimento de água. 9. Saúde e qualidade da água. 10. Coliformes totais – contaminação da água. 11. Mapa de risco – água contaminada – Sobral-CE. I. Silva, Richarde Marques da. II. Título.

CDU: 628.1(043.2)

ADRIANA ALVES DE LIMA

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO ABASTECIMENTO PÚBLICO E DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA: IMPLICAÇÕES PARA A GESTÃO DOS RECURSOS HIDRICOS EM SOBRAL (CE)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, no Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

BANCA EXAMINADORA:

_____

Prof. Dr. Richarde Marques da Silva

Orientador – UFPB

_____

Prof. Dr. Celso Augusto Guimarães Santos

Examinador interno – UFPB

_____

Prof. Dr. Jorge Flávio Cazé Braga da Costa Silva
Examinador externo - UFPB

Trabalho aprovado em: Sumé-PB, 31 de março de 2025.

De origem humilde, cresci através dos estudos. Sou simples, mas forte, e nunca desisto dos meus sonhos, porque a persistência transforma o impossível em realidade.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela força, sabedoria e orientação em todos os momentos desta jornada.

Aos meus familiares, meu esposo e meu filho, pelo amor incondicional, paciência e apoio constante durante todo o processo.

Aos meus pais e ao meu irmão, pela base sólida que me deram e pelo incentivo em todos os momentos da minha vida.

Aos meus amigos, pela compreensão, pelas palavras de motivação e pelo companheirismo nos momentos desafiadores.

E, por fim, ao meu orientador, o professor Richarde Marques da Silva pela dedicação, orientação valiosa e pelo apoio fundamental para a conclusão deste trabalho.

Este trabalho é fruto do esforço coletivo de todos que estiveram ao meu lado, direta ou indiretamente, e a cada um deixo meu profundo agradecimento.

Ao apoio para realização deste trabalho por meio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - Profágua, em nível de Mestrado, na Categoria Profissional, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

Gosto de ser gente porque, inacabado, sei que sou um ser condicionado, mas, consciente do inacabamento, sei que posso ir mais além dele.

RESUMO

A qualidade da água no Ceará enfrenta desafios como escassez, poluição e infraestrutura inadequada, resultando em abastecimento irregular em diversas regiões. O monitoramento da qualidade da água, juntamente com inspeções regulares, é crucial para a preservação da saúde pública, prevenindo doenças transmitidas pela água. Diante disso, este estudo teve como objetivo analisar a variabilidade espaço-temporal dos padrões de qualidade físico-química e microbiológica da água utilizada no abastecimento público, bem como a ocorrência de doenças de veiculação hídrica. Além disso, busca-se contribuir para a gestão dos recursos hídricos no município de Sobral, Ceará, fornecendo informações essenciais para a melhoria do acesso à água potável e à saúde pública. O foco deste estudo foi na consecução do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6, que visa garantir a gestão sustentável da água e do saneamento, Sobral tem priorizado ações como a expansão do saneamento básico e a despoluição de corpos hídricos urbanos, conforme estabelecido no Plano Plurianual (PPA) 2022-2025. A coleta de dados foi realizada em 53 locais fixos ao longo de cinco anos, entre sede e distritos. Neste estudo foram analisados os parâmetros físico-químicos da água, para avaliar a conformidade com os padrões de potabilidade, verificando *turbidez, cor, cloro residual, coliformes totais e Escherichia coli*. As amostras de água foram coletadas semanalmente ao longo dos cinco anos de estudo (2020-2024). Os dados epidemiológicos das doenças de veiculação hídrica do município e do Estado foram obtidos no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). Neste estudo, as doenças de veiculação hídrica analisadas para o Estado do Ceará foram: Diarreias Infecciosas, Hepatites A, B e C, Esquistossomose, Febre Tifóide e Paratifóide, e Nematóides intestinais. Conclui-se que a base nas variáveis analisadas neste trabalho, durante a estação chuvosa, apresentou resultados insatisfatórios, especialmente nas análises microbiológicas, indicando a necessidade de monitoramento rigoroso da qualidade da água. Uma ação corretiva sugerida é a instalação de sensores automáticos de turbidez e cor nos sistemas de captação e distribuição, com envio de dados em tempo real para um centro de controle e integração a sistemas de alerta para níveis excessivos. Assim, a implementação de medidas corretivas imediatas é essencial para assegurar a segurança da água consumida pela população.

Palavras-chave: Qualidade da água; Saúde; Abastecimento; Doenças; Análise espacial.

Analysis of public water supply quality and waterborne diseases: implications for water resources management in Sobral (CE).

ABSTRACT

Water quality in Ceará faces significant challenges including scarcity, pollution, and inadequate infrastructure, leading to irregular water supply across various regions, which makes monitoring water quality through regular inspections crucial for preserving public health and preventing waterborne diseases. This study aimed to analyze the spatiotemporal variability of physical-chemical and microbiological quality patterns in public water supply systems while investigating correlations with waterborne disease occurrences. Furthermore, it seeks to contribute to water resource management in Sobral municipality, Ceará, by providing essential information for improving drinking water access and public health outcomes, aligning with Sustainable Development Goal (SDG) 6 targets for sustainable water and sanitation management. The methodological approach included comprehensive data collection from 53 fixed monitoring points over a five-year period (2020-2024) covering both urban and rural districts, analyzing parameters including turbidity, color, residual chlorine, total coliforms, and *Escherichia coli* against potability standards, while epidemiological data for both municipal and state levels were obtained from the Notifiable Health Conditions Information System (SINAN) focusing on Infectious Diarrheas, Hepatitis A, B and C, Schistosomiasis, Typhoid and Paratyphoid Fevers, and Intestinal Nematodes. Results demonstrated that the rainy season particularly affected water quality, with unsatisfactory microbiological results highlighting the need for enhanced monitoring systems, where implementing automatic turbidity and color sensors in water collection and distribution networks with real-time data transmission to control centers emerges as a critical corrective measure to ensure water safety through immediate alerts when parameters exceed acceptable limits, ultimately protecting population health through reliable water quality assurance.

Keywords: Water quality; Health. Supply; Diseases; Spatial analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica e descrição da área do estudo do município de Sobral.....32

Figura 2. Coleta de amostras de água frasco bacteriológico e microbiológico. 36

Figura 3. Localização geográfica e pontos de monitoramento da qualidade da água na sede de Sobral/CE 38

Figura 4. Pontos de monitoramento da qualidade da água nos distritos de Sobral. 39

Figura 5. Mapa da sede da cidade de Sobral e sua divisão em áreas hidro geográficas.....45

Figura 6. Rede de distribuição de água do Município de Sobral.....46

Figura 7. Resultados das amostras analisadas dos parâmetros de qualidade da água em Sobral entre 2016 e 2024. 47

Figura 8. Índice de qualidade de água para a cidade de Sobral em (a) 2019, (b) 2020, (c) 2021, (d) 2022, e (e) 2023.....53

Figura 9. Evolução dos Casos de Diarreia no Município (2020-2024). 55

Figura 10. Quantitativo total das doenças 2020 a 2024, no município de Sobral/CE 62

Figura 11. Variabilidade de óbitos totais causados por doenças diarreicas no Estado do Ceará entre 1990 e 2021.....66

Figura 12. Ocorrência de óbitos de doenças diarreicas no Estado do Ceará entre 1990 e 2021.....67

Figura 13. Ocorrência de óbitos causados por infecções por nematóides intestinais no Estado do Ceará entre 1990 e 2021. 69

Figura 14. Ocorrência de óbitos causados por esquistossomose ocorridas no Estado do Ceará entre 1990 e 2021.....70

Figura 15. Ocorrência de óbitos causados por Hepatite A, B e C registradas no Estado do Ceará entre 1990 e 2021.....71

Figura 16. Ocorrência de óbitos causados por febre Tifóide e Paratifóide registradas no Estado do Ceará entre 1990 e 2021. 72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Histórico das normas de qualidade de água para o consumo humano e do padrão de potabilidade. 23

Tabela 2. Percentual do atendimento por macrorregiões 26

Tabela 3. Principais doenças relacionadas a veiculação hídrica 27

Tabela 4. Comparação do consumo e o preço cobrados pela água em Sobral, no Ceará e no Brasil. 33

Tabela 5. Percentual e o número de habitantes abastecidos pelo saneamento básico 34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO **13**

1.1 Objetivos **15**

1.1.1 Objetivo geral **15**

1.1.2 Objetivos específicos **16**

2. REFERENCIAL TEÓRICO **17**

2.1 A problematização e aspectos gerais da área de estudo **17**

2.2 Aspectos gerais da qualidade da água **19**

2.3 Noções sobre Abastecimento Público **24**

2.4 Qualidade de água e saúde **24**

2.5 O Sistema de Abastecimento de Água **28**

2.6 Controle da qualidade da água para consumo humano como instrumento de proteção à saúde **29**

3. MATERIAIS E MÉTODOS **31**

3.1 A área de estudo **31**

3.2 Métodos e procedimentos de coleta de dados **35**

3.2.1 Parâmetros analisados **37**

3.3 Análise e interpretação dos dados **38**

3.4 Modelagem da qualidade de água **40**

3.5 Dados epidemiológicos de doenças de veiculação hídrica **41**

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO **44**

4.1 Análise do sistema de abastecimento de água de Sobral **44**

4.2 Análise dos parâmetros físico-químicos da água **47**

4.2.1 Parâmetros microbiológicos insatisfatórios **48**

4.3 Análise da distribuição espacial da qualidade da água em Sobral **52**

4.5 Distribuição temporal de óbitos causados por doenças de veiculação hídrica no Ceará **64**

4.5.1 Óbitos por doenças diarreicas **64**

4.5.2 Hepatites **67**

5. CONCLUSÃO **74**

6. REFERÊNCIAS **76**

7. APÊNDICE **76**

1. INTRODUÇÃO

O acesso ao saneamento básico e ao fornecimento adequado de água em quantidade e qualidade é essencial para a dignidade e sobrevivência humana. Conforme destacam Brasil (2021), a qualidade de vida é um pilar fundamental para o desenvolvimento humano, viabilizada por meio do acesso a serviços básicos como saneamento, moradia, saúde e educação. Esses elementos são cruciais para garantir a participação plena dos indivíduos na economia e na sociedade.

A Vigilância em Saúde Ambiental do município de Sobral consiste em um conjunto de ações voltadas ao conhecimento e à detecção dos fatores determinantes e condicionantes do meio ambiente que interferem na saúde humana. Seu objetivo é identificar medidas de prevenção e controle dos fatores de risco ambientais associados a doenças e outros agravos à saúde. Criada em 2007, a vigilância tem implementado o Vigiagua, garantindo à população acesso à água em quantidade necessária e qualidade compatível com os padrões de potabilidade.

Sobral é um dos principais municípios do Ceará, destacando-se como a quarta maior economia do estado e a terceira maior entre os municípios do interior da região Nordeste, com um Produto Interno Bruto (PIB) per capita de aproximadamente R$ 25.396,38 (IBGE, 2021). O abastecimento de água no município é realizado de forma setorizada, com cada operadora atendendo áreas geográficas exclusivas. O sistema de abastecimento de água no município é operado por três entidades distintas, cada qual responsável por áreas específicas sem sobreposição territorial. O Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) constitui a principal operadora, atendendo à sede municipal, sete distritos e diversas localidades adjacentes, beneficiando uma população de 181.720 habitantes, o que representa cerca de 93,7% do total de usuários do sistema. Complementarmente, o Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR) atende exclusivamente 10 localidades rurais, com uma cobertura populacional de 6.460 habitantes (aproximadamente 3,3% do total). Já a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) opera em três localidades específicas, servindo a 5.437 habitantes, equivalente a 2,8% da população atendida. É importante ressaltar que o modelo de gestão adotado estabelece uma delimitação territorial precisa, garantindo que cada localidade seja atendida por apenas uma operadora, sem qualquer compartilhamento de áreas ou duplicidade de cobertura das operadoras.

De acordo com Rodrigues et al. (2021), uma das metas do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6 é garantir o fornecimento universal de água, assegurando que a população tenha acesso a uma fonte potável, segura e livre de contaminação, com quantidade e qualidade adequadas. No entanto, atualmente, cerca de 2 bilhões de pessoas em todo o mundo ainda não têm acesso seguro à água potável. Para atingir essa meta, é fundamental monitorar os parâmetros básicos das fontes de abastecimento de água destinadas ao consumo humano, considerando os riscos de contaminação por esgoto, produtos químicos e microrganismos patogênicos. Portanto, melhorias na infraestrutura de tratamento e distribuição são essenciais para garantir que todos os habitantes da região tenham acesso a água segura.

A realização de análises periódicas da qualidade da água, incluindo parâmetros como *cor, turbidez, cloro, coliformes totais e Escherichia coli,* é essencial para identificar riscos de contaminação e implementar ações que garantam a segurança do abastecimento (Tonon et al., 2013). O crescimento populacional e o aumento do consumo de água têm elevado a demanda por recursos hídricos, pressionando os mananciais e dificultando o acesso universal à água potável. De acordo com a ONU (2023), estima-se que a demanda global por água crescerá 30% até 2050, o que reforça a necessidade de políticas eficientes para a gestão sustentável desse recurso (Tundisi, 2008). Além disso, a eficiência dos serviços de saneamento básico é um fator crucial para a qualidade de vida, pois está diretamente ligada à saúde da população, garantindo o fornecimento de água tratada e a gestão adequada de resíduos.

De acordo com informações publicadas pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022), cerca de 15% dos brasileiros ainda não possuem acesso à rede de distribuição de água. Esse cenário reforça a necessidade de aprimorar a infraestrutura de saneamento, especialmente diante dos problemas que afetam tanto a saúde pública quanto a sustentabilidade ambiental. Para superar essas dificuldades, é essencial desenvolver sistemas de abastecimento mais eficientes e adaptáveis, capazes de garantir água potável para toda a população. Além disso, o Brasil, como país signatário dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), assume o compromisso de assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento, conforme previsto

no ODS 6. Portanto, a realização de pesquisas e estudos sobre o abastecimento de água para consumo humano é fundamental para embasar políticas públicas e promover mudanças efetivas.

O presente estudo voltou-se ao aprimoramento do monitoramento da qualidade da água no sistema de distribuição de Sobral mediante uma ação integrada, que incluiu a coleta de amostras por técnicos das operadoras (SAAE, SISAR, CAGECE), o monitoramento pela Secretaria Municipal de Saúde – através da Célula de Vigilância em Saúde Ambiental e o cruzamento com dados epidemiológicos. Este trabalho buscou identificar riscos à potabilidade da água para prevenir problemas de saúde pública.

O estudo inclui identificar riscos que comprometam a potabilidade da água e prevenir problemas de saúde pública. Quando parâmetros estiverem fora dos limites da Portaria nº 888/2021 a operadora deve comunicar aos técnicos qualquer descumprimento da Portaria nº 888/2021, acionando ações corretivas da equipe de reparos em prazos estabelecidos pela portaria. Adicionalmente, a análise dos dados de monitoramento será correlacionada com a ocorrência de doenças de veiculação hídrica na população, a fim de avaliar a eficácia dessas ações na garantia da qualidade da água distribuída.

A elaboração de uma estratégia de coleta de amostras ampla e detalhada é essencial para assegurar a eficiência do controle de qualidade da água. Ao incluir diversos pontos de coleta ao longo do sistema de distribuição, é possível detectar áreas vulneráveis e pontos críticos que possam afetar a potabilidade da água. Essa abordagem facilita a identificação rápida de irregularidades e a adoção de ações corretivas, assegurando que a água fornecida à população seja segura para o consumo. Adicionalmente, uma estratégia de amostragem bem estruturada gera informações relevantes para a gestão operacional, contribuindo para decisões mais embasadas e para a otimização contínua do sistema de abastecimento.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Analisar a variabilidade espaço-temporal dos padrões de qualidade físico-

química e microbiológica da água utilizada no abastecimento público, bem como a ocorrência de doenças de veiculação hídrica, contribuindo para a gestão dos recursos hídricos no município de Sobral.

1.1.2 Objetivos específicos

- Descrever e analisar a estrutura organizacional do atual sistema de abastecimento de água de Sobral.
- Analisar os parâmetros físico-químicos da água utilizada para o abastecimento público no município de Sobral.
- Analisar a distribuição espacial da qualidade da água em Sobral.
- Analisar a incidência e identificação de padrões epidemiológicos de doenças de veiculação hídrica no município de Sobral.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A problematização e aspectos gerais da área de estudo

O monitoramento da qualidade da água é essencial para garantir a saúde pública e o bem-estar da população, especialmente em regiões como Sobral, CE, onde fatores ambientais, climáticos e de infraestrutura podem comprometer a potabilidade da água. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017), a água destinada ao consumo humano deve atender a padrões rigorosos de qualidade, microbiológicos quanto físico-químicos, para prevenir doenças de veiculação hídrica. No Brasil, essas diretrizes são regulamentadas pela Portaria de Consolidação nº 888/2021 do Ministério da Saúde, que atualizou os parâmetros de potabilidade e estabeleceu novos critérios para o controle e vigilância da qualidade da água.

A infraestrutura de abastecimento de água em Sobral, assim como em muitas outras cidades brasileiras, enfrenta desafios significativos relacionados à distribuição e à manutenção das redes de água. De acordo com Rodrigues et al. (2021, p. 15), a degradação das redes de distribuição e a inadequada manutenção podem comprometer a qualidade da água tratada, resultando em contaminação por agentes patogênicos. Esses problemas requerem intervenções urgentes para assegurar que a água distribuída seja de qualidade e segura para o consumo, ressaltando a importância de uma vigilância constante.

A qualidade da água em Sobral é influenciada por diversos fatores, incluindo a poluição gerada por esgoto doméstico, atividades agrícolas e industriais. O descarte inadequado de efluentes em corpos d'água compromete a potabilidade, favorecendo a proliferação de microrganismos patogênicos e a contaminação por substâncias químicas (ANA, 2021).

Estudos recentes destacam que a inadequação no tratamento de esgoto e o lançamento indevido de efluentes industriais e domésticos são as principais causas de contaminação em áreas urbanas, aumentando a vulnerabilidade da população a doenças transmitidas pela água, como gastroenterites e hepatite A, e comprometendo a qualidade da água consumida (Brasil, 2023).

O acompanhamento constante da água é fundamental para assegurar sua qualidade. A análise dos parâmetros microbiológicos, incluindo a presença de

coliformes totais e *Escherichia coli*, assim como dos parâmetros físico-químicos, como turbidez e cloro residual, é essencial para avaliar a potabilidade da água. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2022), a presença de micro-organismos patogênicos na água pode indicar contaminação fecal, tornando indispensável a realização de análises periódicas para identificar alterações que possam representar riscos à saúde pública.

Como alerta a Agência Nacional de Águas (ANA, 2020, p. 42). A capacitação de profissionais qualificados para realizar análises precisas e interpretar os dados coletados durante o monitoramento é uma prioridade fundamental para garantir a eficácia do sistema de vigilância da qualidade da água. A adoção de tecnologias avançadas e a formação contínua dos profissionais envolvidos no monitoramento são essenciais para a rápida identificação de falhas no sistema de abastecimento e a implementação de ações corretivas, garantindo a segurança hídrica e a saúde pública.

O Ministério da Saúde, por meio da Portaria de Consolidação nº 888/2021, reforçou que a água potável deve estar isenta de micro-organismos patogênicos e bactérias indicadoras de contaminação fecal, como os *coliformes totais* e a *Escherichia coli*. A portaria estabelece limites rigorosos, incluindo a ausência desses microrganismos em 100 ml de amostra. É fundamental que os órgãos responsáveis pela vigilância da qualidade da água sigam essas diretrizes para garantir a saúde pública e a segurança da população. Esses critérios refletem a importância do monitoramento constante da qualidade da água, considerando que a contaminação por micro-organismos patogênicos pode levar a doenças gastrointestinais e outras infecções (Brasil, 2021).

Além do monitoramento técnico, a conscientização da população é um aspecto fundamental para o gerenciamento eficaz da qualidade da água. Programas educativos que promovam o uso responsável da água, a preservação das fontes hídricas e o descarte adequado de resíduos são essenciais para a sustentabilidade dos recursos hídricos. De acordo com Oliveira et al. (2022), a falta de conscientização sobre o impacto das atividades humanas na qualidade da água dificulta os esforços para garantir um abastecimento seguro, especialmente em áreas urbanas e periurbanas, onde a pressão sobre os recursos hídricos é maior.

As mudanças climáticas, que incluem a redução das chuvas e a intensificação de fenômenos climáticos extremos, impactam significativamente tanto a disponibilidade quanto a qualidade da água em Sobral. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022), as alterações nos padrões de precipitação, combinadas com a urbanização desordenada, agravam os desafios relacionados ao fornecimento de água potável. Esse cenário exige um planejamento adaptativo e a implementação de estratégias de gestão hídrica para garantir a continuidade do abastecimento durante os períodos de seca.

O monitoramento da qualidade da água em Sobral demanda uma abordagem integrada, que inclua a constante melhoria da infraestrutura de abastecimento, a capacitação dos profissionais, a adoção de tecnologias adequadas e a conscientização da população. A colaboração entre a Secretaria de Saúde, os órgãos ambientais e a comunidade local são essenciais para garantir a segurança hídrica e mitigar os riscos à saúde pública associados ao consumo de água não potável.

2.2 Aspectos gerais da qualidade da água

A água foi oficialmente reconhecida como um direito humano pela Organização das Nações Unidas (ONU) em julho de 2010, por meio da Resolução A/RES/64/292. A Assembleia Geral da ONU declarou que o acesso à água potável e ao saneamento básico é essencial para a plena realização do direito à vida e de todos os demais direitos humanos. Esse reconhecimento reforça a necessidade de garantir o acesso universal a esses recursos, promovendo o desenvolvimento sustentável e a proteção dos direitos fundamentais em nível global (ONU, 2023). A declaração ressalta que a disponibilidade de água limpa e segura, juntamente com o saneamento adequado, são direitos indispensáveis para assegurar uma vida digna e saudável. Essa definição enfatiza a indivisibilidade e interdependência dos direitos humanos, conforme estabelecido pela Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da ONU. O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6, que visa "assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos", reforça a interconexão entre diferentes aspectos dos direitos humanos, incluindo o direito à água e ao saneamento (ONU, 2023).

A qualidade da água é um fator fundamental para assegurar a saúde e o bem-estar da população, além de desempenhar um papel vital no equilíbrio ambiental e no desenvolvimento econômico. O consumo de água inadequada pode resultar em diversas doenças transmitidas por microrganismos patogênicos. De acordo com o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (2023), a garantia de água segura e acessível é essencial para prevenir doenças e promover a saúde pública, especialmente em regiões com escassez hídrica (ONU, 2023).

