



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

PEDRO HENRIQUE SANTIAGO FREIRE

**VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA CONSUMO
HUMANO NO SEMIÁRIDO CEARENSE: AVALIAÇÃO DOS DADOS DO
SISAGUA NO MUNICÍPIO DE ERERÉ-CE**

PAU DOS FERROS - RN

2026

PEDRO HENRIQUE SANTIAGO FREIRE

**VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA CONSUMO
HUMANO NO SEMIÁRIDO CEARENSE: AVALIAÇÃO DOS DADOS DO
SISAGUA NO MUNICÍPIO DE ERERÉ-CE**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientadora: Sanderlir Silva Dias, Prof.^a Dr.^a

PAU DOS FERROS -RN

2026

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F866v Freire, Pedro Henrique Santiago .
Vigilância da qualidade da água subterrânea para
consumo humano no semiárido cearense: avaliação
dos dados do SISAGUA no município de Ereré-CE /
Pedro Henrique Santiago Freire. - 2026.
54 f. : il.

Orientadora: Sanderlir Silva Dias.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária, 2026.

1. Abastecimento de água. 2. Gestão da
informação. 3. Completude de dados. 4.
Monitoramento ambiental. 5. Saúde ambiental. I.
Dias, Sanderlir Silva, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

PEDRO HENRIQUE SANTIAGO FREIRE

**VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA CONSUMO
HUMANO NO SEMIÁRIDO CEARENSE: AVALIAÇÃO DOS DADOS DO
SISAGUA NO MUNICÍPIO DE ERERÉ-CE**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientadora: Sanderlir Silva Dias, Prof.^a Dr.^a

Defendida em 26 de junho 2026.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **SANDERLIR SILVA DIAS**
Data: 26/06/2026 16:17:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Sanderlir Silva Dias, Prof.^a Dr.^a (UFERSA)

Presidente

Documento assinado digitalmente
 **DANIELA DE FREITAS LIMA**
Data: 27/06/2026 15:28:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Daniela de Freitas Lima, Prof.^a Dr.^a (UFERSA)

Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **LUALISON LENTINE DA COSTA MONTE**
Data: 27/06/2026 14:50:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Lualison Lentine da Costa Monte, Me.(Externo)

Examinador

DEDICATÓRIA

Quero dedicar este trabalho à minha avó Maria de Lourdes e minha sogra Antônia Martins, que hoje se fazem presentes em meu coração. *(In memorian)*

Dedico esse trabalho aos meus pais José Arimatea e Teresa Cristina, que me incentivaram a superar todas as dificuldades e persistir no meu sonho, vocês são meus maiores exemplos de força, garra e caráter! *(Presentes)*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo desses anos de estudos.

Agradeço aos meus pais por todo incentivo, apoio e ajuda, que muito contribuíram para a realização deste trabalho, em especial minha mãe, Teresa Cristina, que enquanto professora, foi e é minha inspiração e fonte de estímulo e perseverança.

Agradeço aos meus amigos, que perto ou longe tornaram essa jornada mais prazerosa, leve e muitas vezes feliz. Aos meus amigos do grupo “Ei os caba” a minha gratidão, vocês tornaram o improvável numa segunda família e sem vocês o êxito não teria sabor de vitória.

Agradeço a minha orientadora Sanderlir Silva Dias, pela sensibilidade, atenção e disponibilidade de sempre ajudar a melhorar esse trabalho, seus ensinamentos e colaborações sem dúvida tornaram o processo de pesquisa e construção mais leve e produtivo, minha gratidão por tudo.

Agradeço também ao meu companheiro Antônio Martins, pela quase sempre compreensão, pelas palavras de incentivo, pelo apoio e cuidado, sem os quais eu jamais conseguiria ultrapassar as barreiras da vida acadêmica.

Por fim, quero agradecer a mim mesmo, por não ter desistido, por ter persistido e conquistado mais essa aprovação que um dia pareceu tão distante.

EPÍGRAFE

“Entendo bem o sotaque das águas.
Dou importância às coisas desimportantes
E aos seres desimportantes
Prezo insetos mais que aviões.
Prezo a velocidade das tartarugas mais do que a
dos mísseis.”

Manoel de Barros

RESUMO

A vigilância da qualidade da água para consumo humano constitui uma importante estratégia de prevenção de doenças de veiculação hídrica e de promoção da saúde pública, especialmente em municípios do semiárido, onde as águas subterrâneas representam a principal fonte de abastecimento. Este estudo objetivou analisar os dados do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) no município de Ereré, Ceará, no período de janeiro de 2024 a dezembro de 2025, avaliando a regularidade do monitoramento, a conformidade dos parâmetros de potabilidade e as limitações relacionadas à cobertura e à qualidade das informações registradas. Trata-se de uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa, caráter descritivo e documental, desenvolvida a partir de dados secundários disponibilizados pelo SISAGUA. Foram analisados os parâmetros coliformes totais, *Escherichia coli*, pH, turbidez, cor aparente e cloro residual livre, conforme os padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Os resultados evidenciaram elevado percentual de conformidade para a maioria dos parâmetros avaliados, indicando condições satisfatórias da água distribuída pelo Sistema de Abastecimento de Água da sede municipal. Foram identificadas inconformidades pontuais de natureza microbiológica e físico-química, além de limitações relacionadas à representatividade das formas alternativas de abastecimento, inconsistências entre o quantitativo de amostras coletadas e as análises registradas e interrupção da análise do parâmetro fluoreto durante o período estudado. Conclui-se que, embora o município tenha apresentado avanços na implementação das ações do VIGIAGUA, persistem fragilidades na abrangência do monitoramento e na qualidade das informações disponíveis, evidenciando que a efetividade da vigilância depende não apenas da conformidade dos parâmetros de potabilidade, mas também da cobertura, consistência e gestão dos dados utilizados para subsidiar as ações de vigilância em saúde ambiental.

Palavras-chave: abastecimento de água; gestão da informação; completude de dados; monitoramento ambiental; saúde ambiental.

ABSTRACT

Monitoring the quality of water intended for human consumption is a key strategy for preventing waterborne diseases and promoting public health, particularly in semi-arid municipalities where groundwater is the primary supply source. This study aimed to analyze data from the Information System for Surveillance of Water Quality for Human Consumption (SISAGUA) in the municipality of Ereré, Ceará, from January 2024 to December 2025, evaluating monitoring regularity, compliance with potability parameters, and limitations regarding the coverage and quality of recorded information. This is an applied study employing a mixed-methods (qualitative-quantitative) approach and a descriptive, documentary design, based on secondary data provided by SISAGUA. The parameters analyzed included total coliforms, *Escherichia coli*, pH, turbidity, apparent color, and free residual chlorine, in accordance with the standards established by Ordinance GM/MS No. 888/2021. The results showed a high rate of compliance for most of the evaluated parameters, indicating satisfactory water quality within the supply system serving the municipal seat. Isolated microbiological and physicochemical non-conformities were identified, alongside limitations regarding the representativeness of alternative supply sources, inconsistencies between the number of samples collected and the analyses recorded, and a suspension of fluoride parameter analysis during the study period. The study concludes that, although the municipality has made progress in implementing VIGIAGUA actions, weaknesses persist regarding monitoring coverage and the quality of available information; this highlights that the effectiveness of surveillance depends not only on compliance with potability parameters but also on the coverage, consistency, and management of the data used to support environmental health surveillance activities.