A gestão e o tratamento de águas residuais constituem questões fundamentais na busca por soluções sustentáveis que promovam a preservação dos recursos hídricos e a saúde pública. Na América Latina, apesar dos avanços significativos nas últimas décadas, diversos desafios ainda persistem. Segundo Oliveira e Pereira (2024), apenas aproximadamente 40% das águas residuais na região recebem tratamento adequado, e cerca de um quarto dos rios enfrenta contaminação severa por patógenos, resultado do descarte inadequado de esgoto doméstico. Essa situação ressalta a importância crítica de implementar sistemas de tratamento eficazes para garantir a segurança da água fornecida à população.

A oferta de água em quantidade suficiente e com qualidade adequada é essencial para o desenvolvimento humano. No entanto, o aumento progressivo das demandas hídricas para diversos usos evidencia conflitos e desafia a garantia da segurança hídrica, especialmente em grandes centros urbanos. Nessas áreas, observa-se a necessidade de captação de água em pontos cada vez mais distantes, além da implementação de sistemas integrados complexos para garantir o abastecimento adequado. De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2022), a gestão eficiente dos recursos hídricos e a adoção de tecnologias inovadoras são fundamentais para enfrentar esses desafios e assegurar a disponibilidade de água para as gerações futuras (ANA, 2022).

A qualidade da água no manancial tem sido comprometida devido ao lançamento de efluentes e resíduos, exigindo investimentos significativos nas estações de tratamento e ajustes na dosagem de produtos químicos para garantir a potabilidade da água. No entanto, a qualidade da água decai no sistema de distribuição devido a diversos fatores, como a intermitência do serviço, a baixa cobertura da população com sistema público de esgotamento sanitário, a

obsolescência da rede de distribuição e a manutenção deficiente. De acordo com o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (2022), esses desafios destacam a necessidade de modernização das infraestruturas e de políticas públicas eficazes para garantir a segurança hídrica e a saúde da população (ANA, 2022).

Nos domicílios, os níveis de contaminação aumentam devido à precariedade das instalações hidráulico-sanitárias, à falta de manutenção dos reservatórios e ao manuseio inadequado da água. Essa situação destaca a necessidade urgente de melhorar a infraestrutura de distribuição de água, investir em sistemas de esgotamento sanitário adequados e promover a conscientização da população sobre a importância da higiene e da segurança da água. De acordo com o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (2022), apenas com esforços coordenados e investimentos adequados será possível garantir o acesso a água potável de qualidade para todos, desde o manancial até o ponto de consumo (ANA, 2022).

Desde 1977, o Ministério da Saúde foi encarregado de editar normas e estabelecer o padrão de potabilidade da água para consumo humano no Brasil, bem como de garantir seu efetivo cumprimento (conforme Decreto n.º 79.367, de 9/03/1977). Atualmente, a regulamentação sobre o padrão de potabilidade da água é estabelecida pela Portaria de Consolidação nº 888/2021, que consolida as diretrizes para o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano. Essa portaria atualiza os parâmetros de potabilidade e reforça a necessidade de monitoramento contínuo para garantir a segurança hídrica e a saúde pública (Brasil, 2021).

A introdução do termo "Vigilância da Qualidade da Água" pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 1977 reflete o reconhecimento da importância de garantir que a água consumida pela população atenda aos padrões de qualidade estabelecidos na legislação vigente. Essa vigilância tem como objetivo não apenas assegurar a conformidade com as normas de qualidade da água, mas também avaliar os riscos que a água de consumo representa para a saúde humana. De acordo com as Diretrizes da OMS para a Qualidade da Água Potável (2022), a vigilância da qualidade da água é um componente essencial para a proteção da saúde pública e a prevenção de doenças de veiculação hídrica (OMS, 2022).

É importante reconhecer que, apesar da globalização afetar direta ou indiretamente todos os espaços e pessoas do planeta, seus reflexos e consequências não são uniformes e podem variar significativamente entre diferentes regiões. Isso significa que os efeitos da globalização podem ter repercussões diferentes em diferentes partes do mundo. De acordo com o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (2023), as disparidades no acesso a recursos básicos, como água potável e saneamento, persistem, especialmente em regiões menos desenvolvidas. Portanto, é essencial continuar trabalhando para garantir que esses direitos fundamentais sejam alcançados por todas as pessoas, independentemente de sua localização geográfica ou circunstâncias socioeconômicas (ONU, 2023).

As Nações Unidas estabeleceram o Objetivo de Desenvolvimento do Milênio 7c, que visava reduzir pela metade o número de pessoas no mundo sem acesso a água segura e estruturas básicas de saneamento até 2015, com base nos dados de 1990. No entanto, é importante reconhecer que esse objetivo foi alcançado apenas parcialmente. De acordo com o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (2023), apesar dos avanços, bilhões de pessoas ainda não têm acesso a água potável e saneamento adequado, destacando a necessidade de continuar os esforços para alcançar o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6, que visa garantir a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos até 2030 (ONU, 2023).

No Brasil, a nova legislação sobre Saneamento Básico, instituída pela Lei nº 14.026/2020, estabelece metas claras para a universalização dos serviços de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgoto até 2033. A expectativa é que, até o final de 2033, 99% da população brasileira tenha acesso à água potável e 90% à coleta e ao tratamento de esgoto. No entanto, é preocupante perceber que uma parte significativa da população ainda enfrenta desafios no acesso à água potável segura, ressaltando a necessidade urgente de continuar trabalhando para melhorar a qualidade e a disponibilidade da água para todos os brasileiros. A Tabela 1 apresenta o histórico das normas de qualidade de água para o consumo humano e do padrão de potabilidade.

Tabela 1. Histórico das normas de qualidade de água para o consumo humano e do padrão de potabilidade.

Normas	Descrições
Decreto Federal 79.367/1997	Foi um marco importante na regulamentação da qualidade da água para consumo humano no Brasil. Este decreto atribuiu ao Ministério da Saúde a responsabilidade de editar normas e estabelecer o padrão de potabilidade da água, bem como fiscalizar e zelar pelo seu cumprimento.
Portaria BSB Nº 561/1997	Essa portaria estabeleceu os critérios e os parâmetros de qualidade que a água destinada ao consumo humano deveria atender para garantir a segurança e a saúde da população. Ela definiu limites máximos permitidos para diversos contaminantes e substâncias presentes na água, como coliformes totais, turbidez, cor aparente, ferro, manganês, entre outros.
Portaria MS/GM Nº 36/1990	foi uma importante regulamentação emitida pelo Ministério da Saúde do Brasil. Esta portaria estabeleceu os padrões de potabilidade da água para consumo humano em território nacional.
Portaria MS/GM Nº 1469/2000	Esta portaria definiu os parâmetros de qualidade que a água destinada ao consumo humano deveria atender, estabelecendo limites máximos permitidos para diversos contaminantes e substâncias presentes na água, como coliformes totais, turbidez, cor aparente, cloro residual livre, entre outros.
Portaria MS/GM Nº 518/2004	portaria também estabelece procedimentos e diretrizes para o controle e vigilância da qualidade da água, incluindo requisitos para monitoramento, amostragem, análise e avaliação da água em sistemas de abastecimento público.
Portaria MS/GM Nº 2914/2011	É uma normativa emitida pelo Ministério da Saúde do Brasil que estabelece os procedimentos e diretrizes para controle
	vigilância da qualidade da água para consumo humano
	Anexo VII da Portaria MS nº 2914/2011: Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde
Portaria MS/GM N º 888/2021	Estratégia para o Processo de Revisão da Norma: Planejamento das atividades; Desenvolvimento do trabalho; Disponibilização para consulta pública.

Fonte: Paulo R. G. Barrocas – DSSA/ENSP- Fiocruz.

Com base na Tabela 1, observa-se que a evolução das normas de qualidade da água no Brasil começou com o Decreto Federal 79.367/1977, que estabeleceu fundamentos gerais. Avanços significativos ocorreram com a Portaria MS/GM Nº 36/1990 e a Portaria BSB Nº 56/1997, que definiram parâmetros para contaminantes microbiológicos. A Portaria MS/GM Nº 1469/2000 focou em

contaminantes químicos, aumentando a conscientização sobre riscos à saúde. A Portaria MS/GM Nº 518/2004 introduziu vigilância ativa com coletas periódicas. Por fim, a Portaria GM/MS Nº 888/2021 trouxe inovações, ampliando limites de contaminantes e aprimorando a gestão de emergências, adaptando-se a preocupações ambientais e reforçando a segurança do abastecimento de água potável.

A evolução das portarias revela um amadurecimento nas regulamentações, passando de normativas gerais para políticas integradas que combinam vigilância, gestão de riscos e inovações. Cada fase reflete mudanças sociais, econômicas e ambientais, destacando a regulação como um processo dinâmico essencial para a saúde pública. A Portaria MS/GM Nº 2914/2011 representa o estágio mais avançado, mas desafios persistem diante de novas ameaças.

2.3 Noções sobre Abastecimento Público

O sistema de abastecimento de água é crucial para a saúde pública, pois a qualidade da água depende do tratamento e da infraestrutura de saneamento. Um sistema eficiente, desde a captação até a distribuição, garante água potável, prevenindo doenças e melhorando a qualidade de vida, conforme destacado pelas Diretrizes da OMS para qualidade da água potável (WHO, 2022). A gestão dos recursos hídricos e o monitoramento das redes são essenciais para atender as necessidades da população de forma segura e eficaz.

2.4 Qualidade de água e saúde

A saúde ambiental é um ramo da saúde pública que utiliza o conhecimento científico para formular políticas e intervenções relacionadas à interação entre a saúde humana e os fatores ambientais, tanto naturais quanto criados pelo homem. Seu objetivo é melhorar a qualidade de vida e promover a sustentabilidade, considerando como esses fatores determinam, condicionam e influenciam a saúde das pessoas. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2021), a saúde ambiental é essencial para prevenir doenças e promover o bem-estar, especialmente em um contexto de mudanças climáticas e degradação ambiental (OMS, 2021).

O monitoramento da qualidade da água é uma atividade de vigilância e investigação que avalia continuamente a água consumida pela população. Essa prática permite identificar fatores de risco, definir estratégias para melhorar a qualidade da água e acompanhar os impactos das medidas implementadas, garantindo um fornecimento seguro e eficiente. De acordo com o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (2023), o monitoramento contínuo é essencial para prevenir doenças de veiculação hídrica e garantir a segurança hídrica, especialmente em regiões com escassez de água ou infraestrutura deficiente (ONU, 2023).

Água livre de contaminação química e fecal é aquela que cumpre os padrões estabelecidos por normas nacionais e locais. Na ausência dessas normas, as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) sobre a qualidade da água potável são adotadas como referência. De acordo OMS (2022), sobre as diretrizes para a qualidade da água potável, coliformes totais e *Escherichia coli* são os parâmetros indicados para avaliar a qualidade microbiológica da água, sendo amplamente utilizados em relatórios globais e programas de monitoramento (OMS, 2022).

No Brasil, a Portaria GM/MS Nº 888/2021 (Ministério da Saúde, 2021) estabelece que toda água destinada ao consumo humano, exceto águas envasadas e as utilizadas como matéria-prima para produtos, distribuídas coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água. Essa regulamentação reforça a importância de garantir a segurança hídrica e a saúde pública por meio de padrões rigorosos de potabilidade.

De acordo com o Ministério do Desenvolvimento Regional (2021), em 2020, cerca de 175,5 milhões de pessoas no Brasil eram atendidas por um sistema de abastecimento de água completo ou simplificado, correspondendo a um atendimento de aproximadamente 84% da população total residente. No entanto, as diferentes condições socioeconômicas das regiões do Brasil refletem-se nos índices de atendimento, com disparidades significativas entre áreas urbanas e rurais, conforme destacado na Tabela 2.

Tabela 2. Percentual do atendimento por macrorregiões

Áreas	Regiões					
	Norte	**Nordeste**	**Centro Oeste**	**Sudeste**	**Sul**	**Média do Brasil (%)**
Rural	58,9%	74,9%	90,9%	91,3%	91,0%	81,4
Urbana	72,0%	89,7%	98,0	96,1	98,8%	93,3

Fonte: Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), 2021. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

A análise dos índices de abastecimento de água no Brasil revela desigualdades entre áreas urbanas e rurais: 93,3% para urbanas e 81,4% para rurais. Essa diferença se deve a desafios logísticos, geográficos e de infraestrutura nas zonas rurais, que enfrentam menor densidade populacional e custos mais altos.

Norte: Esta região apresenta os menores índices de cobertura, tanto em áreas urbanas (72,0%) quanto rurais (58,9%). A vasta extensão territorial, a presença de comunidades ribeirinhas e as dificuldades de acesso são fatores determinantes que afetam esses resultados.

Nordeste: Embora registre indicadores superiores em comparação ao Norte, a região ainda enfrenta desafios significativos, especialmente nas áreas rurais, onde a cobertura é de apenas 74,9%. Esse cenário é influenciado por condições climáticas adversas e aspectos socioeconômicos.

As regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul apresentam altos índices de cobertura, destacando-se o Sul, com 98,8% de cobertura urbana. A concentração de recursos e investimentos em infraestrutura nessas áreas favorece a distribuição eficiente de água.

Embora a maioria da população brasileira tenha acesso a sistemas de abastecimento de água, isso não necessariamente assegura a qualidade da água consumida, especialmente em locais onde a infraestrutura é deficiente. Problemas no tratamento da água e a ausência de saneamento básico adequado elevam o risco de doenças relacionadas à água, como hepatite A, diarreia, cólera, esquistossomose e febre tifoide. Essas doenças, descritas na Tabela 3, são comumente associadas ao consumo de água contaminada e à precariedade de serviços básicos, afetando, sobretudo, comunidades mais vulneráveis, como as de áreas rurais ou regiões periféricas. Esses dados reforçam a importância de investimentos que promovam a universalização e a qualidade do acesso à água

tratada, conforme descrito no *Relatório de Saneamento Básico de 2023* da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES).

Tabela 3. Principais doenças relacionadas a veiculação hídrica.

Categoria	**Doença**	**Formas de Prevenção**
1 Doenças de transmissão feco-oral	Diarreias	1. Proteger e tratar as águas de abastecimento e evitar uso de fontes contaminadas. 2. Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal, doméstica e dos alimentos
	Febres entéricas	
	Hepatite A	
2 Doenças Transmitidas por inseto vetor	Dengue	1. Combater os insetos transmissores 2. Eliminar condições que possam favorecer criadouros 3. Evitar o contato com criadouros 4. Utilizar meios de proteção Individual.
	Febre Amarela	
	Leishmanioses	
	L. Tegumentar	
	L. Visceral	
	Filariose Linfática	
	Malária	
	Doenças de Chagas	
	Esquistossomose	
3 Doenças Transmitidas através do contato com a água	Leptospirose	Evitar o contato de pessoa com águas infectadas Proteger mananciais Adotar medidas adequadas para a disposição de esgotos Combater o hospedeiro intermediário
4 Doenças relacionadas com a Higiene	Doenças dos olhos	Fornece água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal e doméstica
	Tracoma	
	Conjuntivite	
	Doenças da pele	
	Micoses superficiais	

Fonte: Ministério da Saúde (2020-2021). Boletim Epidemiológico – Doenças Relacionadas à Água. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br.

A Tabela 3 apresentada organiza de maneira didática as principais categorias de doenças associadas ao saneamento básico, à higiene e ao controle ambiental. Cada categoria inclui as relevantes doenças e suas formas de prevenção, enfatizando a importância de medidas integradas, como o fornecimento de água potável, o controle de vetores e a promoção da educação em saúde. Esse formato proporciona uma visão clara e objetiva, facilitando a compreensão das estratégias preventivas essenciais para a saúde pública.

2.5 O Sistema de Abastecimento de Água

O aumento da demanda por água é consequência direta do crescimento populacional e da ampliação dos níveis de consumo, exercendo pressão sobre os mananciais abastecedores. Essa situação amplia as preocupações relativas ao acesso regular à água potável e segura de forma equitativa para toda a população. Um dos fatores que influenciam diretamente a qualidade de vida é o serviço eficiente de saneamento básico, que promove o abastecimento de água tratada e está intrinsecamente ligado à saúde pública.

De acordo com o Ministério da Saúde (2021), o tratamento da água é um conjunto de ações, métodos, procedimentos e técnicas utilizadas para garantir que a água atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS Nº 888/2021. Esse processo remove impurezas e evita a transmissão de doenças de veiculação hídrica, tornando a água segura para consumo. O tratamento é realizado em etapas, cada uma com a finalidade de melhorar a qualidade da água, garantindo um produto que atenda às necessidades dos consumidores (Ministério da Saúde, 2021).

As metas das Estações de Tratamento de Água (ETAs) visam à universalização do abastecimento de água, fornecendo água potável e segura aos domicílios. Isso implica garantir que a água esteja livre de contaminação, disponível em quantidade e qualidade suficientes para atender às necessidades da população de forma equitativa. Além dos padrões de potabilidade, é essencial considerar os critérios de qualidade dos mananciais de água destinados ao abastecimento humano, assegurando que a água tratada não cause prejuízos à saúde dos consumidores.

No Ceará, de acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2023), houve um discreto recuo da seca fraca (S0) na porção central do estado, devido às chuvas acima da média no último mês. No entanto, os impactos da seca são de longo prazo, uma vez que as chuvas acima da média não são frequentes na região. A escassez hídrica, agravada pelo crescimento populacional e pelo incremento das atividades econômicas, compromete a disponibilidade de água nos mananciais. Nesse contexto, a

distribuição de água tratada em quantidade e qualidade adequadas configura-se como um dos pilares do saneamento básico, essencial para a melhoria da saúde da população (FUNCEME, 2023).

O Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) é a operadora responsável pelo maior abastecimento de água em Sobral. Criado em 8 de agosto de 1961, o SAAE atende diretamente a sede do município, com 55.385 ligações de água. Atualmente vinculado à Secretaria de Obras, Mobilidade e Serviços Públicos, o SAAE está em processo de modernização de sua estrutura para atender às demandas de saneamento da população. Compete ao SAAE estudar, projetar e executar obras relativas à construção, ampliação ou remodelação dos sistemas públicos de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, seja diretamente, por meio de contratos com organizações especializadas ou em parceria com outros órgãos estatais.

O sistema de abastecimento de água (SAA) é uma infraestrutura essencial para fornecer água potável à população. Composto por um conjunto de estruturas, equipamentos e processos, o SAA atua de forma integrada para captar, tratar, armazenar e distribuir água aos consumidores finais. O funcionamento eficiente desse sistema é fundamental para garantir o acesso à água potável, promovendo a saúde e o bem-estar da população. Além disso, a água é um recurso vital para o desenvolvimento econômico e social de uma região, já que a falta de acesso à água potável pode gerar graves problemas de saúde, higiene e qualidade de vida.

2.6 Controle da qualidade da água para consumo humano como instrumento de proteção à saúde

O controle da qualidade da água, realizado pelos sistemas de abastecimento e pela vigilância, é fundamental para proteger a saúde dos consumidores. Esse processo envolve etapas essenciais, como a captação, o tratamento, a distribuição da água potável e o monitoramento contínuo da qualidade. A efetividade desse controle depende de um esforço integrado entre os responsáveis pela gestão da água, além de políticas de conscientização, educação e investimentos em infraestrutura. Conforme destacado no Relatório de Saneamento Básico de 2023 da ABES, a relevância do controle rigoroso e das

melhorias constantes no fornecimento de água potável é crucial para garantir a segurança hídrica e a saúde pública (ABES, 2023).

Um conhecimento mais completo sobre a qualidade da água só é possível por meio de procedimentos adequados de controle e vigilância. Esses procedimentos incluem a inspeção da água distribuída e consumida, realizada em frequência adequada e nos pontos mais vulneráveis do sistema. Essa abordagem permite identificar a probabilidade de ocorrências de qualidade indesejável da água, possibilitando a prevenção de episódios negativos e a correção de procedimentos inadequados. A inspeção é realizada mediante análises físico-químicas e microbiológicas, estrategicamente planejadas, para conjuntos de parâmetros de qualidade definidos na legislação relativa aos padrões de potabilidade.

A concepção desse procedimento é probabilística, visando determinar, por meio de amostragens no sistema, o risco à saúde associado à qualidade da água. Essa abordagem permite uma avaliação contínua e sistemática, garantindo que a água fornecida à população atenda aos padrões de segurança e potabilidade estabelecidos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

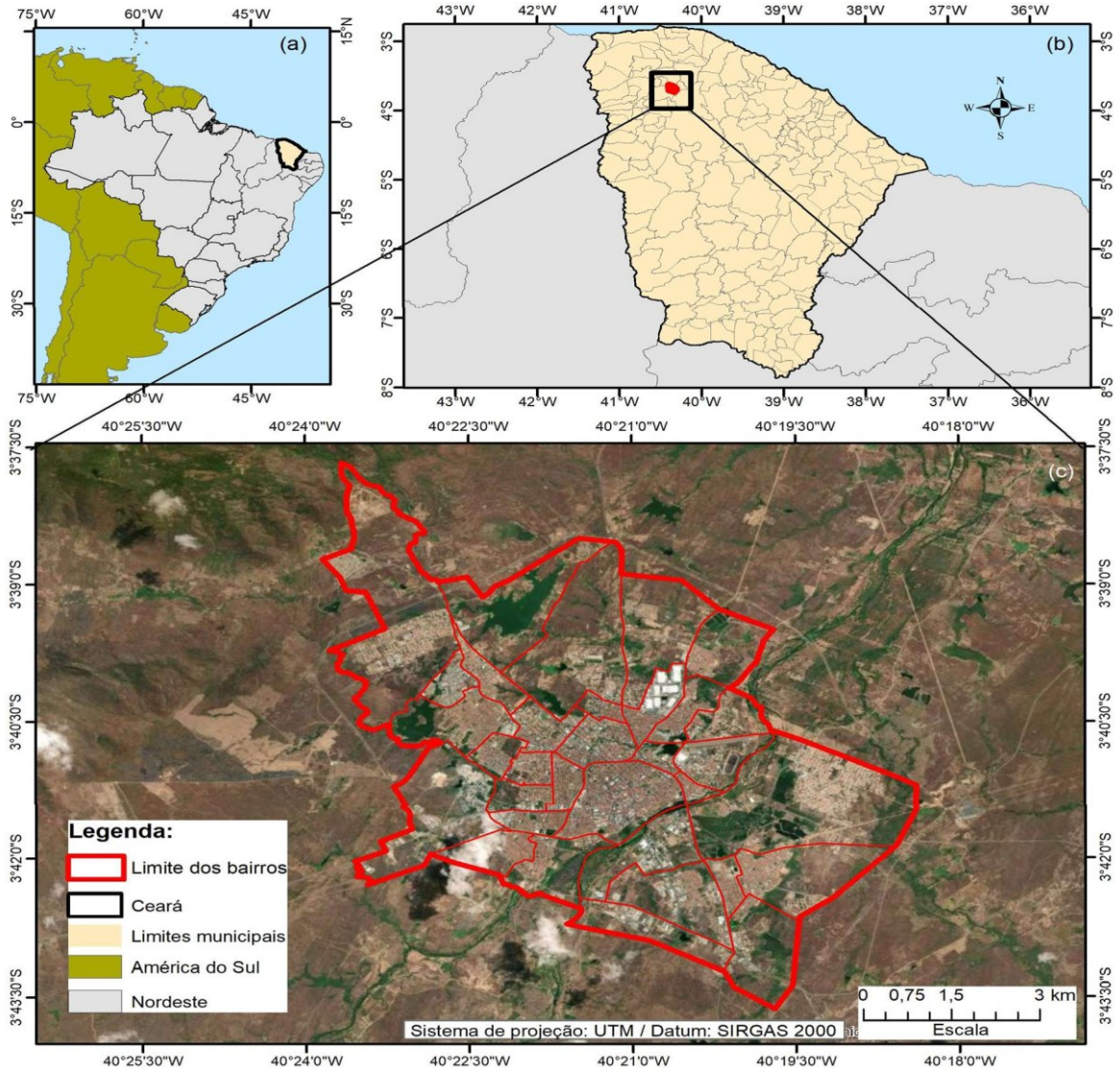
3.1 A área de estudo

O município de Sobral está situado ao norte do Estado do Ceará, a 238 quilômetros de Fortaleza, com acesso rodoviário pelas rodovias BR-222 e CE-178. Localiza-se entre as coordenadas geográficas 3°41′ S e 3°43′ S de latitude, e 40°20′ e 40°22′ O de longitude (Figura 1). Com uma área territorial de 2.068,474 km², Sobral é composto por 16 distritos e sua sede urbana está dividida em 37 bairros. O município faz limite com os municípios de Alcântara, Meruoca, Massapê e Santana do Acaraú ao norte; Cariré, Groaíras, Forquilha e Santa Quitéria ao sul; Miraíma, Irauçuba e Canindé ao leste; e Mucambo e Coreaú ao oeste (IBGE, 2019).