Keywords: water supply; information management; data completeness; environmental monitoring; environmental health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Distribuição de água na terra.....	18
Figura 2	Cronologia das diretrizes para qualidade da água para consumo humano.....	20
Figura 3	Ações básicas de operacionalização VIGIAGUA.....	27
Figura 4	Linha do tempo com as normas de potabilidade e as versões do SISAGUA.....	28
Figura 5	Localização do município de Ereré-CE.....	32
Figura 6	Fluxograma de etapas de pesquisa.....	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Principais parâmetros de qualidade da água para consumo humano segundo a Portaria GM/MS nº 888/2021.....	23
Quadro 2	- Parâmetros Básicos.....	35
Quadro 3	- Interpretação dos resultados de Cloro Residual Livre no sistema de abastecimento de água.....	39
Quadro 4	- Interpretação sanitária da detecção de <i>Escherichia coli</i> em diferentes pontos do sistema de abastecimento de água.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SISAGUA	Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SAC	Sistema Alternativo Coletivo
SAI	Sistema Alternativo Individual
MS	Ministério da Saúde
ANA	Agência Nacional de Água
OMS	Organização Mundial da Saúde
VIGIAGUA	Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano
SUS	Sistema Único de Saúde
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
pH	Potencial Hidrogeniônico
uH	Unidade Hazen
Ut	Unidade de Turbidez
RAD	Residual de Agente Desinfetante
CRL	Cloro Residual Livre
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
Lacen	Laboratório Central de Saúde Pública
VMP	Valores Máximos Permitidos
CAGECE	Companhia de água e esgoto do Ceará
SISAR	Sistema Integrado de Saneamento Rural

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	Geral	16
2.2	Específicos	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	Água subterrânea e abastecimento humano	17
3.2	Qualidade da água para consumo humano	18
3.2.1	Qualidade da água subterrânea	20
3.2.2	Parâmetros de Qualidade da Água para Consumo Humano	21
3.2.3	Influências geológicas nas águas subterrâneas do semiárido	23
3.3	Saúde pública e vulnerabilidade hídrica no semiárido	23
3.4	Vigilância da qualidade da água para consumo humano – VIGIAGUA	25
3.5	SISAGUA como ferramenta de gestão e monitoramento	27
3.6	Desafios da vigilância da qualidade da água em municípios de pequeno porte	28
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	31
4.1	Caracterização da pesquisa	31
4.2	Área de estudo	31
4.3	Instrumentos de pesquisa	33
4.3.1	Delimitação temporal	34
4.3.2	Plano de Amostragem Básico	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1	Caracterização das formas de abastecimento	39
5.1.1	Caracterização do Sistema de Abastecimento de Água Estudado	39
5.2	Análise dos parâmetros físico-químicos	40
5.3	Análise dos parâmetros organolépticos	43
5.4	Análise microbiológica	44
5.5	Regularidade do monitoramento	46
5.6	Discussão integrada	48
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
	REFERÊNCIAS	52
	ANEXO A – CROQUI DO SAA DE ERERÉ	56

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável à manutenção da vida, ao equilíbrio dos ecossistemas e ao desenvolvimento das atividades humanas, sendo sua qualidade um fator determinante para a saúde pública e para a qualidade de vida da população. O acesso à água em quantidade e qualidade adequadas constitui um direito fundamental, estando diretamente relacionado à prevenção de doenças de veiculação hídrica e à promoção do bem-estar social (Barbosa, 2023). Nesse sentido, a garantia da potabilidade da água destinada ao consumo humano é um dos principais desafios das políticas públicas de saneamento, especialmente em regiões com limitações hídricas.

Para Osório (2018), no Brasil, essa problemática se torna ainda mais evidente em áreas inseridas no semiárido nordestino, como o interior do estado do Ceará, onde as condições climáticas são caracterizadas por baixos índices pluviométricos, irregularidade das chuvas e elevada taxa de evaporação. Nesse contexto, a escassez de águas superficiais torna os aquíferos subterrâneos uma alternativa estratégica e, muitas vezes, a principal fonte de abastecimento para comunidades urbanas e rurais. Dessa forma, a exploração de águas subterrâneas assume papel fundamental na garantia do acesso à água para consumo humano (Osório, 2018).

Entretanto, apesar de sua relevância, a água subterrânea, mesmo estando mais protegida do que a água superficial, não está isenta de riscos à saúde. Suas características físico-químicas, organolépticas e microbiológicas podem apresentar variações decorrentes tanto de fatores naturais, como a composição geológica das formações aquíferas, quanto de influências antrópicas, como o uso inadequado do solo, disposição irregular de resíduos e ausência de saneamento básico. Problemas como elevada turbidez, concentrações inadequadas de fluoreto, presença de nitrato e contaminação por microrganismos patogênicos são observados, podendo comprometer a potabilidade da água e representar riscos à saúde pública, como aborda Fortes (2019).

Diante desse cenário, torna-se indispensável a atuação da vigilância da qualidade da água para consumo humano, a qual tem como objetivo assegurar que a água distribuída à população atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente, como a Portaria GM/MS nº 888/2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água no Brasil. Essa atuação envolve ações contínuas de monitoramento,

avaliação de riscos, controle de parâmetros de qualidade e adoção de medidas corretivas quando necessário, sendo essencial para a prevenção de agravos à saúde pública (Pereira, 2024).

No âmbito dessas ações, destaca-se o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA), instrumento desenvolvido pelo Ministério da Saúde que possibilita o registro, armazenamento e análise de dados referentes à qualidade da água em todo o território nacional (Brasil, 2026). O sistema constitui uma importante ferramenta para a gestão e o planejamento das ações de vigilância, permitindo o acompanhamento sistemático dos parâmetros analisados, a identificação de não conformidades e o suporte à tomada de decisões por parte dos gestores públicos (Oliveira *et al*, 2019).

Apesar da importância do SISAGUA como instrumento de vigilância, ainda existem limitações relacionadas à solidez dos dados inseridos no sistema e à disponibilidade de estudos locais sobre a qualidade da água subterrânea em municípios de pequeno porte do semiárido cearense (Brasil, 2026).

Nesse contexto, o município de Ereré, localizado no interior do estado do Ceará e inserido em uma região de características semiáridas, apresenta significativa dependência das águas subterrâneas para o abastecimento humano, o que reforça a necessidade de monitoramento contínuo da sua qualidade. Pressupõe-se que os dados do SISAGUA referentes ao município de Ereré–CE revelem não conformidades nos parâmetros de potabilidade, reflexo das limitações estruturais que caracterizam a vigilância da qualidade da água em municípios do semiárido cearense.

Apesar da relevância das águas subterrâneas para o abastecimento humano em municípios do semiárido, ainda são escassos estudos que avaliem a qualidade da água a partir dos dados oficiais de vigilância sanitária em escala municipal. No município de Ereré-CE, inexistem estudos recentes que sistematizem os dados do SISAGUA e avaliem sua conformidade com os padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

- Analisar a vigilância da qualidade da água subterrânea destinada ao consumo humano no município de Ereré–CE.

2.2 Específicos

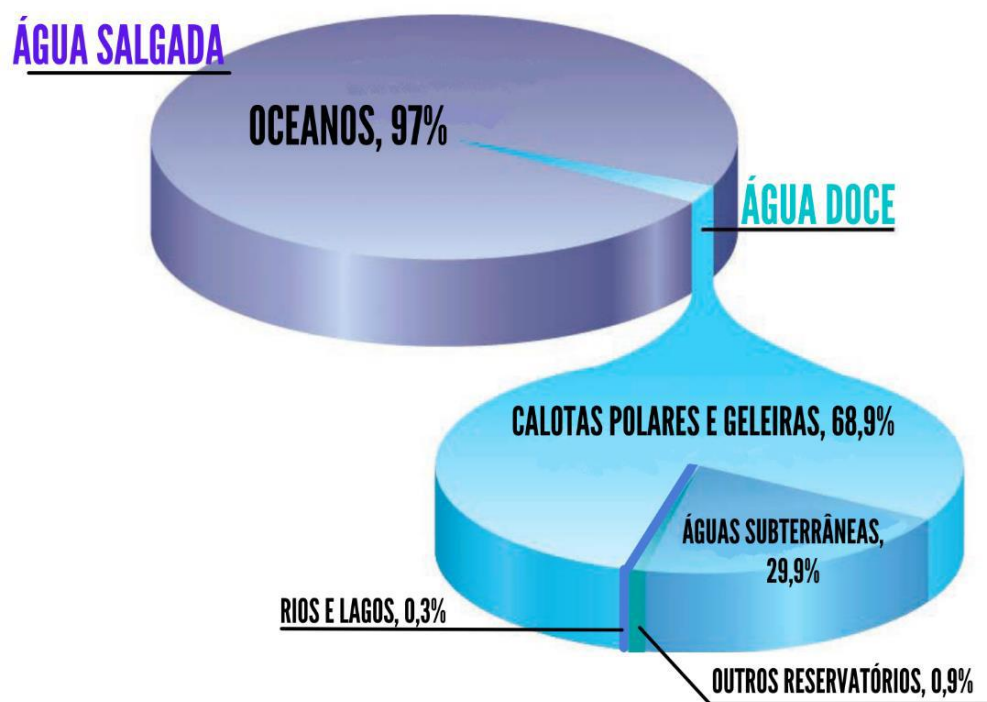
- Identificar dados dos sistemas de abastecimento de água (SAA), sistemas alternativos coletivos (SAC) e sistemas coletivos individuais (SAI) cadastrados no SISAGUA;
- Analisar os parâmetros de qualidade da água monitorados: microbiológicos, organolépticos e físico-químicos;
- Verificar a conformidade dos resultados com a Portaria GM/MS nº 888 de 2021;
- Avaliar a regularidade do monitoramento da qualidade da água no município.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Água subterrânea e abastecimento humano

A água subterrânea constitui uma das principais fontes de abastecimento hídrico para consumo humano, conforme ilustrado na Figura 1, especialmente em áreas onde a disponibilidade de águas superficiais é limitada ou irregular. Armazenada em formações geológicas denominadas aquíferos, essa água apresenta, em geral, melhor qualidade natural quando comparada às águas superficiais, devido ao processo de filtração natural pelo solo e pelas rochas, que contribui para a remoção de partículas e microrganismos (Fernandes, 2022).