De acordo com o IBGE (2023), Sobral possui uma população estimada de 210.711 habitantes, sendo a quinta cidade mais populosa do Ceará e a segunda maior do interior. O município destaca-se como um importante polo de crescimento e desenvolvimento econômico no interior do estado, consolidando-se como um centro de convergência para os municípios da região Norte. Além disso, Sobral é um dos principais municípios do interior nordestino em termos de exportações, competindo diretamente com a capital Fortaleza nesse aspecto (IBGE, 2021).

Economicamente, Sobral ocupa a quarta posição no estado do Ceará, com um PIB de R$ 25.396,38, e é a terceira maior economia do interior nordestino. Essa relevância econômica, aliada ao seu dinamismo populacional e geográfico, reforça o papel de Sobral como uma Capital Regional, conforme classificação do IBGE.

Figura 1. Localização geográfica e descrição da área do estudo do município de Sobral.



Fonte: Secretaria de Urbanismo, Habitação e Meio Ambiente, Prefeitura de Sobral/CE, Célula de Geoprocessamento (2024).

A cidade de Sobral está localizada no médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Acaraú, que possui uma extensão de 315 km, predominantemente no sentido Sul-Norte. A bacia do rio Acaraú ocupa uma área de 14.423,00 km², correspondendo a 10% do território cearense. Seus principais afluentes são os rios Groaíras, Jacurutu, Macacos e Jaibaras, os quais formam importantes sub-bacias (COGERH, 2022).

Quanto à hidrografia e aos recursos hídricos, as principais fontes de água de Sobral estão inseridas nas bacias dos rios Acaraú e do Litoral. Os principais

afluentes dessas bacias são os riachos Carioca, Madeira, do Mendes, Papoco, Riachão e Santa Luzia, além de outros cursos d'água menores. O município é abastecido por diversos açudes, sendo os mais relevantes na bacia do Acaraú: Mocambinho, Sobral (Cachoeira), Arrebita e Jaibaras, este último de maior porte (CEARÁ, 2023). Na bacia do Litoral, destacam-se os açudes Patos, Santo Antônio do Aracatiaçu e Santa Maria do Aracatiaçu, além do Açude São Pedro Timbaúba, localizado na divisa com o município de Miraíma. Complementam o sistema hídrico de Sobral duas grandes adutoras (Pau D'Arco e Forquilha) e diversos poços tubulares (CEARÁ, 2023).

O abastecimento de água potável em Sobral é constituído por um conjunto de atividades, infraestruturas e instalações que englobam desde a captação até as ligações prediais e os instrumentos de medição. Conforme o Decreto Federal nº 7.217/2010 (art. 4°), esse sistema inclui a reservação, captação e adução da água bruta, o tratamento da água, a adução da água tratada e sua reservação. Atualmente, 97,51% da população de Sobral tem acesso aos serviços de abastecimento de água, refletindo a eficiência do sistema hídrico local (SNIS, 2022).

A Tabela 4 apresenta dados comparativos sobre o consumo médio per capita e a tarifa média de água em três diferentes níveis de análise: município, estado e país. Esses dados proporcionam uma visão sobre a variação no consumo de água e o impacto das tarifas em diversas escalas territoriais. Em relação à tarifa média de água, o município apresenta a menor tarifa de R$ 2,77/m³, seguida pelas tarifas estadual de R$ 4,14/m³ e nacional de R$ 4,91/m³.

Tabela 4. Comparação do consumo e o preço cobrados pela água em Sobral, no Ceará e no Brasil.

Consumo	Município	Estado	País
Consumo médio per capita	124 l/habitantes/dia	137,78 l/habitantes/dia	143,79 l/habitantes/dia
Tarifa média de água	2,77 R$/m³	4,14 R$/m³	4,91 R$/m³

Fonte: IBGE, 2021; SNIS 2021.

O aumento das tarifas com a ampliação da escala territorial sugere uma gestão mais complexa dos recursos hídricos. No nível municipal, os custos tendem

a ser mais controlados devido a uma infraestrutura menor e eficiente, enquanto nos níveis estadual e nacional, tarifas mais altas refletem custos operacionais elevados. A diferença de tarifas indica que municípios com tarifas mais baixas podem ter um consumo maior, embora não necessariamente desperdício. Tarifas mais altas podem ser uma estratégia para manter e expandir a infraestrutura hídrica.

A Tabela 4 revela diferenças significativas no consumo e nas tarifas de água em níveis municipal, estadual e nacional, evidenciando a complexidade da gestão hídrica. Fatores como políticas públicas, infraestrutura e comportamento do consumidor são cruciais para a eficiência no uso da água e na definição das tarifas. Esses aspectos ressaltam a importância de abordagens personalizadas para cada contexto, a fim de assegurar o uso sustentável dos recursos hídricos, promovendo tanto a acessibilidade quanto a eficiência no abastecimento.

Enfatizando a necessidade de estratégias personalizadas para garantir o uso sustentável e eficiente dos recursos hídricos. A Tabela 5 apresenta o percentual e o número de habitantes abastecidos pelo saneamento básico.

Tabela 5. Percentual e o número de habitantes abastecidos pelo saneamento básico.

População atendida com água	População urbana atendida com água	População rural atendida com água
Município: 97,51% 207.141 habitantes	Município: 100% 187.695 habitantes	Município: 78,57% 19.445 habitantes
Estado: 59,74% 5.481.498 habitantes	Estado: 70,82% 5.157.651 habitantes	Estado: 14,52% 323.847 habitantes
País: 84,2% 176.972.501 habitantes	País: 92,13% 156.064.477 habitantes	País: 67,49% 20.908.024 habitantes

Fonte: IBGE, 2021; SNIS 2021.

Os dados indicam uma desigualdade significativa no acesso ao abastecimento de água, especialmente entre as áreas urbanas e rurais, além das variações nos níveis municipal, estadual e nacional. O município se destaca por oferecer um atendimento mais abrangente em ambas as zonas, urbana e rural. Em contrapartida, o estado apresenta índices mais baixos, principalmente entre a

população rural. Esses resultados evidenciam a urgência de implementar políticas públicas específicas voltadas para aumentar a cobertura, especialmente em regiões menos atendidas, como áreas rurais e determinados estados. O objetivo é reduzir disparidades e promover maior equidade no acesso aos recursos hídricos.

3.2 Métodos e procedimentos de coleta de dados

A pesquisa foi realizada para conhecer e entender o abastecimento da sede e distritos do município de Sobral através de revisão da literatura a respeito dos tipos de tratamentos de água. Em seguida iniciou-se uma consulta dos textos técnicos de forma a adquirir as informações pertinentes ao tema para realizar o embasamento do trabalho.

Este estudo utilizou dados de um monitoramento já em andamento, abrangendo o período de 2020 a 2024, a análise incluiu essa série temporal mais extensa para garantir robustez estatística e identificar padrões de longo prazo. As amostras de água foram coletadas semanalmente ao longo dos cinco anos de estudo. O processo de coleta envolveu a preparação prévia, incluindo a organização do roteiro, a calibração dos equipamentos e o preenchimento de uma ficha de campo com informações detalhadas, como endereço e localização geográfica de cada ponto de amostragem. A medição do cloro residual foi realizada in loco, assegurando a precisão e a confiabilidade dos dados coletados.

Os materiais utilizados para a coleta incluíram recipientes esterilizados fornecidos pelo Ministério da Saúde e uma caixa térmica para o armazenamento e transporte das amostras. No momento da coleta, cada recipiente foi devidamente identificado, com preenchimento da ficha com data, horário e preenchimento da análise do cloro, as amostras foram armazenadas na caixa térmica e encaminhadas ao Laboratório Central de Saúde Pública do Ceará (LACEN/CE) para análise.

Durante as atividades de campo, foram realizadas coletas de amostras de água para diferentes finalidades analíticas, conforme ilustrado na Figura 2. A figura documenta: a medição in loco do cloro residual utilizando o equipamento Policontrol, coleta em frascos estéreis para análises bacteriológicas (*co*liformes totais e *Escherichia coli*), e amostra para análises físico-químicas (cor e turbidez).

Figura 2. Coleta de amostras de água frasco bacteriológico e microbiológico.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

3.2.1 Parâmetros analisados

O monitoramento da qualidade da água foi realizado conforme os critérios da Portaria 888/2021, contemplando análises físico-químicas (turbidez, cor e cloro residual) e microbiológicas (coliformes totais e *Escherichia coli*. A Tabela 5 sintetiza os limites máximos permitidos e os fundamentos técnicos de cada parâmetro analisado.

Tabela 6. Parâmetros de potabilidade da água analisados, com valores de referência conforme Portaria GM/MS nº 888/2021

Parâmetro	Objetivo da Análise	Limite Legal (Portaria 888/2021)	Implicações de Valores Fora do Padrão
Turbidez	Avaliar partículas suspensas que interferem no tratamento e indicam contaminação.	Máximo: 5,0 UNT	Compromete a eficácia da desinfecção e sugere contaminação por sólidos.
Cor	Verificar substâncias dissolvidas (matéria orgânica/compostos químicos).	Máximo: 15 uH	Indica possível contaminação ou falhas no tratamento.
Cloro Residual Livre	Garantir desinfecção adequada contra microrganismos patogênicos.	Mínimo: 0,2 mg/L Máximo: 2,0 mg/L	Valores abaixo: risco microbiológico. Valores acima: odor/sabor desagradável.
Coliformes Totais	Indicar contaminação microbiológica geral.	Ausência em 100 mL	Sugere falhas no tratamento ou rede de distribuição, exigindo correções.
Escherichia coli	Identificar contaminação fecal específica.	Ausência em 100 mL	Risco à saúde pública; exige ações imediatas para desinfecção e investigação da fonte.

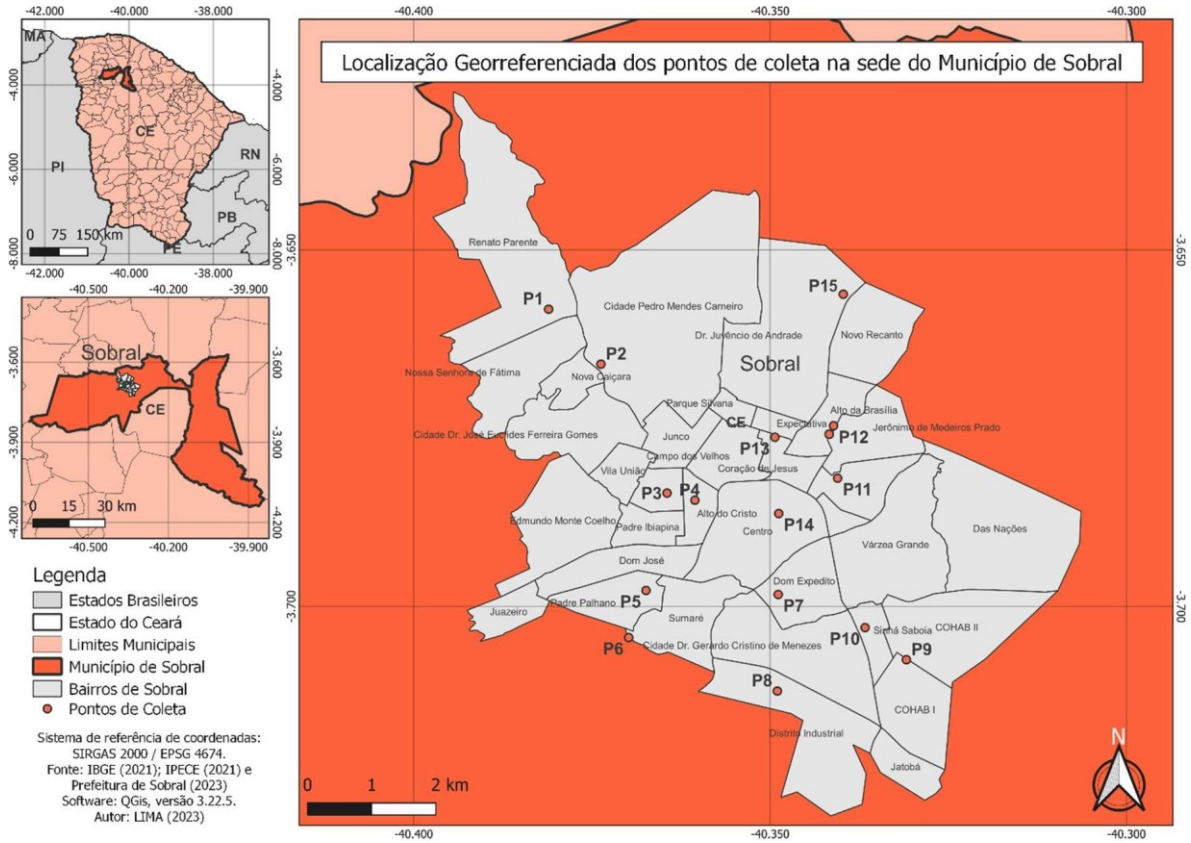
Fonte: Portaria GM/MS nº 888/2021

3.3 Análise e interpretação dos dados

Após a liberação dos resultados pelo LACEN/CE, os dados obtidos foram comparados com os valores de referência estabelecidos na Portaria 888/2021. Essa comparação permitiu uma classificação sistemática das amostras, identificando aquelas que estavam em conformidade com os padrões de potabilidade e aquelas que apresentavam não conformidades.

A Figura 3 apresenta a localização georreferenciada dos pontos fixos de coleta de água na sede do município de Sobral, enquanto a Figura 4 mostra a distribuição desses pontos nos distritos, abrangendo áreas urbanas e rurais, e todas as formas de abastecimento, sejam elas coletivas ou individuais.

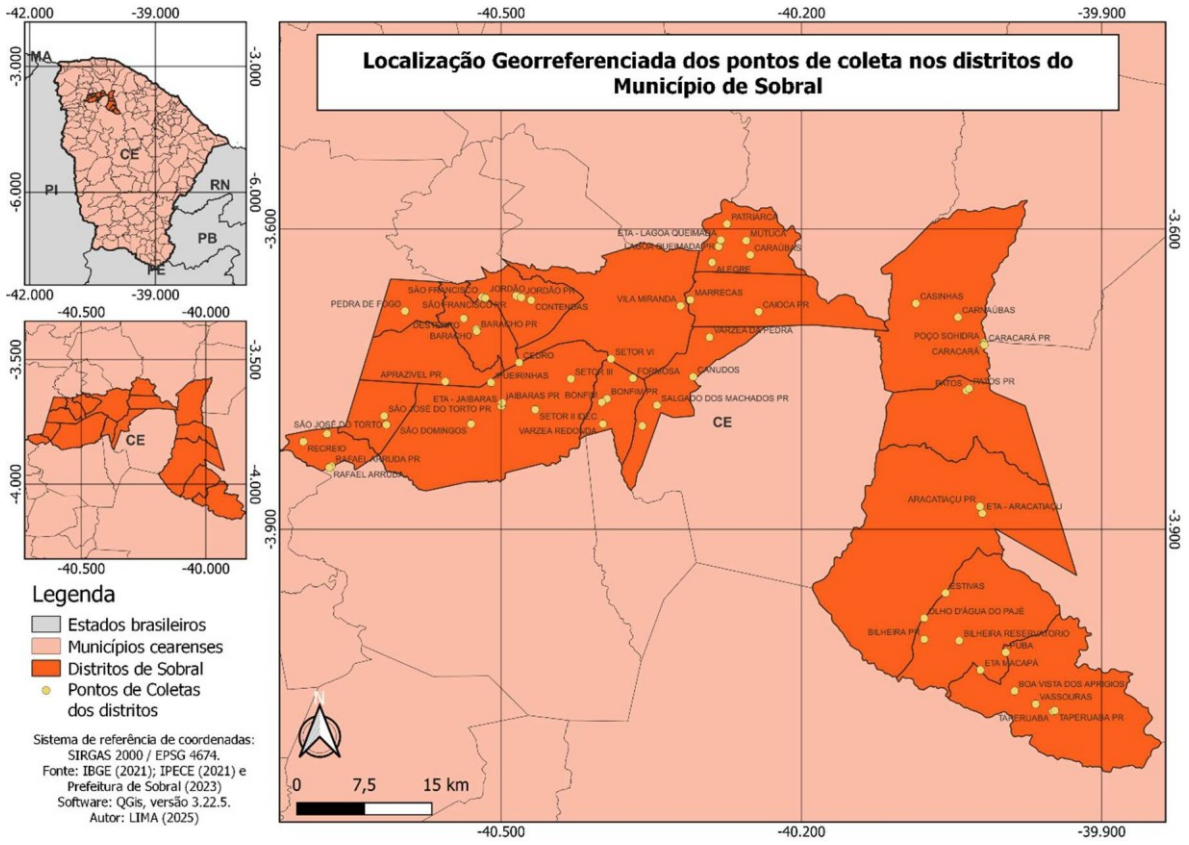
Figura 3. Localização geográfica e pontos de monitoramento da qualidade da água na sede de Sobral/CE.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

O mapa apresenta a localização georreferenciada dos pontos fixos de coleta de água na sede do município de Sobral, monitorados ao longo de cinco anos para análise dos parâmetros de qualidade da água. Os pontos foram distribuídos de forma ampla e estratégica, abrangendo áreas de maior densidade populacional e consumo de água. A distribuição espacial dos pontos permite uma avaliação abrangente da qualidade da água, identificando possíveis áreas críticas e fornecendo subsídios para a gestão do sistema de abastecimento. O mapa foi gerado utilizando o sistema de referência de coordenadas SIRGAS 2000 / EPSG 4674, com base em dados do IBGE (2021), elaborado no software QGIS, versão 3.22.5.

Figura 4. Pontos de monitoramento da qualidade da água nos distritos de Sobral.



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

O mapa dos distritos de Sobral apresenta a distribuição dos pontos fixos de coleta de água, com foco nas áreas de maior população e consumo de água. Os pontos foram estrategicamente localizados para cobrir todas as formas de

abastecimento (urbano, rural e sistemas alternativos), garantindo uma análise abrangente da qualidade da água em todo o município. O monitoramento foi realizado ao longo de cinco anos, permitindo uma avaliação temporal e espacial dos parâmetros de qualidade da água.

3.4 Modelagem da qualidade de água

Para modelar a qualidade de água foi utilizado o Índice de Qualidade de Água (IQA). O IQA é uma ferramenta utilizada para avaliar a qualidade da água com base em vários parâmetros físicos, químicos e biológicos. Existem diferentes métodos para calcular o IQA, mas um dos mais comuns é o método desenvolvido pela National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos. Neste estudo, os parâmetros utilizados para avaliar a qualidade da água foram: Cloro (mg/L), Cor (unidades), e Turbidez (NTU).

Os dados das amostras de água e realização de testes para obter os valores de cada um dos parâmetros selecionados foram obtidos para os pontos distribuídos em Sobral. Cada parâmetro é transformado em um subíndice que varia de 0 a 100, utilizando curvas de qualidade específicas para cada parâmetro. Essas curvas são tabelas ou gráficos que relacionam os valores medidos dos parâmetros a uma escala de qualidade padronizada. O cálculo do IQA foi obtido através da fórmula de média ponderada dos subíndices, onde cada parâmetro tem um peso específico. A fórmula geral é:

$$IQA = \prod_{i=1}^{n} q_i^{w_i} \quad (1)$$

q_i foi obtido considerando a concentração de cada parâmetro, wi corresponde a um peso atribuído ao parâmetro devido à sua importância para a qualidade. A soma dos w_i é igual a um, com base na Equação 2.

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 100 \quad (2)$$

Os valores do IQA geralmente são interpretados conforme a seguinte escala:

- 0-25: Muito Ruim
- 26-50: Ruim
- 51-70: Média
- 71-90: Boa
- 91-100: Excelente

Os subíndices e pesos podem variar dependendo das diretrizes locais e da importância relativa de cada parâmetro. É fundamental usar tabelas de conversão ou curvas de qualidade específicas e reconhecidas para garantir uma avaliação precisa e confiável da qualidade da água. Embora seja possível calcular um índice de qualidade da água com apenas três parâmetros, é importante lembrar que a qualidade da água é influenciada por muitos outros fatores.

3.5 Dados epidemiológicos de doenças de veiculação hídrica

Os dados epidemiológicos referentes ao período de 2020 a 2024 foram obtidos diretamente na Secretaria Municipal de Saúde de Sobral, por meio de acesso autorizado ao Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica (SIVEP), seguindo os protocolos institucionais de compartilhamento de dados, uma plataforma do Ministério da Saúde do Brasil utilizada para coletar, armazenar e analisar dados sobre doenças de notificação compulsória. Entre essas doenças, destacam-se as Doenças Diarreicas Agudas (DDA), que são um importante indicador de saúde pública, especialmente em regiões com condições precárias de saneamento básico.

As DDA são causadas principalmente pela ingestão de água ou alimentos contaminados por agentes patogênicos, como bactérias (E. coli, Salmonella), vírus (rotavírus) ou parasitas (Giardia). Essas doenças são mais comuns em áreas com falta de acesso à água tratada, saneamento básico inadequado e condições precárias de higiene, fatores que facilitam a disseminação de microrganismos.

A análise da tendência temporal dos casos de Doenças Diarreicas Agudas (DDA) no período e local estudado revelou um aumento significativo entre 2023 e 2024, possivelmente associado a eventos climáticos extremos, como enchentes e secas, e à infraestrutura precária de saneamento básico. As enchentes podem ter

contribuído para a contaminação de fontes de água, enquanto as secas podem ter concentrado poluentes e reduzido a disponibilidade de água potável. Além disso, a falta de investimentos em saneamento básico e a insuficiência no tratamento da água agravam o cenário, aumentando a exposição da população a microrganismos patogênicos.

Os dados do SIVEP mostram que as Doenças Diarreicas Agudas (DDA) continuam sendo um desafio para a saúde pública em Sobral, Ceará, e na região Nordeste como um todo. A análise desses dados é essencial para orientar políticas públicas e ações locais, visando reduzir a incidência dessas doenças e melhorar a qualidade de vida da população.

O SIVEP e o Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) são ferramentas essenciais para a vigilância epidemiológica no Brasil, utilizados para notificar e monitorar agravos à saúde, incluindo as doenças de veiculação hídrica. Para operacionalizar a proposta deste estudo, que adota uma abordagem descritiva e contextual, os dados foram extraídos diretamente desses sistemas. Dessa forma, além da análise epidemiológica detalhada do município de Sobral-CE, optou-se pela incorporação de dados em nível estadual. Essa decisão metodológica visa enriquecer a discussão dos resultados, situando os achados locais dentro de um cenário macroepidemiológico. Dessa forma, os dados estaduais funcionam como um pano de fundo analítico, auxiliando na interpretação da magnitude e de possíveis particularidades dos padrões de doença observados no âmbito municipal. Assim segue as descrições das principais doenças.

- Diarreias Infecciosas: Causadas por bactérias (como *Escherichia coli*, *Shigella*, *Salmonella*), vírus (como rotavírus) e parasitas (como Giardia *lamblia* e *Entamoeba histolytica*).

- Hepatites A, B e C: Uma infecção viral do fígado causada pelo vírus da hepatite A, frequentemente transmitida por água e alimentos contaminados.

- Esquistossomose: Causada pelo parasita Schistosoma, que tem caramujos como hospedeiros intermediários e infecta humanos por meio de contato com água contaminada.

- Febre Tifóide e Paratifóide: Causada pela bactéria *Salmonella typhi*, transmitida através da ingestão de água ou alimentos contaminados.

- Nematóides intestinais: Também conhecidos como vermes intestinais ou helmintos, são causados por infecções de diferentes espécies de vermes. Algumas das causas comuns de infecções por nematóides intestinais incluem: Ascaridíase, Ancilostomíase, Tricuríase, Enterobíase, Estrongiloidíase.

Essas doenças são frequentemente associadas a condições de saneamento inadequadas, falta de acesso a água potável e higiene precária. A prevenção envolve medidas como a melhoria do saneamento básico, tratamento adequado da água e práticas de higiene pessoal.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise do sistema de abastecimento de água de Sobral

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) na sede de Sobral é dividido em dois subsistemas delimitados pelo Rio Acaraú. Existe um SAA que abastece a região da Margem Esquerda do rio e outro SAA que abastece a região da Margem Direita do rio. A margem esquerda da cidade de Sobral é abastecida por meio da captação de água do açude Ayres de Sousa e o tratamento é realizado na ETA Sumaré localizado na Rodovia BR-222 com latitude -3.704312° e longitude -40.369624°. ETA Dom Expedito localiza na rua Luís Alberto do Nascimento Barros com latitude -3.697995° e longitude -40.349042° a captação ocorre no rio Acaraú, possui um tratamento de água de lavagem de filtros e decantadores, com sistema de decantação, leito de secagem e reservatório de água de reuso, a qual retorna para o início do tratamento da estação de tratamento de água.

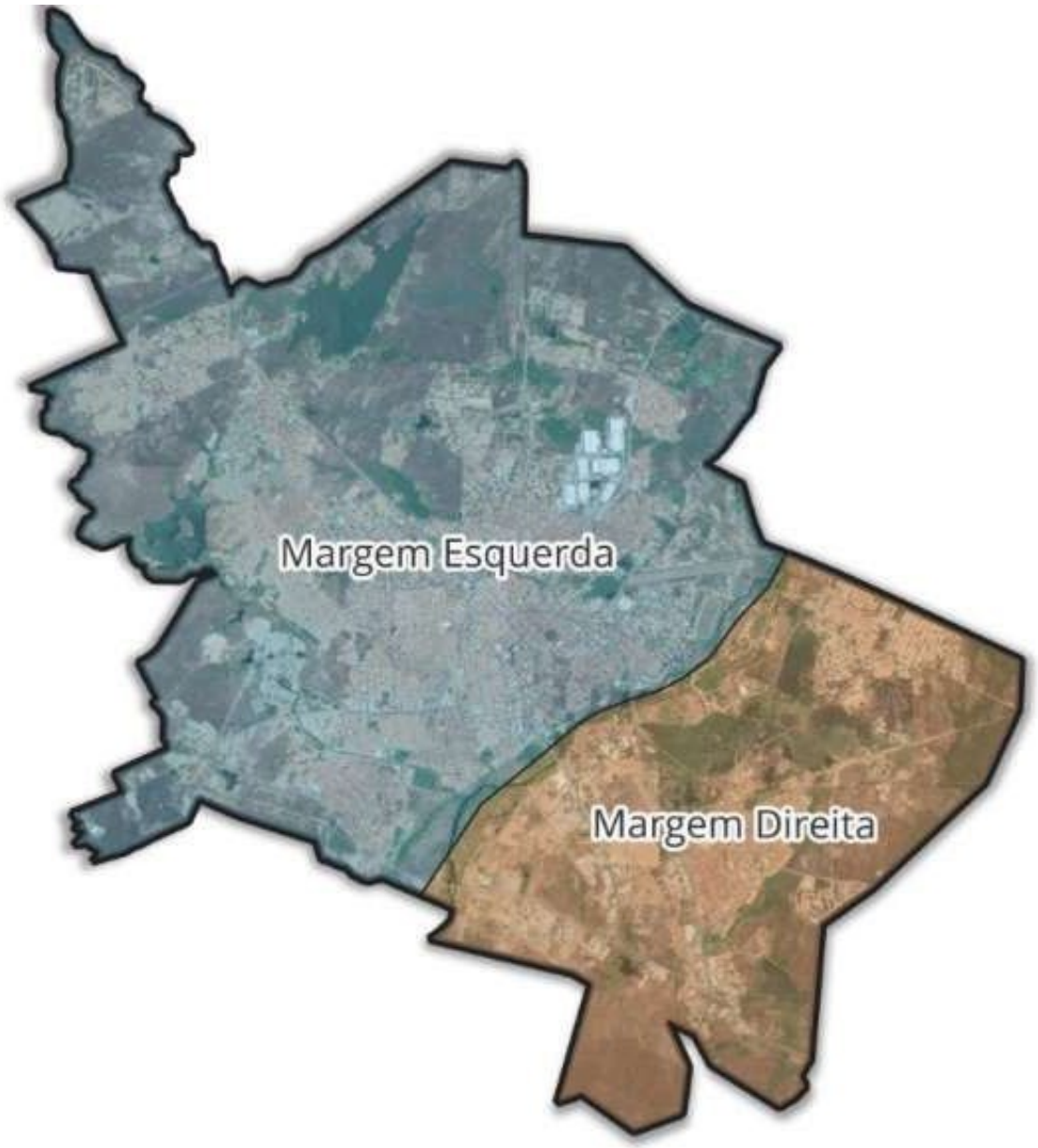
Foi realizada uma busca documental no SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) com o intuito de conhecer os sistemas de operação. Estes levantamentos de dados são elementos fundamentais para o fechamento da pesquisa, permitindo compreender como acontece todo processo de tratamento e distribuição da água. A Figura 5 apresenta o mapa da sede de Sobral e sua divisão, destacando que cada localidade tem sua forma de abastecimento.

A tecnologia utilizada na ETA Sumaré e ETA Dom Expedito é o tratamento convencional (também denominado ciclo completo), utilizada principalmente em razão das variações sazonais das características da água bruta, principalmente na quadra invernosa, interferido na qualidade da água do manancial. Por tratamento convencional entende-se a instalação potabilizadora que apresenta unidades distintas responsáveis pelos processos e operações unitárias inerentes ao tratamento. Quanto ao tratamento da água como é feito esse procedimento de acordo com a pesquisa o processo de tratamento inicia com captação, adução, coagulação, floculação, decantação, filtração, pós-alcalinização, desinfecção e fluoretação, reservação.

Em termos quantitativos, o sistema de abastecimento de água da sede de Sobral é composto por duas Estações Elevatórias de Água Bruta (EEAB), 02 Estações de Tratamento de Água (ETA), 16 Centros de Reservação (CR), 05

Estações Elevatórias de Água Tratada (EEAT), 527 km de Rede de Distribuição de Água (RDA) todavia, a respeito das vantagens do tratamento convencional no atendimento ao padrão de potabilidade, em muitas circunstâncias a unidade potabilizadora opera com filtração direta, nos períodos de estiagem, quando as características da água bruta o permitissem. Dessa forma, verificar-se-ia significativa redução da dosagem de coagulantes e da geração de lodo.

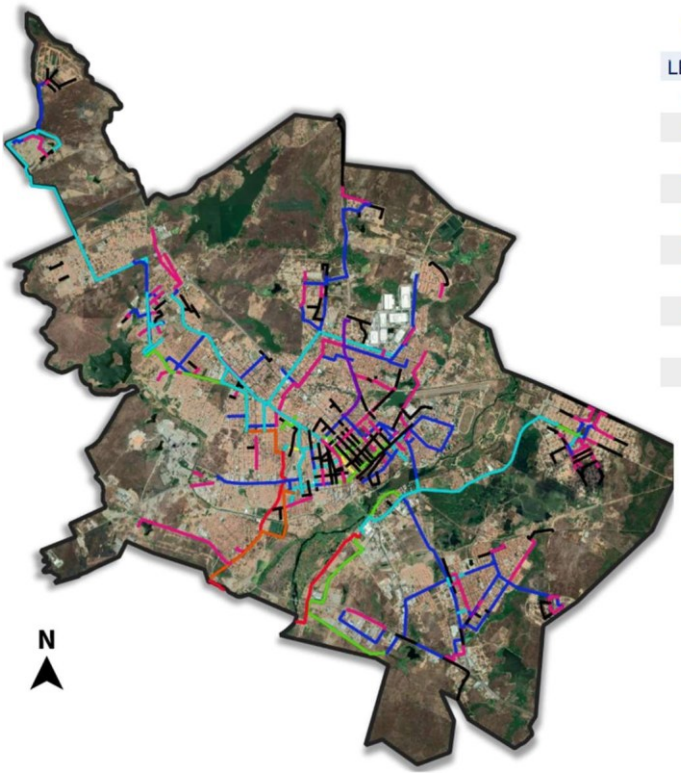
Figura 5. Mapa da sede da cidade de Sobral e sua divisão em áreas hidro geográficas.



Fonte: Secretaria do Urbanismo e Meio Ambiente - SEUMA (2022).

A Figura 6 apresenta a macrorede de distribuição de água, detalhando os diâmetros das tubulações e suas respectivas extensões em metros. Os dados mostram que a rede é composta principalmente por tubos de diâmetros menores, como 50 mm e 75 mm, que somam extensões significativas (219.396 m e 79.926 m, respectivamente). Tubos de 100 mm e 150 mm também possuem grandes extensões (64.853 m e 97.149 m), indicando uma rede ramificada para atendimento localizado. Em contraste, tubos de maior diâmetro (500 mm e 400 mm) têm extensões menores (4.490 m e 3.135 m), sugerindo seu uso em vias principais ou troncos de distribuição. O total de 527.469 m evidencia a abrangência da rede. Essa configuração reflete um sistema projetado para atender demandas diversificadas, com infraestrutura capilarizada para áreas densas e tubulações maiores para transporte de grandes volumes. A predominância de diâmetros menores pode indicar um foco em distribuição local, enquanto os diâmetros maiores são estratégicos para interligações. A legenda organiza os dados de forma clara, facilitando a análise da rede.

Figura 6. Rede de distribuição de água do Município de Sobral.



MACRORREDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

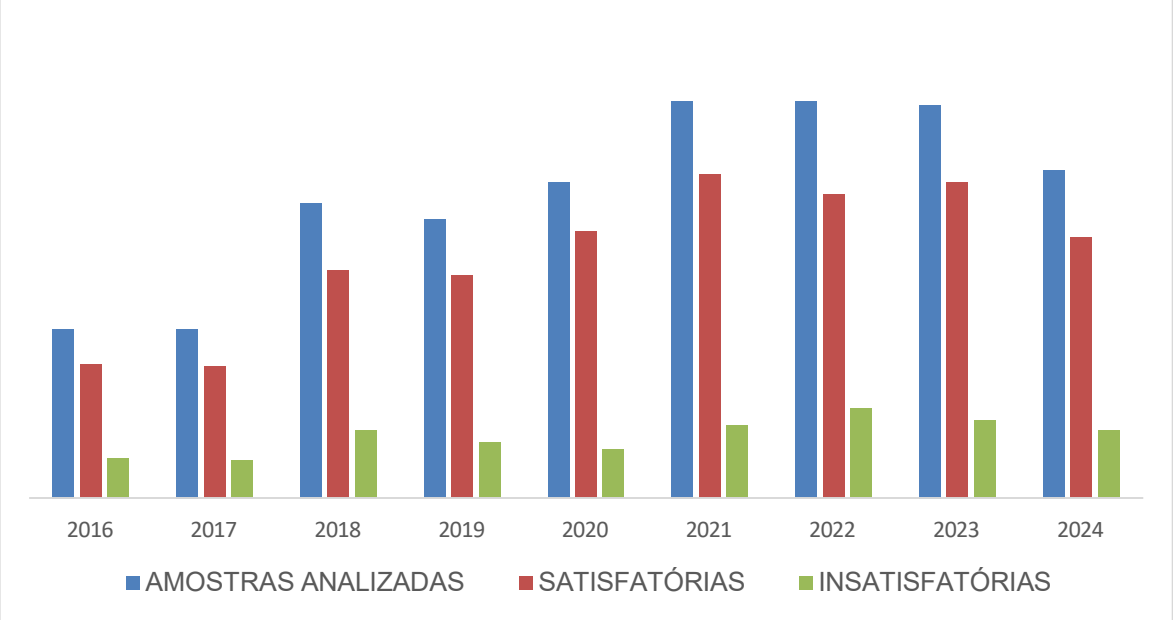
LEGENDA	DIÂMETRO (mm)	EXTENSÃO (m)
	500	4.490
	400	3.135
	300	467
	250	9.435
	200	46.769
	150	97.149
	125	1.849
	100	64.853
	75	79.926
	50	219.396
	TOTAL	527.469

Fonte: Secretaria do Urbanismo e Meio Ambiente - SEUMA (2022).

4.2 Análise dos parâmetros físico-químicos da água

Embora o recorte temporal da pesquisa priorize os anos de 2020 a 2024, a Figura 7 incorpora dados desde 2016 para permitir uma análise comparativa mais abrangente da evolução dos parâmetros de qualidade da água - incluindo *cloro, turbidez, cor, coliformes totais e Escherichia coli*. Essa ampliação do período de análise possibilita identificar tendências e variações nos indicadores ao longo do tempo. É importante destacar que a Portaria GM/MS nº 888/2018 tornou obrigatória a ampliação das análises de *Escherichia coli e coliformes totais* em todos os pontos de coleta, o que explica o aumento significativo no volume total de análises observado a partir de 2018. Essa figura considera o quantitativo geral de todos os parâmetros analisados de cada ano, oferecendo assim uma visão completa da qualidade da água no período investigado.

Figura 7. Resultados das amostras analisadas dos parâmetros de qualidade da água em Sobral entre 2016 e 2024.



Fonte: Célula de Vigilância em Saúde Ambiental, 2024.

O gráfico acima evidencia um crescimento expressivo no volume de amostras analisadas, que passou de aproximadamente 1.500 em 2016 para 3.800 em 2023, com uma leve redução para 3.200 em 2024. Esse incremento, impulsionado principalmente pela obrigatoriedade estabelecida pela Portaria

888/2018 de monitorar *Escherichia cole e coliformes totais* em todos os pontos de coleta, foi acompanhado por uma manutenção nos padrões de qualidade. As amostras satisfatórias mantiveram proporção elevada ao longo do período, representando consistentemente mais de 85% do total, com valores absolutos crescendo de cerca de 1.300 para 3.400 entre 2016 e 2023. m contrapartida, as insatisfatórias oscilaram entre 200 e 400 amostras anuais, sem aumento proporcional ao volume total, mantendo-se abaixo de 10% em todos os anos. O pico de análises em 2023 (3.800 amostras, sendo 3.400 satisfatórias) demonstra a plena implementação da norma, enquanto a leve redução em 2024 (3.200 amostras, com 2.850 satisfatórias) sugere possível otimização no processo. A estabilidade nos índices de conformidade, mesmo com a ampliação da cobertura, reforça a eficácia do sistema de monitoramento pós-portaria.

4.2.1 Parâmetros microbiológicos insatisfatórios

Parâmetros microbiológicos insatisfatórios, como a presença de *Coliformes Totais e Escherichia coli,* indicam contaminação da água por agentes patogênicos, elevando o risco de doenças de veiculação hídrica. Essas contaminações podem causar diarreia, hepatite A, cólera e entre outras afetando principalmente crianças e idosos. O monitoramento contínuo e o tratamento adequado da água são essenciais para prevenir surtos e garantir a saúde pública, evitando impactos graves na qualidade de vida da população. A tabela 07 mostra o quantitativo das amostras de água com presença de *coliformes totais e Escherichia coli* no ano em estudo.

Tabela 7. Quantitativo das amostras de água com presença de *coliformes totais e Escherichia coli* em Sobral.

Ano	Amostras com coliformes totais	Presença de *Escherichia coli*	% *Escherichia coli*	Interpretação
2020	161	58	36%	Contaminação fecal moderada
2021	162	57	35%	Situação estável (similar a 2020)
2022	154	92	57%	Pico crítico - provável falha sanitária grave
2023	123	49	30%	Melhoria significativa pós-crise
2024	125	40	25%	Tendência positiva, mas vigilância necessária

Fonte: Célula de Vigilância em Saúde Ambiental, Secretaria da Saúde.

O percentual foi calculado com base nas amostras positivas para coliformes totais. Observou-se uma tendência de redução gradual na presença desses microrganismos, passando de 27% em 2020 para 21% em 2024. No entanto, registrou-se um pico na ocorrência de Escherichia coli em 2022, atingindo 57%. A Tabela 8 apresenta uma análise dos padrões de contaminação microbiológica em diversas localidades monitoradas. Classifica as áreas de acordo com a frequência de ocorrência de *coliformes totais e escherichia coli*, organizando-as em ordem decrescente os casos de mais às menos contaminadas.

Tabela 8 Frequência de Contaminação por *Coliformes Totais e Escherichia coli* por área.

Localidade	2020	2021	2022	2023	2024	Total
Ouro Branco	✓ (08)	✓ (09)	✓ (09)	✓ (08)	✓ (10)	44
Recreio	✓ (08)	✓ (09)	✓ (09)	✓ (07)	✓ (10)	43
Pedra de Fogo	✓ (07)	✓ (07)	✓ (08)	✓ (08)	✓ (09)	39
Rafael Arruda	✓ (04)	✓ (02)	✓ (10)	✓ (05)	✓ (14)	35
Setor III	✓ (05)	✓ (08)	✓ (08)	✓ (05)	✓ (04)	30
Carnaúbas	✓ (04)	✓ (06)	✓ (06)	✓ (06)	✓ (05)	27
Setor VI	✓ (5)	✓ (4)	✓ (04)	✓ (05)	✓ (09)	27
Formosa	✓ (01)	✓ (05)	✓ (09)	✓ (05)	✓ (06)	26
Pedra Branca	✓ (07)	✓ (09)	✓ (05)	✓ (02)	✓ (03)	26
Aprazível	✓ (6)	✓ (8)	✓ (08)	(01)	✓ (02)	25
Poço Sohidra	✓ (4)	✓ (4)	✓ (04)	✓ (05)	✓ (05)	22
Lagoa Queimada	✓ (03)	✓ (8)	✓ (03)	✓ (04)	✓ (04)	22
Renato Parente	✓ (06)	✓ (10)	✓ (02)	✓ (02)	✓ (02)	22
Vila Miranda	✓ (07)	✓ (9)	✓ (04)		✓ (01)	21
Marrecas	✓ (8)	✓ (7)	✓ (03)	(✓01)		19
São Domingos	✓ (04)	✓ (6)	✓ (02)	✓ (03)	✓ (03)	18
Olho D'água do Pajé	✓ (05)	✓ (01)	✓ (01)	✓ (01)	✓ (06)	18
São José do Torto	✓ (5)	✓ (01)	✓ (05)	✓ (02)	✓ (04)	17
Alegre	✓ (04)	✓ (5)	✓ (02)	✓ (03)	✓ (03)	17

Bonfim	✓ (03)		✓ (05)	✓ (07)	✓ (02)	17
Casinhas	✓ (02)	✓ (4)	✓ (03)	✓ (03)	✓ (03)	15
Vassouras	✓ (01)		✓ (04)	✓ (04)	✓ (06)	15
Salgado dos Machados	✓ (05)	✓ (01)	✓ (01)	✓ (03)	✓ (05)	15
Alto do Cristo		✓ (4)	✓ (06)		✓ (04)	14
Taperuaba	✓ (03)			✓ (02)	✓ (08)	13
Contendas	✓ (03)	✓ (03)		✓ (04)	✓ (03)	13
Estivas	✓ (01)	✓ (02)	✓ (03)	✓ (04)	✓ (03)	13
Patriarca	✓ (03)	✓ (03)	✓ (01)	✓ (01)	✓ (04)	12
Baracho	✓ (04)		✓ (01)	✓ (02)	✓ (04)	11
Setor II	✓ (02)	✓ (03)	✓ (04)	✓ (01)	✓ (01)	11
Bilheira	✓ (4)	✓ (01)			✓ (04)	09
Desterro	✓ (02)	✓ (03)	✓ (01)	✓ (02)	✓ (01)	09
Várzea da Pedra	✓ (5)	✓ (03)	✓ (01)			09
Mutuca	✓ (03)	✓ (02)		✓ (01)	✓ (03)	08
Várzea Redonda	✓ (01)		✓ (03)	✓ (04)		08
Caraúbas	✓ (02)	✓ (01)	✓ (03)		✓ (01)	07
Jordão	✓ (02)		✓ (02)	V (02)	✓ (01)	07
São Francisco			✓ (01)	✓ (02)	✓ (03)	06
Patos	✓ (01)	✓ (4)				05
Cedro		✓ (02)		✓ (02)	✓ (01)	05
Caracará	✓ (03)	✓ (02)				05
COHAB III			✓ (04)			04
Padre Palhano			✓ (04)			04
ETA Lagoa Queimada	✓ (04)					04
Alto da Brasília		✓ (02)			✓ (02)	04
Boa Vista dos Aprigio	✓ (01)				✓ (02)	03
Caioca		✓ (03)				03
Sinha Saboia		✓ (03)				03
Puba	✓ (01)				✓ (01)	02

Fonte: Célula de Vigilância em Saúde Ambiental, Secretaria da Saúde, 2025

Ouro Branco lidera o ranking com 44 ocorrências no período de cinco anos, seguido por Recreio (43) e Pedra de Fogo (39). Esses resultados evidenciam a necessidade de atenção especial para essas localidades, que apresentaram contaminação persistente ao longo de todos os anos analisados.