Figura 1 – Distribuição de água na Terra



Fonte: Fernandes (2022).

No Brasil, a utilização de águas subterrâneas tem sido substancial nas últimas décadas, tanto em áreas urbanas quanto rurais, sendo frequentemente explorada por meio de poços tubulares profundos e poços escavados (Brasil, 2020). Em regiões semiáridas, como o nordeste brasileiro, essa fonte hídrica assume papel estratégico para o abastecimento humano, em razão da irregularidade das chuvas, da intermitência dos corpos hídricos superficiais e das elevadas

taxas de evaporação. Dessa forma, os aquíferos representam uma alternativa essencial para garantir o acesso à água, sobretudo em comunidades difusas e de difícil atendimento por sistemas convencionais de abastecimento (Brasil, 2020).

Entretanto, a qualidade da água subterrânea está diretamente relacionada às características geológicas e hidrogeoquímicas do aquífero, podendo apresentar concentrações naturais elevadas de determinados elementos, como sais dissolvidos, ferro, manganês e fluoreto. Além disso, atividades antrópicas, como o uso inadequado do solo, a disposição irregular de resíduos sólidos, a ausência de sistemas de esgotamento sanitário e o uso intensivo de insumos agrícolas, podem comprometer a qualidade dessa água, favorecendo a contaminação por nitrato, pesticidas e microrganismos patogênicos (Braga, 2017).

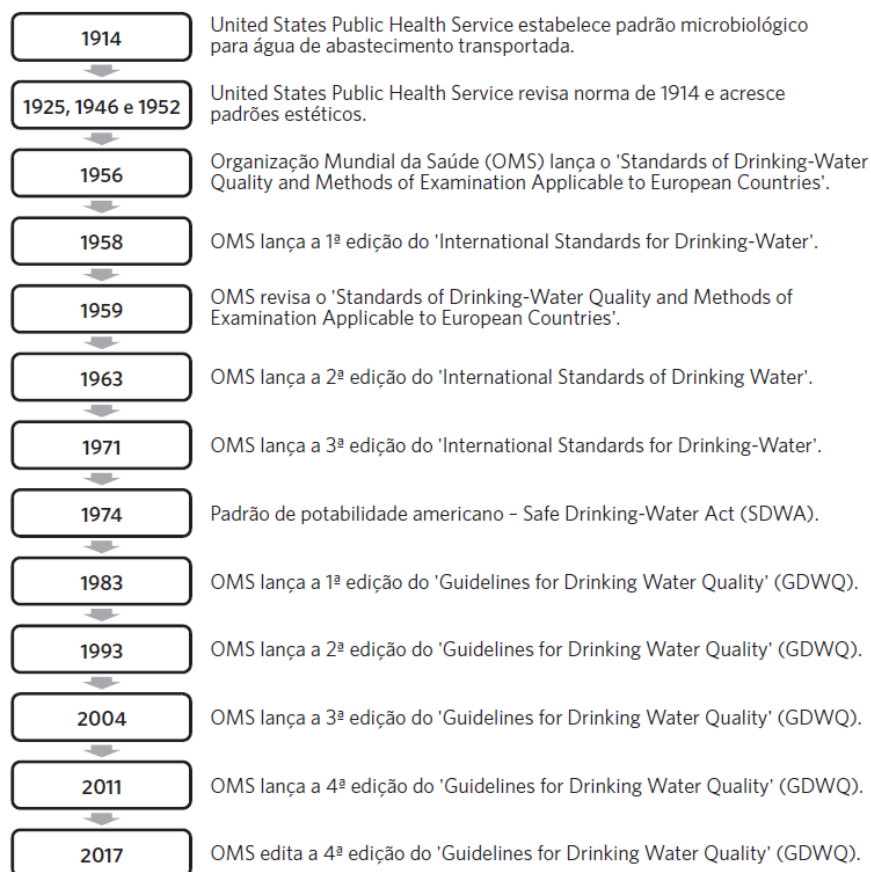
No contexto do abastecimento humano, a utilização de água subterrânea requer não apenas a captação adequada, mas também o monitoramento contínuo de sua qualidade, de modo a assegurar que atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos pelas normas sanitárias. Embora, em muitos casos, essa água demande menor tratamento em comparação às águas superficiais, não se pode prescindir de processos como desinfecção, especialmente quando há risco de contaminação microbiológica (Brasil, 2021).

3.2 Qualidade da água para consumo humano

A padronização da qualidade da água para consumo humano teve início em âmbito internacional na década de 1950, com as primeiras iniciativas da Organização Mundial da Saúde (OMS). Em 1956, foi publicado o *Standards of Drinking-Water Quality and Methods of Examination Applicable to European Countries*, representando a primeira tentativa de estabelecer critérios para avaliação da potabilidade da água, com foco na padronização de métodos analíticos, em 1958, a OMS lançou o *International Standards for Drinking-Water*, destinado a orientar os demais países, estabelecendo padrões mínimos de qualidade para o abastecimento doméstico (Fortes, 2019).

A partir de 1983, essas diretrizes foram unificadas com a publicação do *Guidelines for Drinking-Water Quality (GDWQ)*, que passou a consolidar recomendações globais sem distinção entre países. Ao longo dos anos, o documento foi atualizado, com novas edições publicadas em 1993, 2004 e 2011, sendo esta última revisada em 2017, como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Cronologia das diretrizes para qualidade da água para consumo humano



Fonte: Fortes (2019).

Segundo Guerra e Silva (2018), embora o Brasil possua normas relacionadas à potabilidade da água desde 1977, a estruturação da vigilância da qualidade da água para consumo humano como política pública ocorreu de forma mais consolidada apenas com a criação do Sistema Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde, no início dos anos 2000.

Nesse contexto, foi desenvolvido o VIGIAGUA – Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, com a finalidade de assegurar o acesso da população à água em quantidade suficiente e dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente, integrando as ações de promoção da saúde e prevenção de doenças de veiculação hídrica no âmbito do Sistema Único de Saúde – SUS (Brasil, 2026).

No Brasil, a portaria nº 888 de 4 de maio de 2021 do ministério da saúde (GM/MS Nº 888/21), que é responsável por garantir o padrão de potabilidade, juntamente com a CONAMA N.º 396/08, que dispõe sobre o enquadramento das águas subterrâneas, são responsáveis por garantir a qualidade das águas subterrâneas para o consumo humano.

Segundo a Portaria GM/MS nº 888/2021, as características físicas da água são importantes indicadores de sua qualidade e adequação para o consumo humano. Entre esses

parâmetros, destacam-se a cor, a turbidez e o potencial hidrogeniônico (pH). A cor está relacionada à presença de substâncias capazes de alterar a passagem da luz pela água, devendo apresentar valor inferior a 15 unidades Hazen (uH). A turbidez, associada à presença de partículas em suspensão que reduzem a transparência da água, possui valor máximo permitido de 5,0 unidades de turbidez (uT) para águas subterrâneas destinadas ao abastecimento humano. Já o pH, que expressa o grau de acidez ou alcalinidade da água, deve permanecer na faixa entre 6,0 e 9,5, de modo a garantir condições adequadas para o consumo humano (Brasil, 2021).