Chama particular atenção o caso de Rafael Arruda, que embora ocupe a quarta posição (35 ocorrências), demonstrou uma progressão preocupante, com um aumento de 250% nos casos entre 2020 e 2024. Por outro lado, localidades como Marrecas mostraram uma redução significativa, saindo de 8 casos em 2020 para nenhum registro em 2024.

2020 - Linha de Base - O ano de 2020 revelou um cenário preocupante, as localidades abastecidas por poços sem tratamento apresentaram os piores índices: Ouro Branco (8 amostras), Poço Sohidra (4) e Carnaúbas (4). Já as áreas com sistema de tratamento (Pedra de Fogo, Rafael Arruda e Renato Parente) mostraram contaminação moderada (4-7 amostras), indicando possíveis falhas pontuais no processo de purificação.

2021 - Estabilidade Relativa o período manteve-se o padrão de 27% de contaminação (162/630 amostras), com *Escherichia coli* presente em 35% dos casos. Renato Parente, apesar do tratamento, registrou o maior número absoluto (10 amostras), enquanto Rafael Arruda apresentou apenas 2 contaminações - seu melhor desempenho no período. Os sistemas por poço continuaram críticos, especialmente Ouro Branco (9 amostras) e Carnaúbas (6), confirmando a vulnerabilidade dessas localidades.

2022 - Ano Crítico destacou-se negativamente: embora os *coliformes totai*s tenham caído para 25% (154/629), a presença de *Escherichia coli* saltou para 57% (92 amostras). Rafael Arruda (10 amostras) e Formosa (9) tiveram picos alarmantes, sugerindo falhas sistêmicas no tratamento. Marrecas, que ainda não tinha tratamento na água, reduziu para 3 amostras contaminadas, enquanto Vila Miranda (4 amostras) começava a mostrar os benefícios da transição para o sistema tratado.

2023 - Início da Melhoria os indicadores melhoraram significativamente: apenas 20% das amostras (123/636) estavam contaminadas, com *Escherichia coli* em 30% delas. Pedra de Fogo (5 amostras) e Renato Parente (2) demonstraram a

eficácia do tratamento contínuo. Vila Miranda, agora com tratamento na água, não registrou nenhuma contaminação - marco importante. Porém, Rafael Arruda voltou a crescer (5 amostras), e Bonfim (7 amostras) surgiu como novo ponto de atenção.

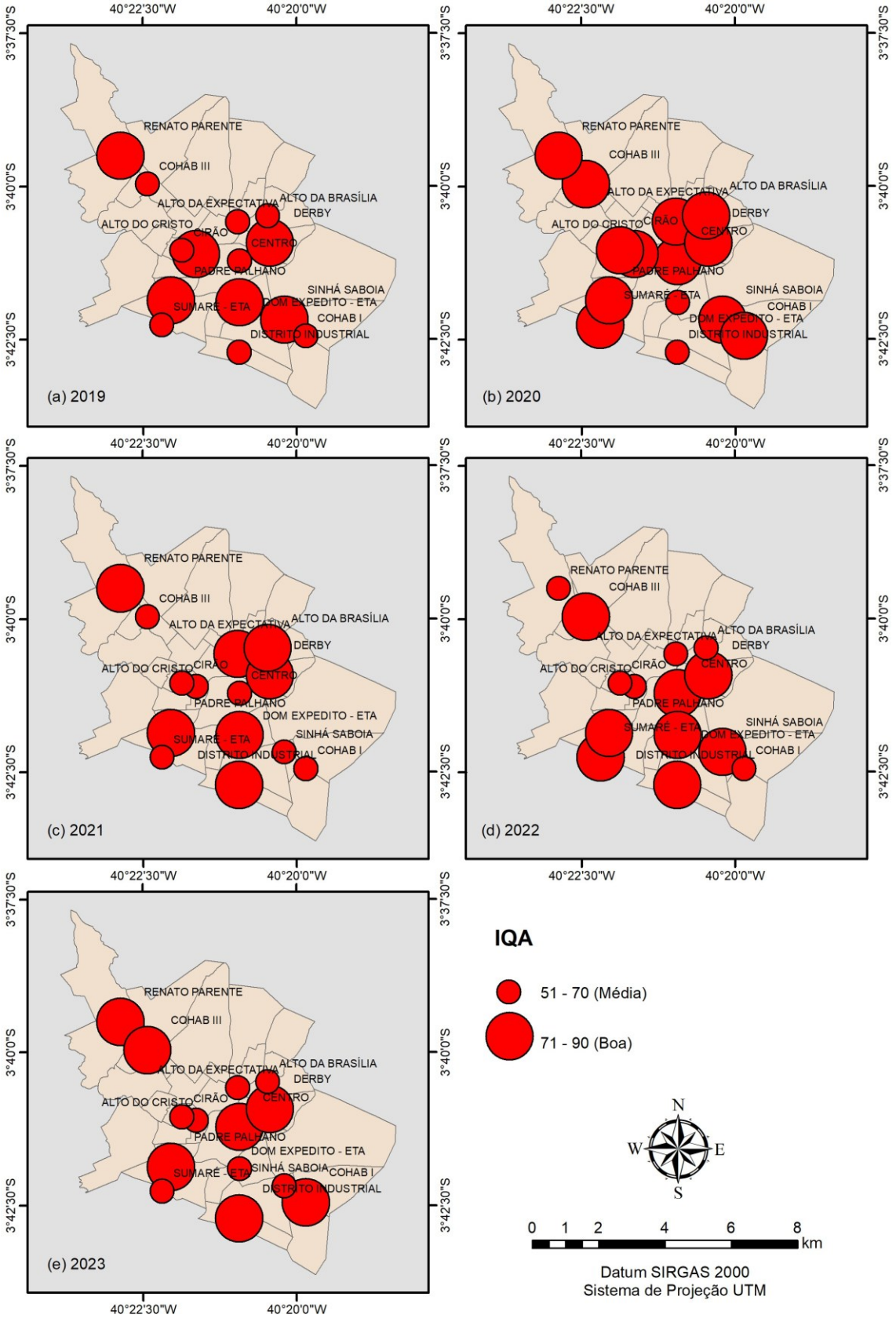
2024 - Consolidação das Intervenções O último ano analisado mostrou a consolidação das melhorias: 21% de contaminação (125/611), com apenas 25% de *Escherichia coli*. Os casos de sucesso foram notáveis: Marrecas (zero amostras após tratamento da água) e Vila Miranda (1 amostra). Por outro lado, Ouro Branco (10 amostras) manteve sua vulnerabilidade, enquanto Rafael Arruda (14 amostras) exigirá investigação urgente. Taperuaba (8 amostras após anos sem registros) emergiu como nova área crítica, possivelmente requerendo intervenções específicas.

4.3 Análise da distribuição espacial da qualidade da água em Sobral

As Figuras 8a−e mostram os resultados da modelagem do IQA para a cidade de Sobral em (a) 2019, (b) 2020, (c) 2021, (d) 2022, e (e) 2023. A Figura 13a para o ano de 2019 mostra que os pontos Renato Parente, Cohab III, Alto da Brasília e Sinhá Saboia apresentam valores de IQA entre 71 e 90 (Boa). Outras áreas como Centro, Padre Palhano e Distrito Industrial têm valores de IQA entre 51 e 70 (Média). A Figura 8b que mostra os resultados para o ano de 2018, as áreas com IQA Boa (71-90) parecem ter se expandido um pouco mais, incluindo agora Alto da Expectativa e Derby, enquanto os pontos Centro e Padre Palhano continuam na faixa Média (51-70). Na Figura 08c (ano de 2021), os valores de IQA Boa (71-90) são predominantemente maiores, com mais áreas tendo boas condições de qualidade da água. A região de Cohab III agora apresenta um valor Médio (51-70).

Para o ano de 2022 (Figura 8d), a distribuição de áreas com IQA Boa continua semelhante ao ano anterior, com Centro e Padre Palhano mantendo-se na faixa Média. Algumas áreas como Sinhá Saboia apresentam uma melhoria no IQA. Para o ano de 2023 (Figura 8e) há uma continuidade das tendências dos anos anteriores, com uma boa parte das áreas mantendo-se na faixa de IQA Boa (71-90). Algumas regiões como Padre Palhano ainda permanecem na faixa Média.

Figura 8. Índice de qualidade de água para a cidade de Sobral em (a) 2019, (b) 2020, (c) 2021, (d) 2022, e (e) 2023.



Pode-se destacar que os resultados apontam para uma tendência Positiva: Ao longo dos anos, há uma clara tendência de melhoria na qualidade da água em várias regiões, com mais áreas apresentando IQA na faixa de 71-90 (Boa). Áreas Consistentes: Algumas regiões, como Centro e Padre Palhano, mantêm-se na faixa Média (51-70) ao longo dos anos, sugerindo que essas áreas podem precisar de mais atenção para melhorar a qualidade da água.

No que tange a expansão do IQA Boa, percebe-se uma expansão de áreas com IQA Boa sugere um sucesso nas políticas e intervenções destinadas a melhorar a qualidade da água. Essas observações fornecem uma visão geral da distribuição e das mudanças no IQA ao longo dos anos nas diferentes regiões apresentadas na imagem.

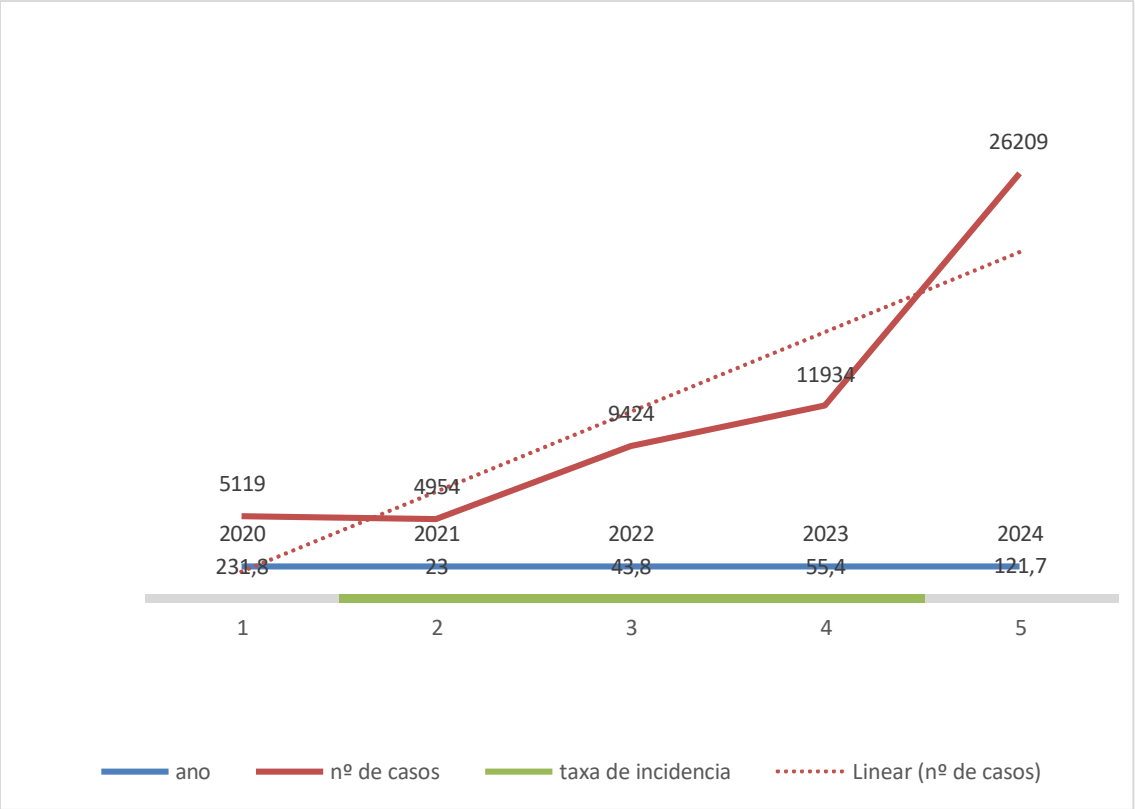
4.4 Análise da incidência e identificação de padrões epidemiológicos de doenças de veiculação hídrica

O monitoramento da qualidade da água para consumo humano é fundamental para prevenir doenças de veiculação hídrica. A presença de parâmetros microbiológicos insatisfatórios como *coliformes totais* e principalmente *Escherichia coli*, indica contaminação fecal e um risco elevado de transmissão de patógenos. A análise da incidência dessas doenças e a identificação de seus padrões epidemiológicos permitem correlacionar surtos com a degradação da qualidade da água, destacando falhas no saneamento. Dessa forma, a vigilância sistemática de indicadores microbiológicos não apenas aponta áreas críticas, mas também embasa políticas públicas sanitárias mais eficazes, reduzindo a carga de infecções associadas à água contaminada.

Os dados disponíveis sobre os casos de diarreia no município de Sobral/CE referem-se a quantitativos totais, sem divisão por bairros ou distritos. Essa limitação dificulta uma análise mais detalhada e localizada da situação, mas ainda permite uma visão geral da tendência e do impacto da doença na população como um todo. Apesar da falta de desagregação, os dados totais revelam um cenário preocupante, com um aumento significativo no número de casos ao longo dos últimos anos. Essa

tendência sugere a necessidade de investigações mais aprofundadas e ações estratégicas para identificar as áreas mais afetadas e as possíveis causas do problema. A Figura 9 ilustra a evolução temporal dos casos de doenças diarreicas, conforme registros de notificação compulsória do SINAN, no período de 2020 a 2024.

Figura 9. Evolução dos Casos de Diarreia no Município (2020-2024).



Fonte: Secretaria Municipal de Saúde de Sobral/CE, com dados do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), Ano de acesso: 2025.

Os casos de diarreia no município aumentaram significativamente, passando de 5.119 para 26.209 casos. A taxa de incidência também apresentou um crescimento expressivo, de 23,8 para 121,7 casos por 1.000 habitantes, fórmula da taxa de incidência.

$$Tx = \frac{CD \times Fe}{P} \qquad (3)$$

Onde Tx é a taxa de Incidência (número de casos da doença), CD é o número de casos da doença, Fe é o fator de escala, e P é a população total.

Os números gerais representam um aumento de mais de 400%. Esse crescimento expressivo pode estar associado a fatores como a falta de saneamento básico, a contaminação da água por *coliformes totais e Escherichia coli*, eventos climáticos extremos, como secas ou chuvas intensas, que afetam a qualidade da água e a disseminação de doenças.

Outro fator importante a ser considerado é a possível subnotificação de casos. Muitas pessoas com sintomas leves de diarreia podem não procurar atendimento médico, o que significa que os números reais podem ser ainda maiores. Além disso, a falta de dados desagregados por bairro ou distrito pode mascarar desigualdades locais, onde algumas áreas podem estar enfrentando problemas mais graves do que outras. Portanto, é fundamental implementar sistemas de vigilância epidemiológica mais robustos, capazes de coletar e analisar dados de forma mais detalhada e precisa.

Recomenda-se, portanto, a implementação de um sistema de monitoramento mais detalhado, que permita identificar as áreas mais críticas e direcionar recursos de forma estratégica. Enquanto isso, ações gerais de melhoria do saneamento básico, educação em saúde e monitoramento da qualidade da água são essenciais para reduzir a incidência de diarreia e proteger a saúde da população.

A diarreia aguda é frequentemente causada pelo consumo de água contaminada por bactérias, vírus ou parasitas. Todas as localidades com altos índices de coliformes totais e *Escherichia coli* insatisfatórios estão potencialmente em risco de surtos de diarreia, como evidenciado pelos 26.209 casos registrados em Sobral em 2024.

A Tabela 9 a seguir apresenta outras incidências de doenças de veiculação hídricas identificadas na região no marco temporal dos últimos 05 anos. Os dados revelam a variação anual dessas enfermidades, permitindo identificar o ano de maior ocorrência e subsidiar ações de prevenção.

Tabela 9. Situação epidemiológica das doenças por veiculação hídrica por localidade, com percentual de casos e classificação de risco (2020-2024).

Local	Ano	Tx.	Tx-C	Tx-G	Lp	Es	População	Total de casos	% Total	Situação	Observação
Caioca	2021	1					1.258	5	0,40%	●	Casos diversificados
	2022		1	2							
	2023			1							
São José do Torto	2022			1	1		1.561	6	0,38%	●	Maior incidência geral
	2023			1							
	2024			1							
	2024		1								
Salgado dos Machados	2020	1					1.578	5	0,32%	●	Alta concentração de Tx-G
	2022			1	1						
	2023			1							
	2024			1							
Aprazível	2020	4	1				4.444	12	0.27%	●	Surto de Tx em 2020. Alta incidência. Crítico.
	2021	1		1							
	2022		2	1							
	2023			1							
	2024				1						
Patriarca	2021	1	1				2.745	4	0.146%	⬭	Tx-C/Tx-G
	2022			1							
	2023			1							
Bonfim	2020	2	1				2.051	3	0,15%	⬭	elevada em Tx.
Centro	2020	1					9.113	13	0,14%	⬭	Pico de Tx-G em 2023, monitorar gestantes.
	2021	3									

	2022	1		1	1						
	2023	1		5							
	2024				2	1					
Alto da Brasília	2020	1	1				5.742	8	0,14%		Casos esparsos (Tx e Tx-C). Situação controlada
	2021	1	1								
	2022				1						
	2023			1							
	2024			2							
Alto do Cristo	2020	2	1				4.882	12	**0.25%**		Limite crítico **Tx-G**
	2021										
	2022	1		2							
	2023			2							
	2024		1	2	1						
Jaibaras	2020	2					6.690	8	0.12%		Tx. (0.07%)
	2021	3	1	1							
	2024		1								
Nova Caiçara	2020		1				5.767	7	**0,10%**		surto de Tx-G em 2024 Monitorar.
	2023			1							
	2024	1	1	3							
Vila União	2022			1			6.093	7	**0.115%**	M 	Investigar Tx-G e Tx-C
	2023	1	1	1							
	2024		1	2							
Aracatiaçu	2021	1					5.320	5	0,09%		Casos esparsos. Sem padrão de surto
	2022			1							
	2023	1		1							

	2024				1						
COHAB II	2020	1					5.724	5	0,09%		Casos esparsos. Baixa incidência
	2021	1									
	2022			2							
	2023		1								
Sinhá Saboia	2020	3	2				12.442	11	0,09%		Queda de casos após 2020. Situação controlada
	2021	2	1	1	1						
	2022			1							
Terrenos Novos	2020	1					12.252	10	0,08%		Surto de Tx-G em 2022 (3 casos). Monitorar
	2021	1		1							
	2022		1	3	1						
	2023										
	2024		1	2							
Dom Expedito	2022		1	1			3.878	3	0,08%		População controlado.
	2024			1							
Junco	2022				1		8.294	5	0,06%		Casos de Tx-G (2022-2024). Baixo risco.
	2023		1	2							
	2024			1							
Recanto	2022			1			3.597	2	0,06%		Baixíssima incidência
	2023			1							
Sumaré	2020	1					5.841	3	0,05%		Estável
	2021	1									
	2022	1									
Expectativ	2020	2					10.156	5	0,05%		Casos leves (Tx-C e Tx-

	2022		1								G). Baixa incidência.
	2023			1							
	2024			1							
Padre Palhano	2020	1					8.473	3	0,04%		Baixíssima
	2024	1		1							
Coelce	2024		1	1	1		9.017	1	0,01%		Baixíssimo
COHAB III	2020	1					9.482	1	0,01%		Estável
Renato parente	2021	2						2	0,02%		Estável
Bilheira	2021	1					1.521	1	0,07%		Estável

Fonte: Secretaria Municipal de Saúde de Sobral/CE, com dados do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), Ano de acesso: 2025.

Legenda de Status:

- **Crítico**: Surto ativo ou incidência muito alta.
- **Moderado**: Casos concentrados ou em crescimento.
- **Estável**: Baixa incidência e sem padrão de surto.

Legenda: Tx = Toxoplasmose; Tx-C = Toxoplasmose Congênita; Tx-G = Toxoplasmose em Gestante; Lp = Leptospirose; Es = Esquistossomose.

A análise das localidades em estado crítico – que são, em sua totalidade, distritos, revela uma clara hierarquia de risco, baseada na interação entre indicadores epidemiológicos e determinantes sociais. Caioca, com o maior percentual de incidência (0,397%), configura-se como o mais crítico, refletindo a severidade do surto em relação ao tamanho de sua população exposta às precárias condições de saneamento. Em seguida, São José do Torto (0,38%) destaca-se pela maior incidência geral, indicando uma carga elevada de casos absolutos em um ambiente igualmente vulnerável. Salgado dos Machados (0,32%), ainda que com um índice percentual ligeiramente inferior, apresenta um agravante de extrema gravidade: a alta concentração de casos em gestantes (Tx-G), sinalizando que as condições locais são suficientemente severas para afetar grupos de maior vulnerabilidade. Por fim, Aprazível (0,27%) completa o grupo de maior criticidade, tendo registrado um surto inicial expressivo e mantido uma incidência elevada ao longo dos anos. Nesse contexto, as interrupções frequentes no abastecimento comprometem diretamente o tratamento da água, uma vez que a desinfecção é interrompida, resultando na depleção dos níveis de cloro residual. Essa falha no processo permite que a água distribuída não se mantenha tratada, favorecendo a veiculação de agentes patogênicos.

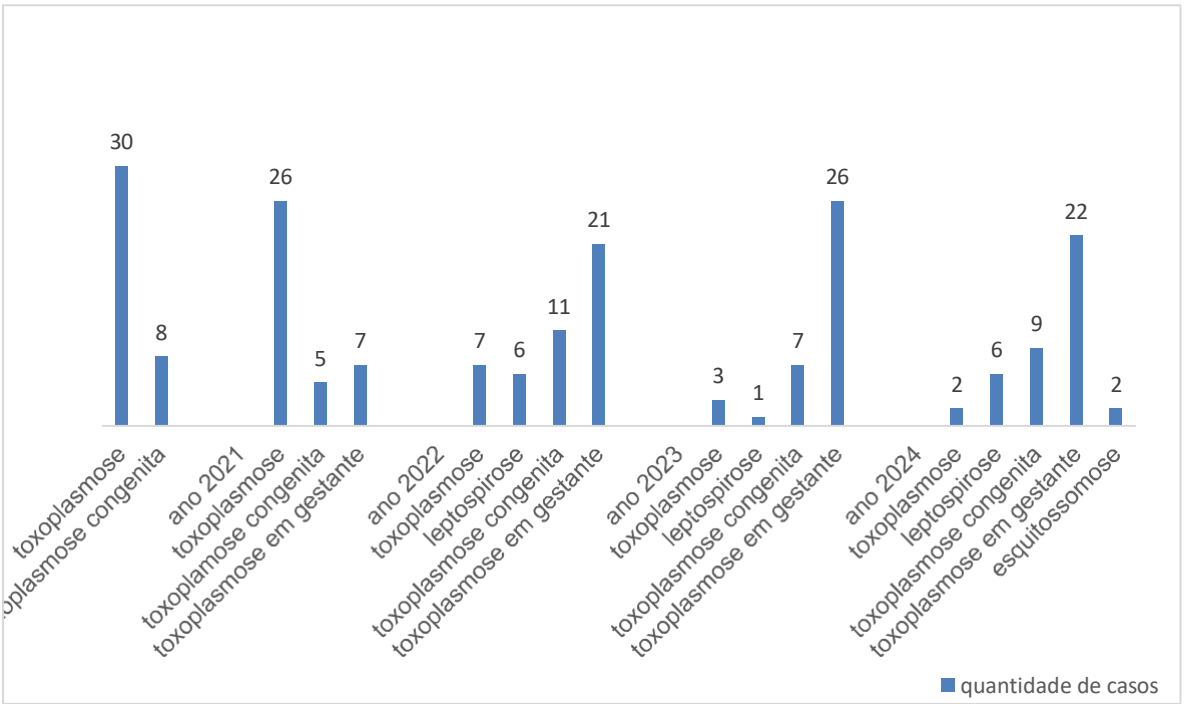
O risco moderado nos distritos como Patriarca e Jaibaras está intrinsicamente ligado a problemas crônicos de infraestrutura. Em Patriarca, a frequente falta de água configura um fator de risco permanente. Jaibaras, por sua vez, apresenta uma trajetória positiva, sugerindo que melhorias localizadas podem mitigar o problema, embora a vigilância permaneça necessária.

Já nos bairros urbanos, como Centro, Alto da Brasília, Alto do Cristo, Nova Caiçara e Vila União, os casos estão provavelmente associados a interrupções pontuais do abastecimento, decorrentes de quebras ou manutenção da rede de distribuição. Tais interrupções, ainda que temporárias, podem comprometer a pressão do sistema e reduzir o residual de cloro, criando janelas de vulnerabilidade para a contaminação da água. Dessa forma, o risco moderado revela-se multifacetado, sendo influenciado por problemas crônicos em distritos e por eventos operacionais agudos em bairros, demandando, portanto, estratégias de vigilância específicas e direcionadas a cada contexto.

A classificação de baixo risco observada em diversos bairros da sede do município – como COHAB II, Sinhá Saboia, Terrenos Novos, Dom Expedito, Junco, Recanto, Sumaré, Expectativa, Padre Palhano, Coelce, COHAB III e Renato Parente – está diretamente associada à sua cobertura por dois sistemas completos de tratamento de água. É importante salientar que mesmo esta infraestrutura robusta não é imune a interrupções pontuais por quebras na tubulação ou manutenção programada. No entanto, a baixa incidência de casos indica que a desinfecção eficaz e a provável agilidade na restauração do serviço criam uma barreira sanitária resiliente, contendo eficazmente os eventuais riscos gerados por essas falhas operacionais pontuais.

O distrito de Aracatiaçu merece destaque particular, pois, mesmo estando fora da sede, apresenta baixíssimo risco devido à notável estabilidade em seu abastecimento, com pouquíssimos registros de problemas. A situação controlada nestas áreas é, portanto, um reflexo direto da eficácia do tratamento, que mesmo sujeito a intercorrências, consegue evitar a propagação de surtos. Figura 10complementa a análise detalhada da Tabela 9, oferecendo uma visão panorâmica da evolução temporal das doenças.

Figura 10. Quantitativo total das doenças 2020 a 2024, no município de Sobral/CE.



Fonte: Secretaria Municipal de Saúde de Sobral/CE, com dados do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), Ano de acesso: 2025.

O levantamento epidemiológico das doenças de veiculação hídrica no período de 2020 a 2024 revela variações significativas na incidência de casos, refletindo uma complexa interação entre fatores ambientais, condições de saneamento básico e a eficácia da vigilância epidemiológica na população estudada.

A toxoplasmose destacou-se como a principal enfermidade, com picos em 2020 (30 casos), 2021 (26 casos) e 2024 (26 casos), indicando um padrão recorrente possivelmente associado ao consumo de água contaminada, manipulação inadequada de alimentos ou exposição a reservatórios ambientais infectados. Além disso, a ocorrência de toxoplasmose congênita em 2022 (7 casos) e 2023 (3 casos) reforça a necessidade de medidas preventivas no acompanhamento gestacional.

A leptospirose, embora menos frequente, apresentou casos em 2022 (6 casos), 2023 (3 casos) e 2024 (2 casos), sugerindo relação com eventos climáticos extremos ou deficiências crônicas em infraestrutura sanitária. Já a esquistossomose, registrada apenas em 2024 (2 casos), aponta para a persistência de focos de transmissão, possivelmente vinculados à presença de hospedeiros intermediários ou ao consumo de água não tratada.

Chama atenção, ainda, o aumento expressivo de toxoplasmose em gestantes em 2022 (11 casos) e 2024 (9 casos), sublinhando a importância do pré-natal adequado e do monitoramento de infecções com potencial de transmissão vertical. Esses achados evidenciam a urgência de políticas integradas que abordem desde a melhoria do saneamento básico até a educação em saúde, visando à redução sustentável dessas doenças na população.

Os dados analisados evidenciam a urgência de políticas integradas que abordem desde a melhoria do saneamento básico até a educação em saúde, visando à redução sustentável dessas doenças na população. A recorrência de certos padrões epidemiológicos reforça a necessidade de vigilância contínua e ações preventivas específicas para cada contexto.

Esquistossomose está diretamente relacionada ao contato com água contaminada por caramujos hospedeiros do parasita Schistosoma. Localidades como Rafael Arruda (1 caso) podem ter corpos hídricos com condições propícias para a proliferação do parasita.

A análise do período 2020-2024 revela três cenários distintos quanto à contaminação da água, a persistência em áreas críticas já conhecidas, o crescimento alarmante em regiões específicas e a drástica redução em localidades que receberam intervenções. Essa variação destaca a relação direta entre a aplicação de medidas de saneamento e a qualidade da água, demonstrando que a contaminação não é um problema estático, mas dinâmico e sensível a ações corretivas.

Este cenário de contaminação tem um impacto direto na saúde pública**,** manifestado principalmente pelo alto número de casos de toxoplasmose. Essa foi a principal enfermidade registrada, com picos em 2020, 2021 e 2024, incluindo casos congênitos e em gestantes que reforçam a gravidade do problema. Doenças como leptospirose, embora esporádicas, e a persistência de baixos índices de esquistossomose indicam uma ligação com alagamentos e infraestrutura sanitária deficiente.

A correlação entre os dois fatores é evidente**:** áreas com alta contaminação por coliformes, como Rafael Arruda, Ouro Branco e Formosa, são justamente as que coincidem com a incidência de toxoplasmose e leptospirose. A vulnerabilidade é mantida onde persistem falhas no saneamento, como água de poços sem tratamento, enquanto locais que receberam investimentos mostraram melhoras progressivas. O aumento de casos em gestantes destaca a urgência de uma vigilância integrada entre saneamento e saúde pré-natal.

Diante dessa relação direta**,** fica clara a necessidade de ações integradas. Expansão do tratamento de água, vigilância epidemiológica para alertas precoces e educação em saúde, especialmente para gestantes e comunidades vulneráveis, são medidas essenciais para interromper o ciclo de contaminação e doença.

4.5 Distribuição temporal de óbitos causados por doenças de veiculação hídrica no Ceará

4.5.1 Óbitos por doenças diarreicas

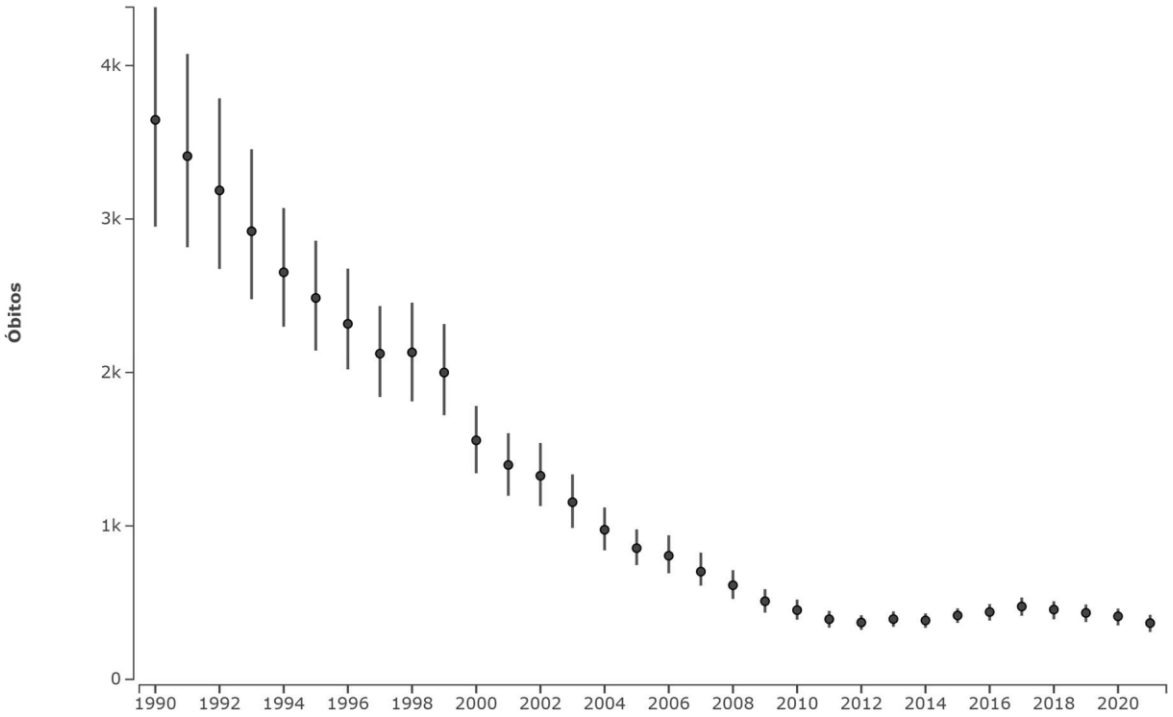
Nas últimas décadas, o Ceará registrou uma redução significativa nos óbitos por doenças diarreicas, reflexo de melhorias no saneamento, acesso à água

tratada e campanhas de conscientização. No entanto, surtos ainda ocorrem, especialmente em regiões com infraestrutura precária. Crianças e idosos são os mais vulneráveis a essas enfermidades, que podem levar à desidratação grave e complicações fatais. Apesar dos avanços, a persistência de casos evidencia a necessidade de investimentos contínuos em saneamento básico, tratamento da água e educação em saúde para prevenir novas mortes evitáveis.

As Figuras 11 e 12 apresentam respectivamente, a variabilidade e a quantidade de óbitos causados por doenças diarreicas no Estado do Ceará entre 1990 e 2021. Na Figura 11 observa-se uma tendência decrescente significativa no número de óbitos ao longo dos anos. Em 1990, o número de óbitos era superior a 4.000, diminuindo consistentemente até 2008, quando os óbitos caem abaixo de 1.000. Após 2008, a taxa de óbitos continuou a diminuir, embora de forma mais gradual, estabilizando-se em um nível baixo a partir de 2010, com menos de 200 óbitos anuais. A redução expressiva destaca o sucesso das intervenções de saúde pública no combate às doenças diarreicas no Ceará.

Os resultados apresentados na Figura 12 mostram uma diminuição de óbitos causados por doenças diarreicas no Estado do Ceará entre 1990 e 2021 de mais de 3000 caso em 1991 para menos de 500 casos em 2020. Esta queda acentuada pode ser atribuída a várias intervenções de saúde pública e melhorias nas condições socioeconômicas e sanitárias. De acordo com Brandt et al. (2015), uma das principais estratégias adotadas foi a ampliação do acesso ao saneamento básico e à água potável. Programas governamentais voltados para a construção de sistemas de esgoto e abastecimento de água contribuíram significativamente para a redução da incidência de doenças diarreicas, pois a contaminação fecal da água é uma das principais fontes dessas infecções. Além disso, campanhas de conscientização sobre higiene pessoal e segurança alimentar desempenharam um papel crucial na prevenção dessas doenças.

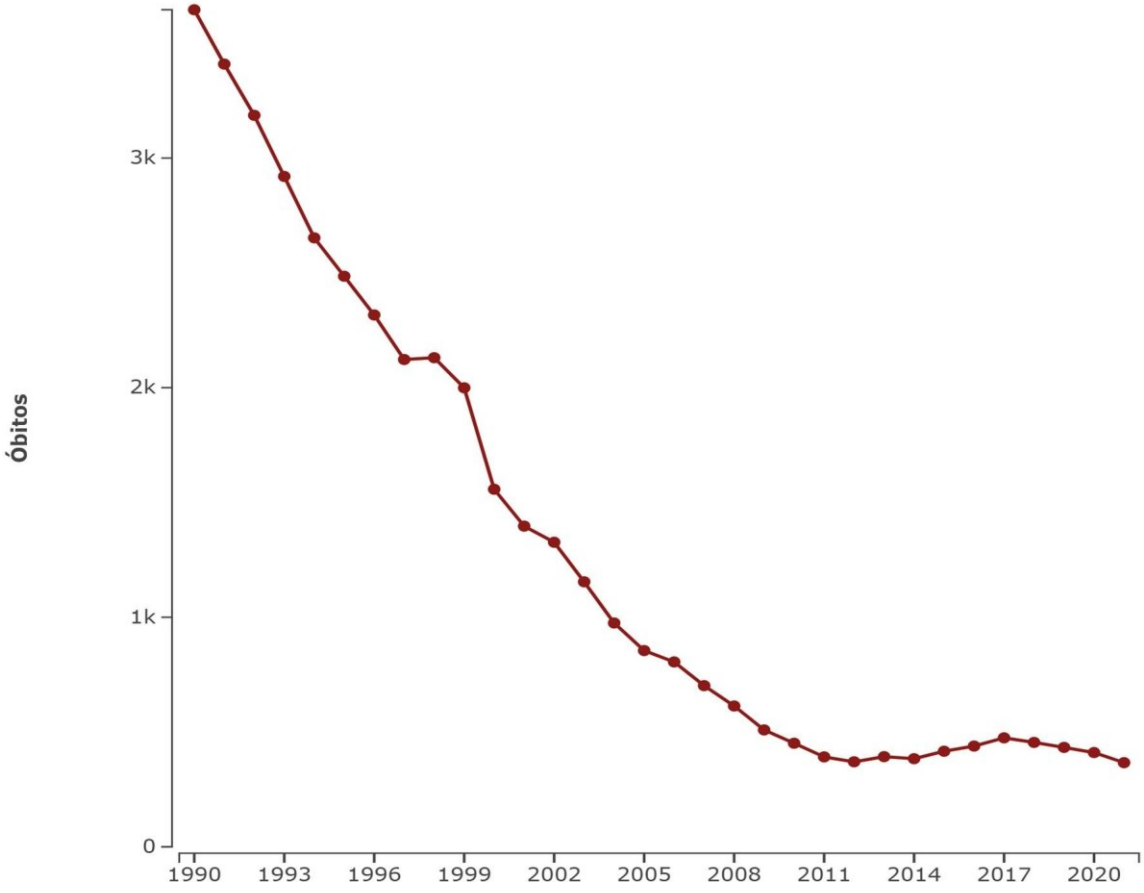
Figura 11. Variabilidade de óbitos totais causados por doenças diarreicas no Estado do Ceará entre 1990 e 2021.



Para Duarte et al. (2019), outra intervenção importante foi a implementação de programas de vacinação, particularmente contra o rotavírus, que é uma causa comum de diarreia grave em crianças. A inclusão dessa vacina no calendário nacional de vacinação ajudou a reduzir drasticamente a mortalidade infantil associada a doenças diarreicas. O fortalecimento da atenção básica à saúde, através do programa Saúde da Família, permitiu um acompanhamento mais próximo e contínuo das famílias, garantindo acesso rápido ao tratamento e prevenindo complicações graves. Além disso, melhorias na nutrição infantil e programas de suplementação de micronutrientes também contribuíram para a redução da vulnerabilidade a infecções.

Em resumo, a queda nos óbitos por doenças diarreicas no Ceará é resultado de um esforço multifacetado que envolve melhorias na infraestrutura sanitária, vacinação, educação em saúde e fortalecimento do sistema de atenção básica, demonstrando a eficácia das políticas de saúde pública quando implementadas de forma integrada e contínua.

Figura 12. Ocorrência de óbitos de doenças diarreicas no Estado do Ceará entre 1990 e 2021.



4.5.2 Hepatites

Nas últimas décadas, o Ceará apresentou oscilações nos óbitos por hepatites, refletindo avanços na prevenção, mas também desafios persistentes no diagnóstico e tratamento. A hepatite viral, especialmente dos tipos B e C, continua sendo uma preocupação, pois pode evoluir para complicações graves, como cirrose e câncer hepático. A ampliação da vacinação e o acesso a tratamentos antivirais contribuíram para a redução de casos fatais. No entanto, a detecção tardia e a falta de infraestrutura em algumas regiões reforçam a necessidade de estratégias contínuas de vigilância e controle da doença.

As Figuras 13, 14 e 15 mostram respectivamente, as ocorrências de óbitos causados por infecções por nematóides intestinais, por Hepatite A, B e C, e esquistossomose, que foram registradas no Estado do Ceará entre 1990 e 2021.

Entre 1990 e 2021, o Estado do Ceará registrou uma significativa diminuição nos óbitos causados por infecções por nematóides intestinais, hepatite A, B e C, e esquistossomose. Essa redução pode ser atribuída a uma série de intervenções de saúde pública e melhorias nas condições socioeconômicas e sanitárias.

De acordo com Matos e Zöllner (2022), as hepatites virais são provocadas por 5 sorotipos de vírus com tropismo pelos hepatócitos e constituem-se como um importante agravo de saúde pública no Brasil, visto que geram amplos impactos de morbimortalidade por causarem uma inflamação no fígado e por terem a capacidade de evoluir para doença crônica. No Brasil, os principais sorotipos circulantes são os vírus A, B, e C, que são responsáveis por causarem Hepatite A, Hepatite B, e Hepatite C, respectivamente.

No que tange, a diminuição dos casos de Hepatites, primeiramente, destacamos que, a ampliação do acesso ao saneamento básico e à água potável desempenhou um papel crucial. A construção de sistemas de esgoto e o fornecimento de água tratada reduziram drasticamente a transmissão de nematóides e hepatite A, que são frequentemente transmitidos por meio de água e alimentos contaminados (ROCHA et al., 2020). Além disso, o fortalecimento dos programas de vacinação, especialmente contra a hepatite B, aumentou a imunidade da população e reduziu a incidência de casos graves. A introdução de campanhas de vacinação para hepatite B em crianças e adultos jovens foi fundamental para controlar a disseminação do vírus.

O diagnóstico precoce e o tratamento eficaz de hepatite C melhoraram significativamente com o desenvolvimento de antivirais de ação direta, que aumentaram as taxas de cura e reduziram as complicações hepáticas graves. Para a esquistossomose, programas de controle de moluscos, tratamento em massa com praziquantel, e campanhas de educação em saúde foram essenciais para reduzir a incidência e a mortalidade associadas à doença.

Figura 13. Ocorrência de óbitos causados por infecções por nematóides intestinais no Estado do Ceará entre 1990 e 2021.