De acordo com Brasil (2006), a qualidade da água para consumo humano está diretamente relacionada à ocorrência de doenças de veiculação hídrica, que representam um importante problema de saúde pública, a ingestão de água contaminada por microrganismos patogênicos pode favorecer a disseminação de enfermidades como diarreia, hepatite A, cólera e febre tifoide, afetando principalmente populações em situação de vulnerabilidade social. Nesse contexto, indicadores microbiológicos, como presença de coliformes totais e *E. coli* são utilizados para avaliação do risco sanitário da água destinada ao consumo humano, assim, a vigilância da qualidade da água assume importante função epidemiológica (Brasil, 2006).

É importante destacar que tanto a qualidade da água quanto a sua quantidade e regularidade de fornecimento são fatores determinantes para o acometimento de doenças no homem (Silva, 2026).

3.2.1 Qualidade da água subterrânea

A qualidade das águas subterrâneas é favorecida pela proteção natural proporcionada pelo subsolo, que atua como filtro físico, químico e biológico, reduzindo a contaminação em comparação às águas superficiais. No entanto, essa qualidade não é uniforme e pode variar significativamente em função das características hidrogeológicas do aquífero e das influências antrópicas (Braga, 2017).

Entre os principais problemas associados à qualidade das águas subterrâneas, destaca-se a contaminação por nitrato, frequentemente relacionada à infiltração de efluentes domésticos em áreas sem cobertura de saneamento básico. Esse composto representa um risco significativo à saúde pública, como a metahemoglobinemia ("Síndrome do Bebê Azul") (Who, 2017). Além disso, a presença de microrganismos patogênicos, embora menos comum em águas subterrâneas profundas, pode ocorrer em poços mal construídos ou sem proteção sanitária adequada.

Outro aspecto relevante diz respeito à vulnerabilidade dos aquíferos à contaminação difusa, decorrente de atividades agrícolas, disposição inadequada de resíduos sólidos e ocupação desordenada do solo, fatores que podem comprometer a qualidade das águas subterrâneas destinadas ao consumo humano (Fernandes, 2022; Braga et al., 2017). Além disso, a ausência de monitoramento sistemático dessas fontes dificulta a identificação precoce de riscos e reduz a efetividade das ações de vigilância da qualidade da água (Brasil, 2016; Caminha, 2025).

De acordo com Fortes (2019), embora as águas subterrâneas representem uma alternativa estratégica para o abastecimento humano, sua utilização segura depende da implementação de práticas adequadas de captação, proteção sanitária, monitoramento contínuo da qualidade e cumprimento dos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente. Nesse contexto, a vigilância da qualidade da água assume papel fundamental na prevenção de riscos à saúde e na garantia do acesso à água segura.

3.2.2 Parâmetros de Qualidade da Água para Consumo Humano

A Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, estabelece os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano no Brasil, definindo os padrões de potabilidade que devem ser atendidos pelos sistemas e soluções alternativas de abastecimento. A normativa determina que a água destinada ao consumo humano deve apresentar características que não ofereçam riscos à saúde da população, sendo avaliada por meio de parâmetros microbiológicos, físico-químicos e organolépticos (Brasil, 2021).

Os parâmetros microbiológicos possuem elevada importância sanitária, pois indicam a possível presença de organismos patogênicos na água. Entre os principais indicadores estabelecidos pela portaria destacam-se os coliformes totais e a *Escherichia coli* (E. coli), sendo esta última considerada indicadora de contaminação fecal recente. A presença desses microrganismos demonstra falhas no sistema de abastecimento, tratamento ou armazenamento da água, podendo representar riscos à saúde pública devido à transmissão de doenças de veiculação hídrica.

Os parâmetros físico-químicos são utilizados para avaliar substâncias e características químicas que podem comprometer a potabilidade da água e causar impactos à saúde humana. Dentre os principais parâmetros monitorados destacam-se o potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, nitrato, fluoreto, cloro residual, dureza, ferro e compostos químicos potencialmente tóxicos. Alterações nesses parâmetros podem estar relacionadas tanto às características naturais

dos aquíferos quanto às atividades antrópicas, como disposição inadequada de resíduos, uso de fertilizantes agrícolas e ausência de saneamento básico.

Já os parâmetros organolépticos referem-se às características perceptíveis pelos sentidos humanos, como cor, sabor, odor e aspecto visual da água. Embora nem sempre estejam diretamente associados a riscos à saúde, alterações nesses parâmetros podem indicar problemas na qualidade da água e comprometer sua aceitabilidade pela população. A turbidez e a cor aparente, por exemplo, podem indicar presença de partículas em suspensão ou matéria orgânica, além de interferirem na eficiência do processo de desinfecção (Quadro 1).

A Portaria GM/MS nº 888/2021 também estabelece a frequência mínima de monitoramento dos parâmetros e as responsabilidades dos prestadores de serviço e órgãos de vigilância em saúde estaduais e municipais.

Quadro 1 - Principais parâmetros de qualidade da água para consumo humano segundo a Portaria GM/MS nº 888/2021

Grupo	Parâmetro	Finalidade	Riscos ou Alterações
Microbiológicos	Escherichia coli	Indicador de contaminação fecal recente	Presença de patógenos causadores de doenças de veiculação hídrica
Microbiológicos	Coliformes Totais	Avaliação das condições sanitárias da água e do sistema de distribuição	Indicam falhas na desinfecção, armazenamento ou distribuição
Físico-químicos	pH	Avalia a acidez ou alcalinidade da água	Alterações podem comprometer a desinfecção e causar corrosão
Físico-químicos	Nitrato	Indicador de contaminação por esgoto ou fertilizantes	Altas concentrações podem causar problemas à saúde, especialmente em crianças
Físico-químicos	Fluoreto	Relacionado à prevenção de cáries dentárias	Excesso pode causar fluorose dentária e óssea
Físico-químicos	Cloro Residual	Verifica a eficiência da desinfecção da água	Baixos níveis favorecem contaminação microbiológica
Organolépticos	Cor	Avalia alterações visuais da água	Pode indicar presença de matéria orgânica ou metais
Organolépticos	Turbidez	Mede a presença de partículas em suspensão	Pode dificultar a desinfecção e indicar contaminação.

Fonte: Adaptado de Brasil (2021).

3.2.3 Influências geológicas nas águas subterrâneas do semiárido

Nas regiões semiáridas do Nordeste brasileiro, as características geológicas exercem forte influência sobre a disponibilidade e a qualidade das águas subterrâneas. Grande parte desses territórios é composta por rochas cristalinas, formando aquíferos fissurais, nos quais a água circula principalmente através de fraturas e fissuras nas rochas. Esse tipo de aquífero apresenta baixa capacidade de armazenamento e vazões reduzidas, tornando a água subterrânea uma fonte limitada e vulnerável às condições climáticas da região (Silva, Carlos, 2023).

Segundo De Araújo (2022), grande parte do território cearense está inserida sobre formações do embasamento cristalino, constituídas predominantemente por rochas ígneas e metamórficas antigas, como granitos e gnaisses, essas formações apresentam baixa porosidade primária, de modo que a circulação e o armazenamento das águas subterrâneas ocorrem principalmente por meio de fraturas e fissuras nas rochas, resultando em aquíferos de reduzida capacidade de armazenamento e, geralmente, de baixa produtividade hídrica.

Ainda de acordo com Araújo (2022), além de influenciar a disponibilidade de água para abastecimento humano, essas características geológicas favorecem a ocorrência de águas com elevadas concentrações de sais dissolvidos, decorrentes do prolongado contato da água com os minerais das rochas e da intensa evaporação característica do clima semiárido. Como consequência, são frequentes valores elevados de salinidade, cloretos e dureza, fatores que podem comprometer a potabilidade da água e restringir seu uso para consumo humano e atividades agropecuárias (Araújo, 2022).

Outro aspecto importante é que os aquíferos cristalinos apresentam maior vulnerabilidade às variações climáticas e às pressões antrópicas, especialmente em áreas com deficiência de saneamento básico e uso inadequado do solo. A exploração excessiva dos poços e a ausência de proteção sanitária adequada podem contribuir para a degradação da qualidade da água subterrânea. (Braga, 2017).