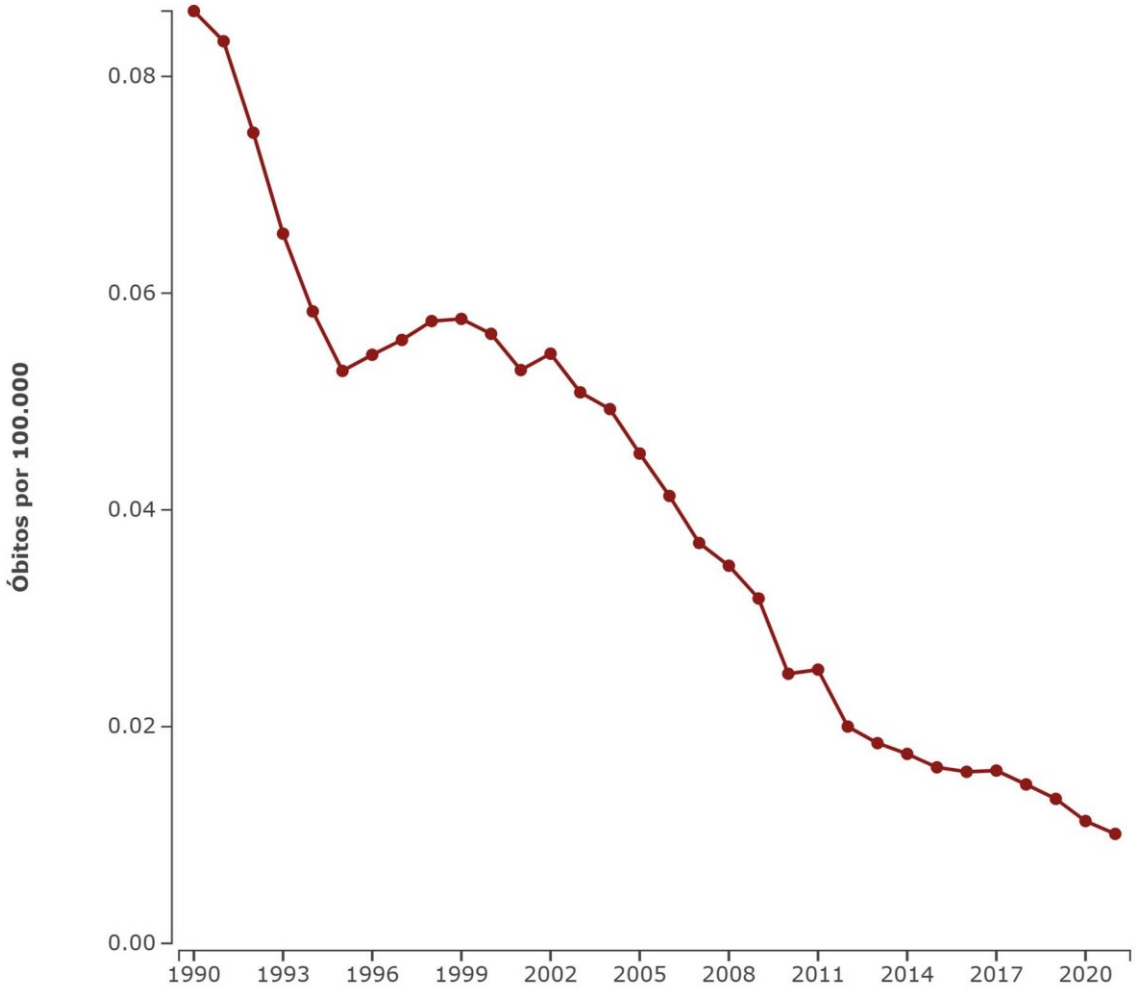
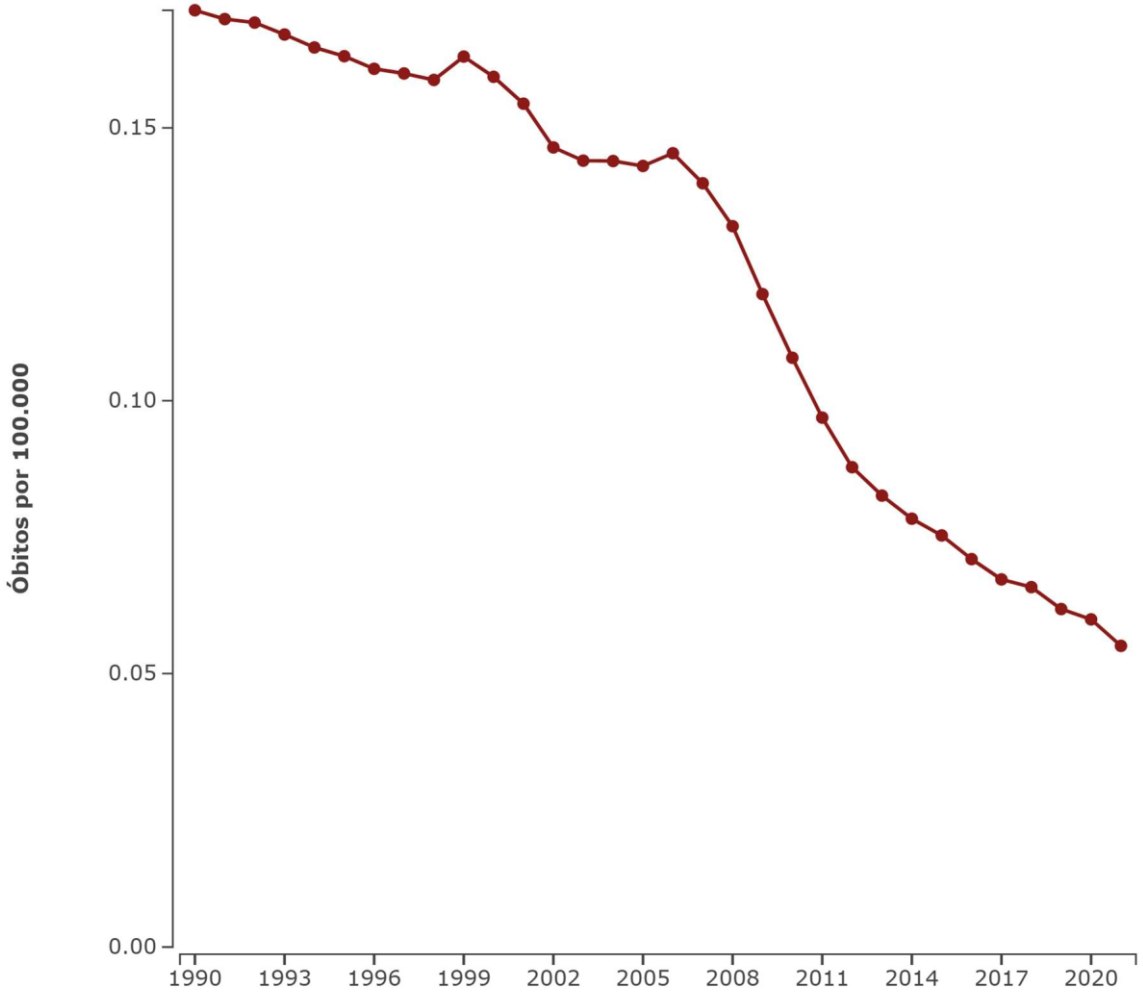


Figura 14. Ocorrência de óbitos causados por esquistossomose ocorridas no Estado do Ceará entre 1990 e 2021.



Figura 15. Ocorrência de óbitos causados por Hepatite A, B e C registradas no Estado do Ceará entre 1990 e 2021.



Por fim, o fortalecimento da atenção básica à saúde, através de programas como o Saúde da Família, garantiu um acompanhamento mais próximo das populações vulneráveis, permitindo intervenções rápidas e eficazes. Essas melhorias integradas nas políticas de saúde pública e nas condições de vida da população do Ceará resultaram em uma queda acentuada nos óbitos por essas infecções ao longo das últimas décadas.

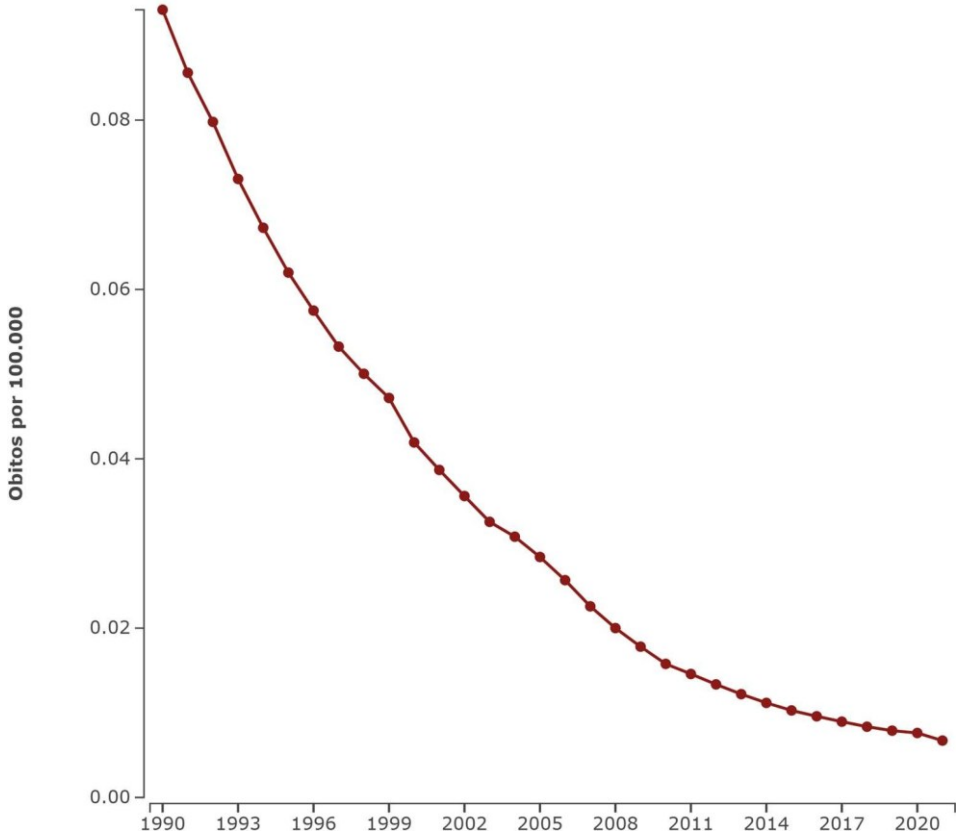
Com relação aos casos de esquistossomose, de acordo com Marques et al. (2020), não houve casos registrados de esquistossomose entre 2007 e 2023 no município de Sobral. Esse resultado é corroborado com os mostrados na Figura 15, que apontam para um declínio vertiginoso na quantidade de óbitos por 100.000 habitantes no Estado do Ceará.

4.5.3 Febre Tifoide

A Figura 16 mostra a ocorrência de óbitos causados por febre tifoide e paratifóide registradas no Estado do Ceará entre 1990 e 2021. De acordo com Moraes et al. (2022), a febre tifoide é uma doença sistêmica aguda, desencadeada pela bactéria Salmonella entérica *sorotipo typhi*. Está associada a baixos níveis socioeconômicos e precárias condições de saneamento. A transmissão ocorre via fecal-oral por veiculação hídrica ou alimentar. No quadro clínico predomina a hipertermia associada à cefaleia, mal estado geral, dor abdominal e anorexia.

A febre paratifoide é uma infecção bacteriana causada por uma das três cepas de *Salmonella enterica* subespécie *enterica*, sorovariedades *Paratyphi A*, *Paratyphi B* e *Paratyphi C*. Estas bactérias são geneticamente e clinicamente semelhantes àquelas que causam a febre tifoide, mas são menos virulentas e, em geral, causam uma doença menos grave. Na Figura 16 percebe-se que os óbitos causados por febre tifóide e paratifóide também vêm diminuindo drasticamente no Ceará.

Figura 16. Ocorrência de óbitos causados por febre Tifóide e Paratifóide registradas no Estado do Ceará entre 1990 e 2021.



Para Barboza et al. (2011), os fatores que explicam esse decréscimo são a expansão do acesso ao saneamento básico e à água potável reduziu a contaminação fecal, uma fonte comum dessas infecções. Programas de vacinação, especialmente contra tifoide, aumentaram a imunidade da população. Além disso, o fortalecimento da atenção básica à saúde, através de iniciativas como o programa Saúde da Família, garantiu diagnóstico e tratamento rápidos. Campanhas de educação em saúde e melhorias na higiene pessoal e segurança alimentar também contribuíram para essa queda significativa nos óbitos.

5. CONCLUSÃO

As análises de qualidade da água realizadas entre 2020 e 2024 em Sobral revelaram uma presença alarmante de coliformes totais e *Escherichia coli* em diversas localidades, como Rafael Arruda, Ouro Branco, Recreio, Pedra de Fogo, Sinhá Saboia, Patriarca, Taperuaba, Olho D'Água do pajé e Formosa. A detecção de *Escherichia coli*, indicadora de contaminação fecal, representa um risco grave à saúde, especialmente em áreas onde o saneamento básico é precário e a população depende de poços caseiros ou sistemas coletivos inadequados. Em localidades como Rafael Arruda, Pedra de Fogo e Ouro Branco, os baixos níveis de cloro, muitas vezes próximos de zero, contribuíram diretamente para os parâmetros microbiológicos ficarem insatisfatórios. A ausência ou insuficiência de cloro, essencial para a desinfecção da água, facilita a proliferação de bactérias e outros microrganismos, aumentando os riscos à saúde da população.

A repetição de resultados insatisfatórios ao longo dos anos evidenciou a necessidade urgente de ações para identificar e combater as fontes de contaminação. Melhorar o saneamento básico, garantir um tratamento adequado da água, realizar monitoramento constante e promover a educação comunitária são passos fundamentais para prevenir doenças transmitidas pela água e assegurar que todos tenham acesso a água segura. Além disso, é crucial focar nas localidades mais críticas, onde a contaminação é mais frequente, para corrigir falhas no abastecimento e incentivar o uso responsável da água.

A análise dos dados também apontou uma relação preocupante entre a contaminação da água e a incidência de doenças de veiculação hídrica, como toxoplasmose, leptospirose, esquistossomose e diarreia. A toxoplasmose, identificada em áreas como Sinhá Saboia, Patriarca e Olho D'Água do pajé, está possivelmente relacionada ao consumo de água contaminada por oocistos de Toxoplasma gondii. Já a leptospirose, registrada em Taperuaba e outras localidades, está associada ao contato com água contaminada pela urina de roedores, agravada pela falta de infraestrutura sanitária adequada. A esquistossomose, embora com menor incidência, foi detectada em Rafael Arruda, indicando a presença de corpos hídricos propícios para a proliferação do parasita Schistosoma. Além disso, os surtos de diarreia, que atingiram mais de 26.000 casos

em 2024, estão diretamente ligados à ingestão de água contaminada por microrganismos patogênicos, como bactérias, vírus e parasitas.

Vale destacar que, em Recreio e Carnaúbas, a solução coletiva adotada não inclui tratamento com cloro, o que pode contribuir para a persistência de problemas de qualidade da água. Por outro lado, em localidades como Marrecas e Vila Miranda, houve uma transição de Sistemas de Abastecimento Individual (SAI) para Sistemas de Abastecimento de Água (SAA), resultando em um ganho significativo na qualidade da água, uma vez que agora recebem água tratada. Essas mudanças demonstram que investimentos em infraestrutura e a migração para sistemas mais eficientes podem gerar impactos positivos na saúde pública e na qualidade de vida da população.

Diante desse cenário, a implementação de estratégias integradas, que combinem investimentos em infraestrutura, políticas públicas eficientes e a participação da comunidade, é a chave para garantir água de qualidade e proteger a saúde da população. Medidas como a melhoria do saneamento básico, a cloração adequada da água, o controle de vetores (roedores e caramujos) e a educação comunitária são fundamentais para prevenir futuros surtos e promover um ambiente mais seguro e saudável. Somente com esforços coordenados e persistentes será possível superar os desafios atuais e assegurar um futuro com água segura e de qualidade para todos os habitantes de Sobral.

6. REFERÊNCIAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – 2022. Brasília: ANA, 2022.

BARBOZA, M.M.O., SANTOS, N.F., SOUSA, O. V. Surto familiar de botulismo no estado do Ceará: relato de caso. Revista da Sociedade Brasileira De Medicina Tropical, v. 44, n. 3, p. 400–402, 2011.

BRASIL. Decreto Federal nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 jun. 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 888, de 4 de maio de 2021. Estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 maio 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto no Brasil – 2021. Brasília: MDR, 2021.

CEARÁ. Recursos Hídricos do Ceará: Bacia do Acaraú e Bacia do Litoral. Fortaleza: Secretaria de Recursos Hídricos, 2023.

COGERH – COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú: Relatório de Monitoramento. Fortaleza: COGERH, 2022.

DUARTE, J.L., DIAZ-QUIJANO, F.A., BATISTA, A.C., DUARTE, A.F., MELCHIOR, L.A.K., GIATTI, L.L. Variabilidade climática e internações por doenças diarreicas infecciosas em um município da Amazônia Ocidental brasileira. Ciência & Saúde Coletiva, v. 24, n. 8, p. 2959–2970, 2019.

FUNCEME – FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. Relatório de Monitoramento de Secas no Ceará – 2023. Fortaleza: FUNCEME, 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados: Sobral. 2019. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br. Acesso em: 18 de junho 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produto Interno Bruto dos Municípios. 2021. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br. Acesso em: 22 de novembro de 2024.

IPCC (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press.

Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

MARQUES, J. V. S., ALVES, B. M., MARQUES, M. V. S., PARENTE, C. C., SOUSA, N. A., FEIJÃO, T. M. P. Análise sociodemográfica das hepatites virais no Estado do Ceará. SANARE - Revista de Políticas Públicas, v. 18, n. 2, p. 26-33, 2020.

MATOS, A.F.M.; ZÖLLNER, M.S.A.C. Epidemiologia das hepatites virais no Brasil entre 2010 e 2020. The Brazilian Journal of Infectious Diseases, v. 26, Suplemento 1, 102100, 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021. Estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 maio 2021.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto no Brasil – 2021. Brasília: MDR, 2021.

MORAES, C. M., et al. O perfil epidemiológico da febre Tifoide no Brasil entre 2011 – 2021. The Brazilian Journal of Infectious Diseases, v. 26, Suplemento 1, 102258, 2022.

OLIVEIRA, M. D; REZENDE, O. L. T; OLIVEIRA, S. M. A. C; LIBÂNIO, M. Nova abordagem do Índice de Qualidade de Água Bruta utilizando a Lógica Fuzzy. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 19, n. 4, p. 361–372, 2014.

OLIVEIRA, T. de S., PEREIRA, A. M. M. Expressões das desigualdades no acesso aos serviços de saúde na América Latina: uma revisão de escopo. Ciência & Saúde Coletiva, 29(7), e04932024, 2024.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda. Genebra: OMS, 2022.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Saúde ambiental: princípios e práticas para uma vida saudável e sustentável. Genebra: OMS, 2021.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2023: Parcerias e cooperação para a água. Paris: UNESCO, 2023.

ROCHA, M. S., BARTHOLOMAY, P., CAVALCANTE, M. V., MEDEIROS, F. C., CODENOTTI, S. B., PELISSARI, D. M., ANDRADE, K. B., SILVA, G. D. M., ARAKAKI-SANCHEZ, D., PINHEIRO, R. S. Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan): principais características da notificação e da análise de dados relacionada à tuberculose. Epidemiologia e Serviços de Saúde, 29(1), e2019017, 2020.

RODRIGUES, C.J.; FRANCO, D.; FONSECA, A.L.D.; LEITE, N.K.; GARBOSSA

L.H.P.; SILVA, A.R. Change in the dynamics of salinity and water quality of an island estuary by the discharge of effluents. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 26, e25, 2021.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2022. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022.

TONON; L. A. C.; BRANCO; I. G.; PIERETTI; G. G.; SELOIN; V. J.; BERGAMASCO; R.; MADRONA; G. S.; MOURA; M. M.; & SCAPIM; M. R. da S.
Análise de parâmetros de qualidade da água para consumo humano. Revista Tecnológica, v. 22, n. 1, p. 35-41, 2013.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. Estudos Avançados, 22(63), 7–16, 2008.

WHO – World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda. Geneva: World Health Organization. ISBN 978-92-4-004506-4, 2022.

7. APÊNDICE

Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

ANÁLISE ESPACIAL E TEMPORAL DA CONTAMINAÇÃO POR COLIFORMES TOTAIS E ESCHERICHIA COLI E SUA ASSOCIAÇÃO COM DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA: CONSTRUÇÃO DE UM MAPA DE RISCO DO MUNICIPIO DE SOBRAL/CE

CAPES ANA ProfÁgua UFCG Universidade Federal de Campina Grande

Universidade Federal de Campina Grande

Mestrado Profissional em Rede Nacional em

Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

PROFÁGUA

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE UM MAPA DE RISCO DO MUNICIPIO DE SOBRAL/CE

Adriana Alves de Lima

Mestrando em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

Orientador: Prof. Dr. Richarde Marques da Silva

Docente na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Atua nas seguintes áreas: Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Geociências, e Geografia Física, com ênfase em modelagem hidrológica, análise do uso e ocupação do solo, erosão dos solos, e produção de sedimentos. Atualmente é Professor Associado III, Chefe do Departamento de Geociências/CCEN/UFPB, e Conselheiro Representante do CCEN no CONSUNI/UFPB.

2025

Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido

ProfÁgua

SUMÉ - PB

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de risco e sua distribuição espacial dos pontos de baixo, médio e alto risco

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das localidades por níveis de contaminação e os riscos para saúde.

SUMÁRIO

1. Introdução 06

2. Caracterização da Área 07

3. Análise Técnica 07

3.1 Classificação do mapa de risco 07

4. Analise de risco da qualidade da água e seus impactos das doenças 11

5. Conclusão 15

6. Referências 20

1. INTRODUÇÃO

A qualidade microbiológica da água é essencial para a saúde pública, pois microrganismos patogênicos podem causar doenças como diarreias, hepatite A e cólera. Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2017), a contaminação da água por bactérias, vírus e parasitas é uma das principais causas de doenças em populações sem acesso a água segura. Bain et al. (2014) também destacam que a presença de indicadores como *Escherichia coli* está ligada a riscos elevados à saúde, especialmente em áreas com saneamento inadequado. Portanto, monitorar esses parâmetros é fundamental para prevenir doenças e garantir água segura.

No contexto brasileiro, Freitas et al. (2010) destacam que a falta de infraestrutura adequada de saneamento e o despejo de esgoto em corpos hídricos são os principais responsáveis pela contaminação microbiológica da água, aumentando os riscos de surtos de doenças. Portanto, a vigilância da qualidade da água e a implementação de medidas preventivas são essenciais para reduzir a carga de doenças associadas à contaminação microbiológica.

Diante desse cenário, a análise da contaminação microbiológica da água e sua associação com doenças de veiculação hídrica torna-se fundamental para identificar áreas de risco e subsidiar políticas públicas de saneamento. Este estudo tem como objetivo analisar os parâmetros de coliformes totais e *Escherichia coli* em relação às doenças de veiculação hídrica em um período de cinco anos, visando a elaboração de um mapa de risco. A partir disso, espera-se contribuir para a prevenção de doenças e a promoção da saúde pública.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Sobral é um município localizado no noroeste do estado do Ceará, a aproximadamente 230 km da capital Fortaleza. Reconhecido como um importante polo regional de desenvolvimento econômico, educacional e cultural, a cidade possui uma população estimada em 215.286 mil habitantes (IBGE, 2023). A cidade possui clima semiárido e destaca-se por sua infraestrutura em saúde e educação, sendo referência em políticas públicas. No entanto, ainda enfrenta desafios em saneamento básico e qualidade da água, impactando a saúde da população.