3.3 Saúde pública e vulnerabilidade hídrica no semiárido

O Semiárido Brasileiro corresponde a uma região delimitada oficialmente pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), caracterizada por condições climáticas e hidrológicas que influenciam diretamente a disponibilidade de recursos hídricos e a qualidade de vida da população. A delimitação vigente considera critérios técnicos como precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm, índice de aridez de até 0,50,

calculado pelo balanço hídrico entre precipitação e evapotranspiração potencial, e percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60% durante o período analisado (Sudene, 2021).

Ainda para a Sudene (2021), essas características resultam em elevada variabilidade das chuvas, longos períodos de estiagem, altas taxas de evapotranspiração e limitada disponibilidade de águas superficiais, tornando as águas subterrâneas uma importante fonte de abastecimento para grande parte dos municípios inseridos nessa região, como é o caso de Ereré, no estado do Ceará.

Nesse contexto, grande parte da população, especialmente nas áreas rurais, depende das águas subterrâneas como principal fonte de abastecimento humano. Entretanto, a limitação quantitativa dos aquíferos cristalinos e a variabilidade da qualidade da água tornam essas populações mais vulneráveis aos impactos da escassez hídrica e às condições inadequadas de abastecimento (Brasil, 2020).

Além da escassez, a qualidade da água utilizada para consumo humano representa um importante desafio. A utilização de fontes sem monitoramento adequado pode favorecer a ocorrência de doenças de veiculação hídrica, como diarreias infecciosas, hepatite A, cólera e febre tifoide, associadas principalmente à contaminação microbiológica da água. A presença de *Escherichia coli* e coliformes totais constitui importante indicador de risco sanitário, da mesma forma, substâncias químicas como o nitrato, frequentemente associadas à ausência de saneamento básico, podem representar riscos à saúde humana, especialmente em crianças, devido à possibilidade de ocorrência de metemoglobinemia (Who, 2017; Brasil, 2021).

Nesse cenário, a vigilância em saúde ambiental desempenha papel fundamental na prevenção e controle dos riscos relacionados ao consumo de água inadequada. Por meio das ações desenvolvidas pelo Sistema Único de Saúde (SUS), especialmente através do Programa VIGIAGUA, são realizadas atividades de monitoramento contínuo da qualidade da água e de situações de risco à saúde da população. O uso de sistemas de informação, como o SISAGUA, possibilita o acompanhamento dos parâmetros de potabilidade, fortalecendo as estratégias de proteção da saúde coletiva e promoção do acesso à água segura (Brasil, 2006; Oliveira *et al.*, 2019).

A importância dessas ações torna-se ainda mais evidente diante do cenário de vulnerabilidade hídrica presente no semiárido nordestino, onde grande parcela da população depende de águas subterrâneas e de soluções alternativas de abastecimento. Além disso, estudos apontam que a ausência de monitoramento contínuo e de vigilância efetiva está associada ao aumento do risco de doenças de veiculação hídrica, especialmente em áreas de municípios de

pequeno porte, onde as limitações estruturais e laboratoriais dificultam o controle sistemático da qualidade da água (Oliveira *et al.*, 2019).

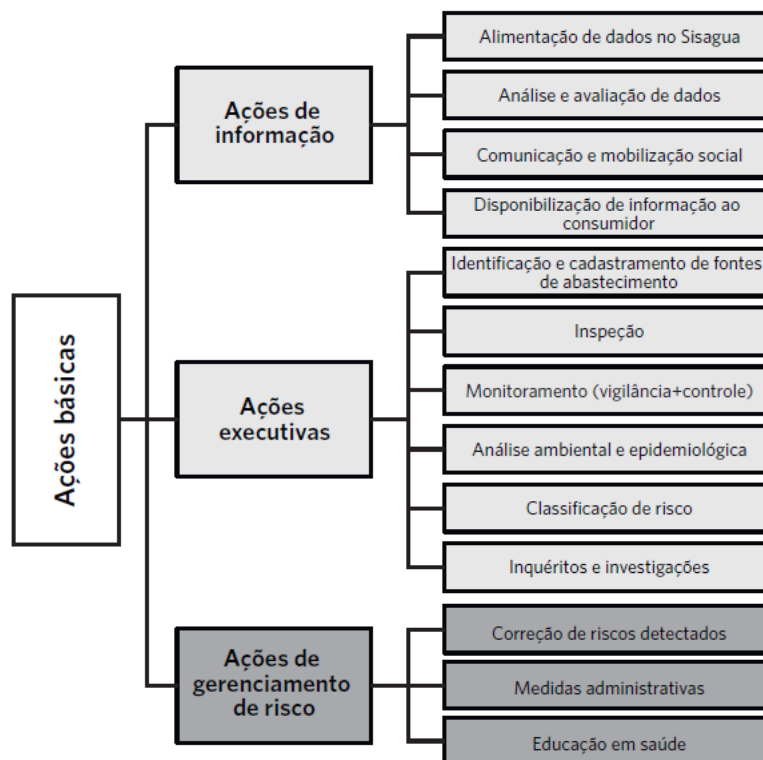
Dessa forma, a vigilância em saúde ambiental representa um importante instrumento de proteção da saúde pública, pois possibilita não apenas o acompanhamento da potabilidade da água, mas também o planejamento de ações intersetoriais voltadas à redução das vulnerabilidades sanitárias e ambientais. A atuação integrada entre SUS, vigilância sanitária, vigilância em saúde ambiental, gestão municipal e sistemas de informação fortalece a capacidade de resposta frente aos riscos relacionados à água, contribuindo para a promoção da saúde e para a garantia do acesso à água segura nas populações do semiárido brasileiro.

3.4 Vigilância da qualidade da água para consumo humano – VIGIAGUA

A Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA) constitui um conjunto de ações desenvolvidas no âmbito do SUS, com o objetivo de garantir que a água destinada ao consumo humano atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente, contribuindo para a prevenção de agravos à saúde, promoção da qualidade de vida da população, e integra a política nacional de vigilância em saúde ambiental, atuando com setores como saneamento, meio ambiente e recursos hídricos. Suas ações envolvem o monitoramento sistemático da qualidade da água e a identificação de riscos à saúde (Brasil, 2021).

Entre as principais atribuições do VIGIAGUA, destacam-se o cadastramento e a caracterização das formas de abastecimento de água, incluindo sistemas coletivos e soluções alternativas, o planejamento das ações de monitoramento, a análise dos dados de qualidade e a comunicação de riscos à população, as ações básicas do VIGIAGUA podem ser divididas ações de informação, executivas e de gerenciamento de risco, conforme dados da Figura 3. Estudos apontam que a efetividade dessas ações está diretamente relacionada à qualidade das informações geradas e à capacidade de gestão dos dados pelos municípios (Oliveira, 2019).

Figura 3 – Ações básicas de operacionalização VIGIAGUA



Fonte: Fortes (2019).

Um dos principais instrumentos operacionais do VIGIAGUA é o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA), que possibilita o registro, armazenamento e análise de dados referentes à qualidade da água em todo o território nacional (Brasil, 2026). O uso desse sistema tem se mostrado essencial para o acompanhamento dos parâmetros de potabilidade, identificação de não conformidades e suporte à tomada de decisão na gestão da saúde pública (Guerra; Silva, 2018).

Além disso, o VIGIAGUA também atua na promoção de ações educativas e na capacitação de profissionais, contribuindo para o fortalecimento da gestão da qualidade da água e para a conscientização da população sobre os riscos associados ao consumo de água inadequada. Essa abordagem integrada é fundamental para a melhoria das condições sanitárias e para a efetividade das políticas públicas de saúde ambiental (Brasil, 2026).

Como afirma Sousa Caminha (2025), para que o programa VIGIAGUA seja considerado efetivamente implementado em um município, é necessário que sejam executadas de forma integrada as ações de cadastro das formas de abastecimento, controle da qualidade da água e vigilância contínua, ou seja, ter realizado as três ações: cadastro, controle e vigilância nos anos de referência. Essas atividades são fundamentais para o monitoramento sanitário e para prevenção e proteção da saúde pública.