3. ANALISE TECNICA

3.1 Classificação do Mapa Risco

A Para a elaboração do mapa de risco, os pontos de coleta foram classificados com base na frequência de detecção de *coliformes totais* e *Escherichia coli*. A classificação foi estabelecida em três categorias de risco:

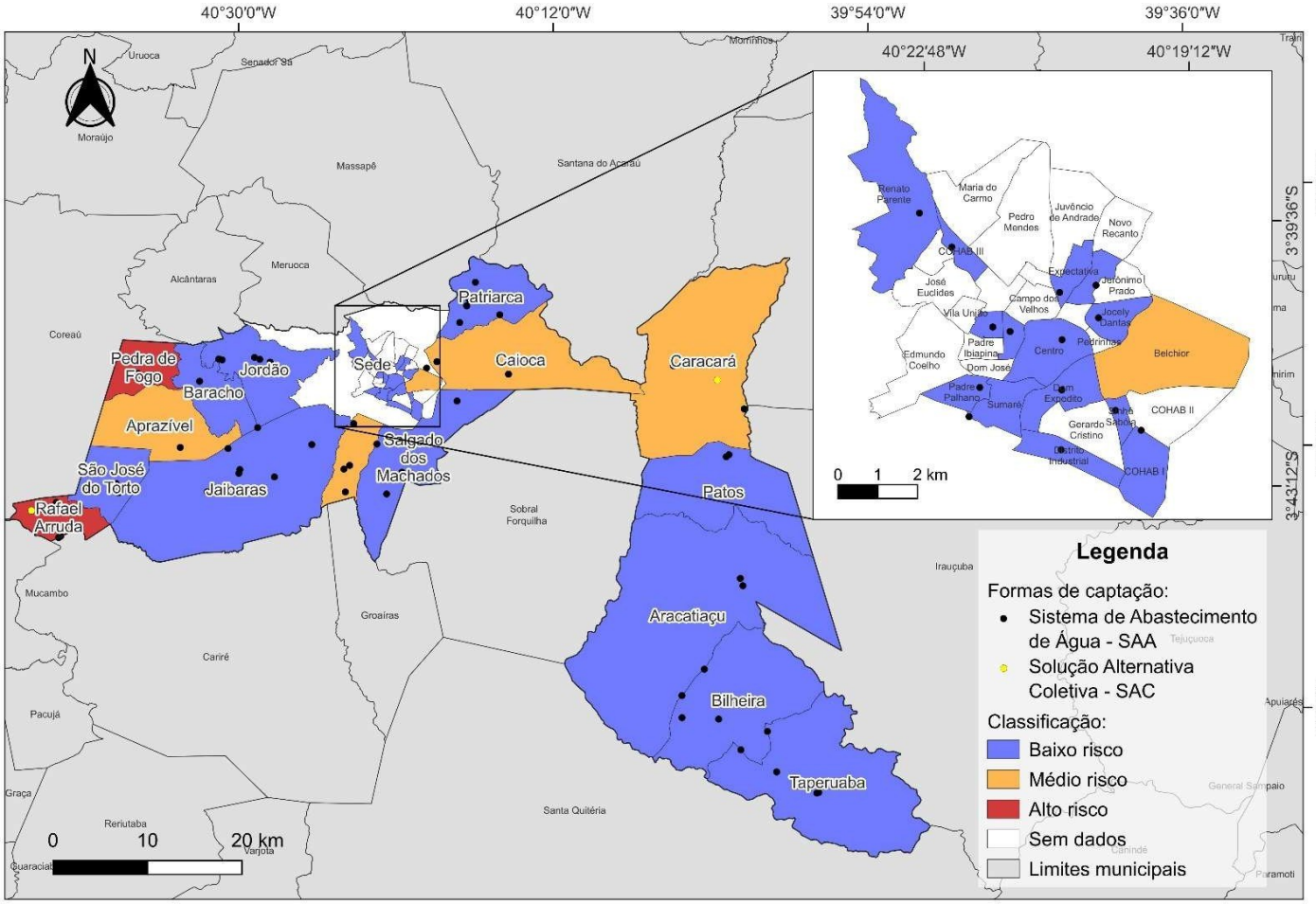
- Baixo risco (0 a 20% de ocorrência de contaminantes): Pontos que apresentaram baixa frequência de detecção de *coliformes totais e E. coli*, indicando condições satisfatórias de qualidade da água.

- Médio risco (21 a 60% de ocorrência de contaminantes): Pontos com detecção moderada de contaminantes, sugerindo a necessidade de monitoramento contínuo e intervenções pontuais.

- Alto risco (61 a 100% de ocorrência de contaminantes): Pontos com alta frequência de detecção de contaminantes, indicando condições críticas

que demandam ações imediatas para mitigação dos riscos à saúde pública.

Devido à divisão territorial, algumas localidades pequenas, como povoados, foram agrupadas dentro de distritos maiores. Assim com base nessa classificação, foi elaborado um mapa de risco, espacializando a distribuição dos pontos de coleta e suas respectivas categorias de risco. O mapa ilustra a distribuição espacial dos pontos de baixo, médio e alto risco na região estudada, destacando a concentração de vulnerabilidades. Para sua construção, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento no software ArcGIS, permitindo uma visualização precisa das áreas críticas (Figura 01 - Mapa de Risco).



Fonte: Autoria própria (2025).

Foram analisadas 61 localidades, classificadas em três níveis de risco: baixo, médio e alto. A seguir, discutimos as características principais de cada grupo, destacando os desafios comuns e as medidas necessárias para mitigar os problemas.

Localidades de Baixo Risco em azul

Características Principais:

- Acesso a sistemas de abastecimento de água tratada e infraestrutura adequada.
- Baixa incidência de contaminação por coliformes totais e E.scherichecoli
- Presença de esgotamento sanitário ou soluções adequadas para tratamento de esgoto.

Recomendações: Manter a qualidade do serviço e investir em monitoramento contínuo para evitar retrocessos.

Localidades de Médio Risco em laranja

No início das análises, o sistema de abastecimento de Aprazível enfrentou intercorrências, como interrupções no fornecimento de água. Atualmente, houve uma melhoria significativa no sistema, garantindo um abastecimento mais regular. A classificação de médio risco (laranja) se deve principalmente aos problemas identificados no início das coletas.

Caioca e Marrecas, devido à divisão territorial a localidade de Marrecas está inserida no distrito de Caioca. No início das coletas, o abastecimento era precário, e Marrecas recebia água sem tratamento adequado. Atualmente, ambas as localidades são abastecidas pelo sistema melhor, que trouxe avanços significativos nos últimos anos, garantindo água tratada para a população. No

entanto, em Caioca, ainda persistem intercorrências no sistema, o que afeta a regularidade do abastecimento.

Caracará, devido à divisão territorial do mapa, Caracará engloba as

localidades como Casinhas (SAA), Carnaúbas (SAC) e Poço Sohidra (SAC). A região dispõe de duas modalidades de abastecimento: o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e a Solução Alternativa Coletiva (SAC), que utiliza um poço sem tratamento. Essa última opção gera grande preocupação, uma vez que todas as soluções alternativas demandam atenção especial devido aos resultados insatisfatórios constantes. Apesar da disponibilidade de água tratada por meio do SAA na sede do distrito, Caracará, a população demonstra preferência pelo uso do Poço Sohidra (SAC), o que eleva o risco de contaminação em razão da ausência de tratamento adequado.

Recomendações:

- Expandir e fortalecer o SAA para cobrir todas as localidades, garantindo água tratada e contínua.
- Conscientizar a população sobre os riscos da água não tratada e os benefícios do SAA.
- Monitorar e fiscalizar as fontes alternativas (SAC) e, se possível, implementar tratamento básico.
- Investir em manutenção e gestão do sistema para evitar interrupções.
- Envolver a comunidade no planejamento e decisões para garantir soluções adequadas e aceitas.

Localidades de Alto Risco em vermelho

As localidades de alto risco enfrentam problemas críticos no abastecimento de água, com impactos significativos na saúde pública. Além da falta de tratamento de água e esgotamento sanitário, muitos desses locais sofrem com a distância do reservatório, a ausência de reforço de cloro e a

necessidade de reformas estruturais no sistema de abastecimento.

Algumas localidades, devido à divisão do território, estão inseridas em distritos maiores, como Rafael Arruda (Recreio, Ouro Branco).

Recreio (SAC): É abastecida por um poço que não recebe tratamento de água, dependendo de uma Solução Alternativa Coletiva (SAC). Além disso, a área não possui sistema de esgotamento sanitário, o que aumenta o risco de contaminação das fontes de água. Análises realizadas mostram que 100% das coletas de água apresentam presença de *coliformes totais* e *Escherichia coli*, indicando contaminação por matéria fecal. Abastecida por um poço sem tratamento de água; Não possui sistema de esgotamento sanitário; 100% das coletas tem Presença de *coliformes totais* e *Escherichia coli*, representando alto risco à saúde.

Ouro Branco e Pedra de Fogo (SAA): A localidade de Ouro Branco recebe água tratada por meio de um Sistema de Abastecimento de Água (SAA). No entanto, o reservatório de abastecimento está localizado a uma distância considerável, o que exige reforço de cloro na localidade para manter a qualidade da água. Atualmente, esse reforço não está sendo realizado, facilitando a contaminação da água por coliformes totais e *Escherichia coli*. Além disso, a falta de esgotamento sanitário na área agrava o problema, aumentando o risco de contaminação das fontes de água e colocando a saúde da população em risco**.**

Recomendações:

- Priorizar a implantação de sistemas de tratamento de água e esgoto.
- Realizar reforço de cloro em locais distantes do reservatório.
- Desenvolver ações emergenciais para garantir o acesso à água segura.

4. Análise de Risco da Qualidade da Água e Impacto das Doenças de Veiculação Hídrica

A tabela 01 abaixo apresenta a classificação das localidades em baixo, médio e alto risco, com base na análise da qualidade da água, considerando a presença de *coliformes totais* e *Escherichia coli*, destacando as áreas com maior

vulnerabilidade e necessidade de intervenção. A tabela também inclui a classificação das localidades por níveis de contaminação, casos de doenças e o risco para a saúde pública. Entre as doenças de veiculação hídrica confirmadas

pela Secretaria de Saúde do município estão: toxoplasmose (incluindo toxoplasmose congênita e em gestantes), leptospirose e esquistossomose.

TABELA 01 Classificação das áreas de risco

Classificação da área	Localidade	Casos de Doenças Relacionadas (Média por Localidade)	Média de Coliformes Totais (%)	Média E. coli	Riscos para saúde
Baixo Risco	Vila Miranda COHAB II COHB III Distrito Industrial Dom Expedito Expectatitva Jocely Dantas Renato Parente Sumaré Aracatiaçu Baracho Bilheira Caioca Caracará Jordão Patos Rafael Arruda Salgado dos Machados Taperuaba	2 – 5 casos	Até 5%	0%	Baixo risco
Médio Risco	Alto da Brasília Alto do Cristo Centro Pe. Palhano Sinhá Saboia Aprazível Jaibaras Patriarca Torto	6 – 20 casos	6% a 25%	1% a 5%	Surtos localizados
Alto Risco		Acima de 20 casos	> 25%	> 5%	Alto risco de surtos e epidemias

Fonte: autoria própria, (2025).

As áreas classificadas como baixo risco são aquelas que apresentam condições favoráveis em relação à qualidade da água e à saúde pública. Essas

localidades se destacam por terem uma baixa incidência de doenças relacionadas à água contaminada, além de níveis reduzidos de contaminação por coliformes totais e ausência de *escherichia coli*. Esses indicadores refletem

um ambiente com saneamento básico adequado e um sistema de abastecimento de água eficiente, o que contribui para a saúde e o bem-estar da população.

Nessas áreas, a média de casos de doenças relacionadas à água contaminada varia entre 2 e 5 casos, o que é considerado um número baixo e controlado. Além disso, a presença de coliformes totais na água é de até 5%, um valor dentro dos limites aceitáveis para o consumo humano. Outro fator importante é a ausência de *Escherichia coli*, uma bactéria que indica contaminação fecal. A média da mesma nessas localidades é de 0%, o que demonstra que a água está livre desse tipo de contaminação.

Esses indicadores resultam em um baixo risco para a saúde, com poucas chances de surtos ou epidemias relacionadas à água. No entanto, mesmo com condições favoráveis, é fundamental manter o monitoramento constante e investir em ações preventivas para garantir que a qualidade da água e as condições sanitárias permaneçam adequadas.

As áreas de baixo risco representam um cenário positivo em relação à qualidade da água e à saúde pública. No entanto, a vigilância constante e o investimento em ações preventivas são essenciais para manter esses indicadores dentro dos padrões desejáveis e evitar qualquer deterioração nas condições atuais.

As áreas classificadas como Médio Risco representam locais onde há uma situação intermediária em relação à qualidade da água e à saúde pública. Essas localidades apresentam indicadores que exigem atenção, pois há um aumento na presença de coliformes totais e *escherichia coli*, além de uma maior incidência de doenças relacionadas à água contaminada. Embora não estejam em um cenário crítico, essas áreas demandam monitoramento constante e ações preventivas para evitar que a situação se agrave.

Nessas áreas, a média de casos de doenças relacionadas à água

contaminada varia entre 6 e 20 casos, o que indica uma incidência moderada. A presença de coliformes totais na água está na faixa de 6% a 25%, um valor acima do ideal, mas ainda controlável. Além disso, a média de *escherichia coli* varia

entre 1% e 5%, o que sugere a existência de contaminação fecal, ainda que em níveis moderados. Esses indicadores apontam para um risco de surtos localizados, ou seja, a possibilidade de ocorrência de doenças em grupos específicos ou em áreas restritas.

as áreas de médio risco estão em uma situação que, embora não seja crítica, exige atenção e intervenções para evitar o agravamento dos indicadores. Com ações preventivas e investimentos adequados, é possível melhorar a qualidade da água e reduzir os riscos à saúde pública, garantindo um ambiente mais seguro para a população.

As áreas classificadas como Alto Risco representam locais onde a situação em relação à qualidade da água e à saúde pública é crítica. Essas localidades apresentam indicadores alarmantes, com altos níveis de contaminação por *coliformes totais* e *escherichia coli*, além de uma incidência elevada de doenças relacionadas à água contaminada. Esses fatores combinados resultam em um alto risco de surtos e epidemias, exigindo intervenções urgentes para proteger a saúde da população.

Nessas áreas, a média de casos de doenças relacionadas à água contaminada é acima de 20 casos, o que indica uma incidência muito alta e preocupante. A presença de coliformes totais na água ultrapassa 25%, um valor extremamente elevado e fora dos padrões aceitáveis para o consumo humano. Além disso, a média de *escherichia co*li é superior a 5%, o que confirma a existência de contaminação fecal em níveis críticos. Esses indicadores mostram que a água nessas localidades está altamente contaminada, representando um perigo iminente para a saúde das pessoas.

Embora as localidades específicas de alto risco não tenham sido detalhadas na tabela fornecida, é comum que áreas com essas características estejam associadas a condições precárias de saneamento básico, falta de

infraestrutura adequada de abastecimento de água e esgotamento sanitário, além de possíveis falhas na gestão pública ou no monitoramento da qualidade da água.

5. CONCLUSÃO

A análise das 61 localidades, classificadas em três níveis de risco (baixo, médio e alto), revela uma relação direta entre a qualidade da água, a infraestrutura de saneamento básico e a incidência de doenças de veiculação hídrica. No entanto, há nuances importantes que precisam ser destacadas, especialmente em relação às áreas de alto risco, onde a presença de *coliformes totais* e *Escherichia coli* nas coletas de água não se reflete necessariamente em uma alta incidência de doenças notificadas.

Localidades de Baixo Risco (●)

Características Principais:

Essas áreas possuem um sistema de abastecimento de água tratada e infraestrutura de saneamento adequada, refletindo-se em indicadores positivos. A incidência de doenças relacionadas à água contaminada é baixa (2 a 5 casos), com níveis de coliformes totais abaixo de 5% e ausência de *Escherichia coli*.

Fatores positivos:

- Acesso regular à água tratada.
- Presença de esgotamento sanitário ou soluções adequadas para tratamento de esgoto.
- Monitoramento contínuo da qualidade da água.

Recomendações:

- Manter a qualidade dos serviços de abastecimento e saneamento.
- Investir em educação sanitária para a população.
- Realizar monitoramento constante para evitar retrocessos.

Localidades de Médio Risco (●)

Características Principais:

Essas áreas apresentam uma situação intermediária, com indicadores que exigem atenção. A incidência de doenças varia entre 6 e 20 casos, os níveis de coliformes totais estão entre 6% e 25%, e a presença de *escherichia coli* varia de 1% a 5%. Problemas como interrupções no abastecimento, uso de soluções alternativas coletivas (SAC) sem tratamento e falta de esgotamento sanitário contribuem para esse cenário.

Exemplos e Desafios:

Aprazível: Melhorias recentes no sistema de abastecimento.

Caioca e Marrecas: Houve avanços significativos no sistema de abastecimento de água, com melhorias de grande relevância para a população. No entanto, em Caioca, ainda persistem intercorrências que afetam a regularidade e a qualidade do serviço, demandando atenção contínua para solucionar esses problemas.

Caracará: Uso de poços sem tratamento (SAC): A preferência da população pelo abastecimento por poços, mesmo com a disponibilidade de água tratada (SAA) na sede do distrito de Caracará, é uma questão preocupante. Essa escolha, aliada à falta de tratamento nas soluções alternativas coletivas (SAC), é um dos principais fatores que elevam o risco na localidade para o nível médio. A utilização de poços sem tratamento adequado representa um risco significativo à saúde, exigindo ações de conscientização e intervenções para garantir o acesso à água segura.

Recomendações:

- Expandir e fortalecer o Sistema de Abastecimento de Água (SAA) para cobrir todas as localidades.

- Conscientizar a população sobre os riscos da água não tratada.
- Implementar tratamento básico nas soluções alternativas coletivas (SAC).
- Investir em manutenção e gestão do sistema para evitar interrupções.

Localidades de Alto Risco (●)

Características Principais:

Essas áreas enfrentam problemas críticos, com níveis de coliformes totais superiores a 25% e presença de *Escherichia coli* acima de 5%. No entanto, é importante destacar que, embora a qualidade da água seja alarmante, a incidência de doenças notificadas não reflete necessariamente o mesmo nível de risco. Isso pode ser explicado por subnotificação, já que muitas pessoas podem sentir sintomas e não procurar atendimento médico.

Exemplos e Desafios:

- Recreio (SAC): Abastecida por um poço sem tratamento, com 100% das coletas contaminadas por *coliformes totais e Escherichia coli*.
- Ouro Branco e Pedra de Fogo (SAA): Recebem água tratada, mas a distância do reservatório e a falta de reforço de cloro facilitam a contaminação.

Lado Positivo:

Apesar da alta contaminação da água, a incidência de doenças notificadas não atingiu níveis críticos, o que pode indicar que a população está adotando medidas preventivas ou que os casos não estão sendo registrados adequadamente.

Alerta:

A subnotificação de casos é uma preocupação significativa. Muitas pessoas podem estar sentindo sintomas leves e não procurando atendimento

médico, o que mascara a real situação de saúde pública. Além disso, a presença de *coliformes* e *Escherichia coli* em níveis elevados representa um risco iminente de surtos e epidemias, exigindo atenção imediata.

Recomendações:

- Priorizar a implantação de sistemas de tratamento de água e esgoto.
- Realizar reforço de cloro em locais distantes do reservatório.
- Desenvolver ações emergenciais para garantir o acesso à água segura.
- Intensificar a vigilância epidemiológica para identificar casos não notificados.
- Promover campanhas de conscientização para incentivar a população a buscar atendimento médico em caso de sintomas.

A classificação das localidades em baixo, médio e alto risco evidencia a importância do saneamento básico e do abastecimento de água tratada para a saúde pública. As áreas de baixo risco servem como exemplos de boas práticas, onde a infraestrutura adequada e o monitoramento constante garantem a qualidade da água e a segurança da população. No entanto, mesmo nessas áreas, a manutenção e o investimento contínuo são essenciais para evitar retrocessos.

As áreas de médio risco demandam atenção imediata, pois apresentam indicadores que, embora não sejam críticos, podem se agravar rapidamente. A expansão do sistema de abastecimento de água tratada, a conscientização da população e a melhoria das soluções alternativas são medidas prioritárias para evitar a evolução para um cenário de alto risco.

Já as áreas de alto risco representam um desafio urgente, com indicadores alarmantes de contaminação da água. Embora a incidência de doenças notificadas não reflita o mesmo nível de risco, a subnotificação é uma preocupação significativa. A falta de tratamento de água, a ausência de esgotamento sanitário e a contaminação fecal exigem intervenções

emergenciais, como a implantação de sistemas de tratamento, reforço de cloro e ações de educação sanitária.

Em resumo, a melhoria da qualidade da água e das condições sanitárias

nas localidades de médio e alto risco requer um esforço coordenado entre governo, comunidade e instituições. Investimentos em infraestrutura, monitoramento constante e educação em saúde são fundamentais para reduzir os riscos e garantir um ambiente seguro e saudável para toda a população. A análise desses dados reforça a necessidade de políticas públicas eficazes e ações integradas para enfrentar os desafios do saneamento básico e da saúde pública.

A análise das 61 localidades revela um cenário heterogêneo, com desafios específicos para cada nível de risco. Enquanto as localidades de baixo risco servem como exemplos positivos, as de médio e alto risco demandam ações urgentes para garantir o acesso à água segura e promover a saúde pública. Investimentos em infraestrutura, tratamento de água e esgoto, além de programas de conscientização, são essenciais para reduzir os riscos e melhorar a qualidade de vida nessas áreas.

6. REFERÊNCIAS

Bain, R., et al. (2014). Global assessment of exposure to faecal contamination through drinking water based on a systematic review. Tropical Medicine & International Health, 19(8), 917-927. DOI: 10.1111/tmi.12334

CÉLULA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL. Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água no Município de Sobral/CE: Secretaria da Saúde, 2025.

Freitas, C. M., et al. (2010). Vigilância em Saúde Ambiental: Relação entre Qualidade da Água e Doenças de Veiculação Hídrica. Saúde em Debate, 34(85), 177-190.

SECRETARIA DA SAÚDE. Coordenação em Saúde. Relatório Anual de Doenças Diarreicas no Município. Cidade: Secretaria da Saúde, 2025.

WHO (World Health Organization). (2017). Guidelines for Drinking-water Quality. 4ª ed. Genebra: WHO.