3.5 SISAGUA como ferramenta de gestão e monitoramento

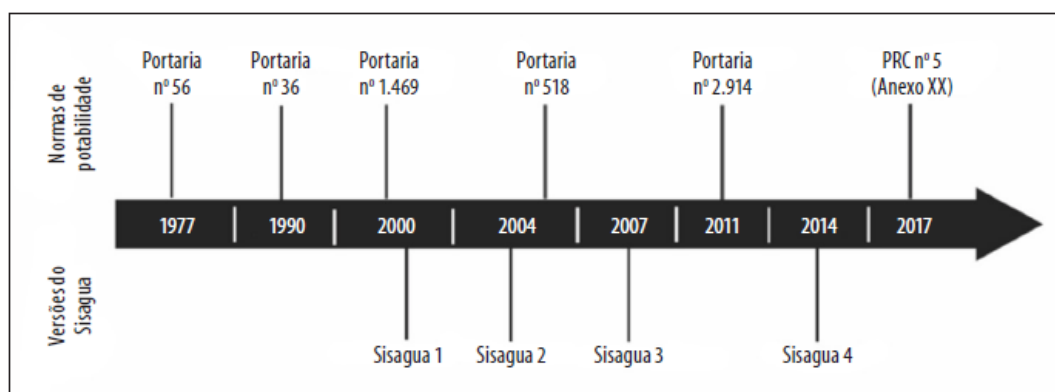
O SISAGUA constitui uma das principais ferramentas utilizadas pelo Ministério da Saúde para o gerenciamento das informações relacionadas à qualidade da água destinada ao consumo humano no Brasil. O sistema foi desenvolvido com o objetivo de subsidiar as ações do Programa VIGIAGUA, permitindo o cadastramento das formas de abastecimento, o registro das análises laboratoriais e o acompanhamento contínuo das condições de potabilidade da água ofertada à população (Brasil, 2021).

Em janeiro de 2014, foi disponibilizada a quarta versão do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA 4), desenvolvida a partir da reformulação e aprimoramento da versão anterior. O sistema passou a ser estruturado conforme as diretrizes estabelecidas pela Portaria GM/MS nº 2.914/2011, pelo Programa VIGIAGUA e pelo Plano Nacional de Amostragem, incorporando informações relacionadas ao tratamento, à qualidade da água, às formas de abastecimento e aos indicadores de vigilância (Oliveira, 2019).

Posteriormente, com a publicação da Portaria GM/MS nº 888/2021, que revogou o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 e passou a estabelecer os atuais procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, o SISAGUA permaneceu como o sistema oficial de registro das ações do VIGIAGUA, sendo adequado às novas exigências normativas, especialmente quanto aos parâmetros de monitoramento, aos procedimentos de cadastramento e ao registro das informações relacionadas às formas de abastecimento e aos resultados das análises de potabilidade (Brasil, 2021).

A Figura 4 apresenta a linha do tempo com as normas de potabilidade e as versões do SISAGUA.

Figura 4 – Linha do tempo com as normas de potabilidade e as versões do SISAGUA



Fonte: Oliveira (2019).

O SISAGUA possibilita a integração de informações provenientes dos sistemas públicos de abastecimento e das soluções alternativas coletivas e individuais, reunindo dados referentes aos parâmetros microbiológicos, físico-químicos e organolépticos monitorados pelos serviços de saúde e prestadores de abastecimento (Oliveira, 2019). Dessa forma, o sistema contribui para a construção de diagnósticos situacionais sobre a qualidade da água, auxiliando na identificação de áreas de risco e na definição de estratégias de intervenção e controle sanitário (Oliveira, 2019).

Por meio dos dados registrados, é possível identificar não conformidades em relação aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente, acompanhar tendências temporais dos parâmetros analisados e avaliar a eficiência das ações de controle e vigilância (Brasil, 2021). Outro aspecto relevante do sistema é sua contribuição para a transparência das informações e para o fortalecimento das políticas públicas voltadas ao saneamento e à saúde ambiental.

Entretanto, apesar de sua relevância, para Sousa Caminha (2025) o SISAGUA ainda enfrenta desafios relacionados à alimentação contínua e à qualidade das informações registradas, principalmente em municípios de pequeno porte. Problemas como inconsistências nos dados, subnotificação e limitações estruturais das equipes técnicas podem comprometer a efetividade do sistema como instrumento de vigilância e gestão.

3.6 Desafios da vigilância da qualidade da água em municípios de pequeno porte

Para Sousa Caminha e Lopes (2025), a vigilância da qualidade da água para consumo humano em municípios de pequeno porte enfrenta desafios estruturais e operacionais que podem comprometer a efetividade das ações de monitoramento e controle sanitário. Entre as

principais dificuldades destacam-se a subnotificação e as falhas na alimentação do SISAGUA, que comprometem a qualidade das informações disponíveis, dificultam a identificação de áreas de risco, podem mascarar situações de não conformidade e reduzem a capacidade de planejamento e tomada de decisão pelos gestores públicos.

Além disso, a limitação da capacidade técnica das equipes municipais, associada à insuficiência de recursos humanos, financeiros e laboratoriais, representa um obstáculo para a execução das ações do VIGIAGUA. Em municípios de pequeno porte, a elevada rotatividade de profissionais e o acúmulo de atribuições pelos serviços de vigilância podem comprometer a realização das coletas, o acompanhamento contínuo dos sistemas de abastecimento e a adequada alimentação do SISAGUA, reduzindo a efetividade das ações de vigilância e a confiabilidade das análises sobre a qualidade da água (Caminha, 2025).

Essas limitações são compatíveis com os achados desta pesquisa, que evidenciaram inconsistências nos registros do SISAGUA e baixa representatividade das formas alternativas de abastecimento no município de Ereré, reforçando a necessidade de aprimoramento da gestão da informação e do monitoramento contínuo.

As dificuldades no monitoramento contínuo também estão relacionadas à ampla dispersão geográfica das comunidades rurais e à elevada dependência de soluções alternativas individuais de abastecimento, como poços e cisternas, frequentemente desprovidos de controle sistemático da qualidade da água. Nesse contexto, a fragilidade das ações de vigilância pode aumentar os riscos de exposição da população a contaminantes microbiológicos e físico-químicos, reforçando a necessidade de fortalecimento das políticas públicas voltadas à saúde ambiental e ao saneamento em municípios de pequeno porte.

Cabe destacar ainda que, de acordo com Brasil (2016), embora o monitoramento da qualidade da água seja uma ferramenta essencial para as ações de vigilância em saúde ambiental, sua utilização isolada apresenta limitações na avaliação dos riscos à saúde da população. Isso ocorre porque os planos de amostragem são elaborados com base em critérios estatísticos e probabilísticos, o que implica que os resultados obtidos representam apenas uma parcela da realidade, estando sujeitos a determinadas incertezas.

Além disso, a identificação e quantificação de microrganismos patogênicos na água podem ser dificultadas por limitações técnicas. Outro aspecto relevante é que os resultados do monitoramento refletem as condições da água no momento da coleta, fornecendo informações sobre uma situação já ocorrida e, muitas vezes, após o consumo pela população. Dessa forma, o monitoramento deve ser complementado por ações preventivas, gestão de riscos e vigilância

continua para garantir maior segurança no abastecimento de água para consumo humano (Brasil, 2016).

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Caracterização da pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza aplicada, com abordagem quali-quantitativa e caráter descritivo-documental. A abordagem quantitativa fundamentou-se na utilização de dados numéricos provenientes do SISAGUA, permitindo a análise de frequências, percentuais e conformidade dos parâmetros de qualidade da água. Paralelamente, a abordagem qualitativa possibilitou a interpretação crítica desses resultados à luz da legislação vigente, da literatura científica e das características do contexto local, contribuindo para a compreensão das fragilidades e potencialidades da vigilância da qualidade da água no município de Ereré.

Segundo Gil (2019), a pesquisa quantitativa busca compreender os fenômenos por meio da mensuração objetiva e da análise sistemática dos dados, enquanto a pesquisa qualitativa favorece a interpretação dos fenômenos em seu contexto. De forma complementar, Pitanga (2020) destaca que a integração entre abordagens qualitativa e quantitativa amplia a compreensão do objeto de estudo, permitindo que os dados numéricos sejam analisados conjuntamente com aspectos interpretativos e contextuais, proporcionando maior consistência aos resultados da pesquisa.

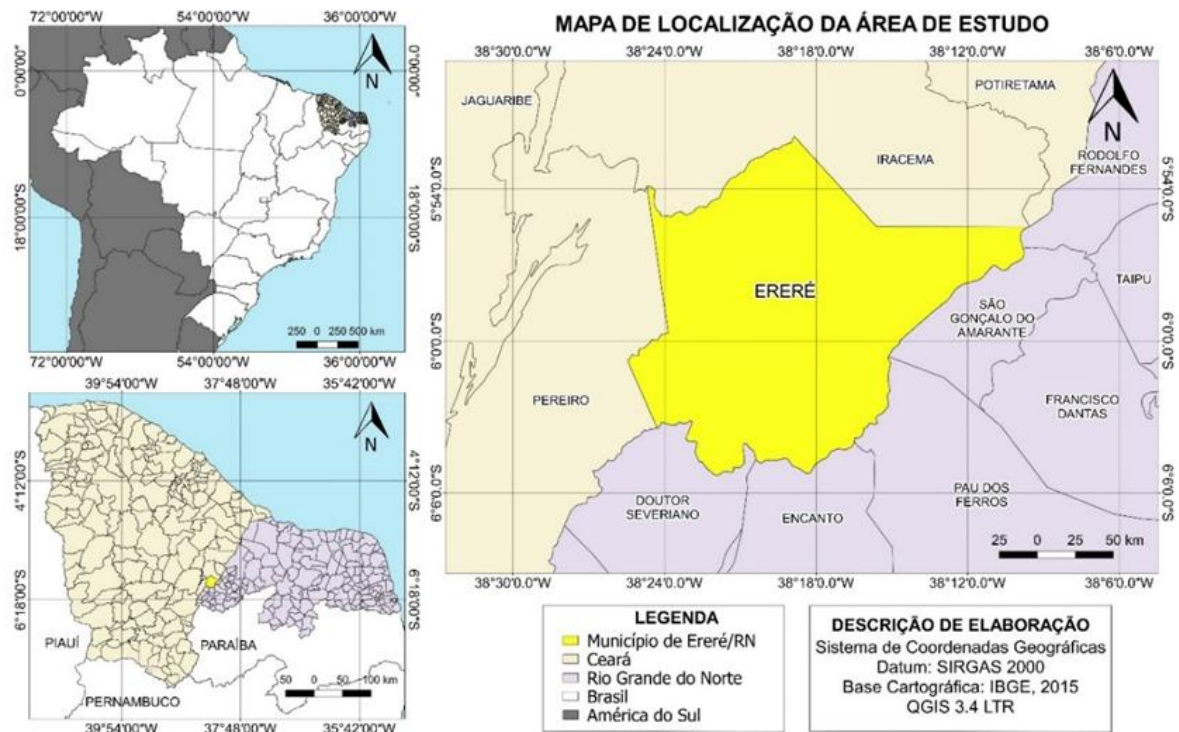
O estudo foi desenvolvido a partir da análise de documentos cedidos pela CAGECE, pela vigilância sanitária municipal e por dados secundários obtidos no Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA), relacionados ao monitoramento da água subterrânea destinada ao consumo humano no município de Ereré–CE.

4.2 Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Ereré – CE (Figura 5), tendo uma área territorial equivalente a 362,906 km², estando a 314 km da capital Fortaleza – CE, o município possui em média uma população de 6.474 habitantes (Ibge, 2023). Ereré integra oficialmente o Semiárido Brasileiro, segundo a delimitação estabelecida pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), apresentando condições naturais típicas dessa região, marcadas por elevada variabilidade climática e forte dependência das águas subterrâneas para o abastecimento humano (Sudene, 2021).

A principal atividade econômica do município é relacionada com a administração pública (administração, educação e saúde pública), seguida pelo setor de serviços, estando a agropecuária e a indústria em patamares menores de contribuição (Ibge, 2023).

Figura 5 - Localização do município de Ereré-CE



Fonte: Queiroz Junior *et al.* (2020).

Segundo Sousa (2012), geologicamente, Ereré está inserido no domínio do embasamento cristalino da Província Borborema, composto predominantemente por rochas graníticas e metamórficas de baixa permeabilidade. Essas características fazem com que o armazenamento e a circulação das águas subterrâneas ocorram principalmente através de fraturas nas rochas, limitando a disponibilidade hídrica dos aquíferos cristalinos. De acordo Souza *et al.* (2021), a baixa permeabilidade do embasamento constitui um dos principais fatores de vulnerabilidade ambiental da Sub-bacia do Rio Figueiredo o qual está inserido, influenciando diretamente a disponibilidade de água subterrânea.

Do ponto de vista geomorfológico, de acordo com Sousa (2012), Ereré integra o sistema ambiental denominado Sertões de Pereiro/Ereré, caracterizado por relevo suavemente ondulado desenvolvido sobre o embasamento cristalino, compondo a Depressão Sertaneja. Essa unidade apresenta condicionantes naturais que influenciam a dinâmica do escoamento superficial, da

infiltração e dos processos erosivos, sendo considerada de elevada suscetibilidade à desertificação quando associada ao uso inadequado do solo (Souza et al, 2021).

O município apresenta clima semiárido quente, caracterizado por temperaturas elevadas durante praticamente todo o ano, precipitações concentradas em poucos meses e elevados índices de evapotranspiração, essas condições climáticas favorecem a ocorrência de longos períodos de estiagem, reduzindo a disponibilidade de águas superficiais (Sudene, 2021). Os recursos hídricos de Ereré são constituídos por cursos d'água de regime predominantemente intermitente e por aquíferos subterrâneos associados ao embasamento cristalino, em decorrência das limitações hidrogeológicas impostas pela baixa permeabilidade das rochas (Sousa, 2012).

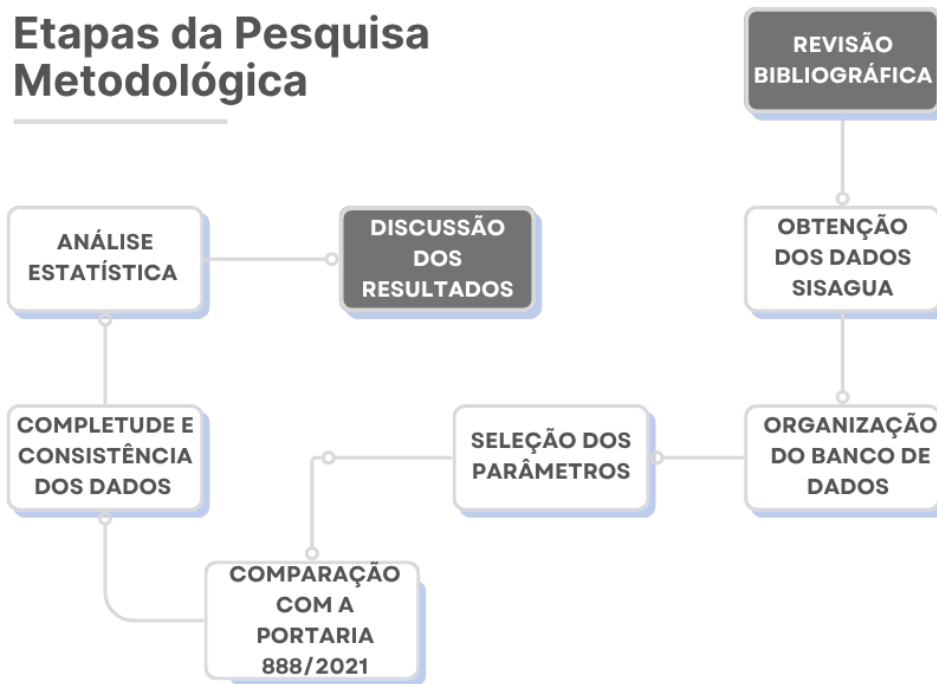
Os solos predominantes apresentam vulnerabilidade moderada aos processos erosivos, sobretudo quando associados à degradação da cobertura vegetal. Segundo Souza et al. (2021), os sistemas ambientais dos Sertões de Pereiro/Ereré apresentam suscetibilidade elevada à desertificação em função da interação entre características geológicas, condições dos solos e cobertura vegetal predominante composta pela Caatinga, apresentando diferentes graus de conservação em função do uso e ocupação do solo.

4.3 Instrumentos de pesquisa

Realizou-se um levantamento bibliográfico para subsidiar a compreensão dos conceitos abordados e o entendimento da problemática investigada. Para isso, foram consultadas bases de dados como ScienceDirect, SciELO, repositórios institucionais e Google Acadêmico, nos quais foram selecionados artigos científicos, dissertações, teses, livros, manuais, guias e documentos normativos relacionados à qualidade da água para consumo humano.

Dessa forma, a metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho foi organizada nas seguintes etapas: Revisão bibliográfica; Obtenção de dados; Organização do banco de dados; Seleção dos parâmetros; Comparação com a Portaria 888/2021; Completude e consistência dos dados; Análise estatística; Discussão dos resultados (Figura 6).

Figura 6 – Fluxograma de etapas da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2026).

4.3.1 Delimitação temporal

Foram analisados os dados do período de janeiro de 2024 a dezembro 2025, selecionado por representar uma fase de transição na gestão municipal de Ereré, fator que pode influenciar diretamente a organização das ações de vigilância em saúde ambiental, incluindo possíveis mudanças no quadro de profissionais responsáveis pela alimentação e monitoramento do SISAGUA. Além disso, o recorte temporal foi definido devido à mudança na classificação do município quanto à implementação do programa VIGIAGUA.

Segundo o Boletim Epidemiológico Nº 11/2025 da Secretaria de Saúde do Estado do Ceará, no ano de 2024, o município encontrava-se classificado entre aqueles que realizavam duas etapas do programa, correspondentes ao cadastro e à vigilância, já em 2025, Ereré passou a integrar a lista de municípios com as três etapas do VIGIAGUA implementadas: cadastro, controle e vigilância. Essa mudança evidencia um avanço na estruturação das ações de monitoramento da qualidade da água para consumo humano no município, tornando o período analisado relevante para avaliação da vigilância da qualidade da água subterrânea e da utilização do SISAGUA como ferramenta de gestão e monitoramento.

No total, dentro do período definido foram enviadas para análise 336 amostras, 14 amostras mensalmente encaminhadas sob refrigeração para a unidade do Laboratório Central de Saúde Pública, o Lacen em Fortaleza.

4.3.2 Plano de Amostragem Básico

A definição dos parâmetros e da frequência de monitoramento da qualidade da água para consumo humano segue os critérios estabelecidos pela Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, instrumento que orienta as ações de vigilância em saúde ambiental em todo o território nacional (Brasil, 2016), como detalha a Tabela 1.

Tabela 1 – Número mínimo mensal de amostras analisadas para os parâmetros cloro residual livre, turbidez, coliformes totais/*Escherichia coli*, segundo faixa populacional do município

Parâmetros	População (Hab.)					
	0 a 5.000	5.001 a 10.000	10.001 a 50.000	50.001 a 200.000	200.001 a 500.000	Superior a 500.001
Cloro residual	6	9	8 + (1 para cada 7,5 mil habitantes)	10 + (1 para cada 10 mil habitantes)	20 + (1 para cada 20 mil habitantes)	35 + (1 para cada 50 mil habitantes)
Turbidez						
Coliformes totais						
<i>Escherichia coli</i>						

Fonte: Adaptado de Brasil (2016).

Os dados utilizados na pesquisa foram obtidos por meio do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA), plataforma vinculada ao Ministério da Saúde e utilizada pelas equipes de vigilância em saúde para registro e acompanhamento das informações referentes ao abastecimento e à qualidade da água para consumo humano.

Foram considerados os resultados das análises laboratoriais realizadas em amostras de água subterrânea destinadas ao abastecimento da população, contemplando os seguintes parâmetros básicos, são eles: turbidez (uT), cor aparente (uH), pH, cloro residual livre (mg/L), coliformes totais e *Escherichia coli*, relacionados ao abastecimento por águas subterrâneas, como mostra o Quadro 2.

Quadro 2 – Parâmetros Básicos

Parâmetro	Unidade	Valor de referência	Análise
Turbidez	uT ¹	VMP ³ : 5	Lacen - CE
Cor Aparente	uH ²	VMP: 15	Lacen - CE
pH	-	6,5 a 8,5	In loco
Cloro residual livre	Mg/L	0,2 a 5,0	In loco
Coliformes totais	-	Ausência em 100 ml	Lacen - CE
Escherichia coli	-	Ausência em 100 ml	Lacen - CE

Fonte: Adaptada de Brasil (2021).

Notas:

¹ uT – significa unidade de turbidez, valores acima de 5 uT indicam que a água está turva, o que pode comprometer a desinfecção e sinalizar a presença de micro-organismos e impurezas;

² uH – significa unidade Hazen (mg Pt-Co/L), e o limite garante que a água não apresente coloração perceptível;

³ VMP – refere-se ao limite máximo de concentração de substâncias poluentes ou contaminantes permitidos em água potável.

No Sistema de Abastecimento de Água (SAA) da sede do município de Ereré, os pontos de monitoramento da qualidade da água cadastrados no SISAGUA estão distribuídos em duas situações distintas: na saída do tratamento e no sistema de distribuição. Dessa forma, todas as amostras analisadas no âmbito deste estudo foram coletadas nesses dois pontos de controle, permitindo avaliar tanto a eficiência do processo de desinfecção realizado pela operadora quanto as condições de qualidade da água ao longo da rede de abastecimento até o consumidor final.

4.4 Tratamento Estatístico

Os dados obtidos por meio do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) foram inicialmente organizados em planilhas eletrônicas no Microsoft Excel®, sendo posteriormente submetidos à análise estatística descritiva. Foram calculadas frequências absolutas e relativas dos resultados conformes e não conformes em relação aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

Para os parâmetros organolépticos/físico-químicos avaliados (turbidez, cor aparente, pH e cloro residual livre), foram determinados valores máximos permitidos (VMP) e percentuais de conformidade/não conformidade, possibilitando a caracterização da qualidade da água

subterrânea monitorada no município. Para os parâmetros microbiológicos (coliformes totais e *Escherichia coli*) (Tabela 2) foram calculadas as frequências de ocorrência e ausência dos microrganismos, considerando os limites estabelecidos pela legislação vigente.

Tabela 2 – Variáveis dos parâmetros por grupo

Grupo	Variável
Físico-químicos	pH
Físico-químicos	Cloro residual livre
Organolépticos	Cor
Organolépticos	Turbidez
Microbiológicos	Coliformes totais
Microbiológicos	E. coli

Fonte: Autoria própria (2026).

Além disso, os resultados foram analisados de forma temporal, considerando o período compreendido entre os anos de 2024 e 2025, permitindo identificar possíveis variações no monitoramento e na qualidade da água ao longo do período estudado. Os dados foram apresentados por meio de tabelas e quadros comparativos, visando facilitar a interpretação dos resultados e sua discussão à luz da literatura científica e da legislação aplicável.

A avaliação da conformidade dos parâmetros analisados foi realizada mediante comparação direta com os valores máximos permitidos e padrões de referência estabelecidos pelo Anexo XX, da Portaria de Consolidação nº 5/2017, alterado pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

4.5 Limitação da Pesquisa

Como limitação, destaca-se a utilização de dados secundários provenientes do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA), cuja confiabilidade está condicionada à qualidade do preenchimento e atualização das informações pelos órgãos responsáveis.

Além disso, verificou-se a ausência de registros referentes a determinadas formas de abastecimento rural, especialmente Soluções Alternativas Coletivas (SAC) e Soluções Alternativas Individuais (SAI), durante o período analisado, o que restringe a abrangência da

avaliação da qualidade da água no município, ademais, ficaram evidentes inconsistências entre o número de amostras enviadas para análise e o número de análises efetivamente realizadas.

Cabe destacar que os dados disponibilizados pelo SISAGUA refletem a qualidade da água no momento da coleta, sendo publicados apenas após a conclusão das análises laboratoriais. Dessa forma, os resultados possuem caráter retrospectivo e podem não representar integralmente as condições da água no momento da consulta, constituindo uma limitação inerente ao sistema de monitoramento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização das formas de abastecimento

De acordo com o cadastro das formas de abastecimento do SISAGUA, o município de Ereré possui diferentes formas de abastecimento de água para consumo humano, incluindo sistemas operados pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) e pelo Sistema Integrado de Saneamento Rural (SISAR), apresenta também Soluções Alternativas Coletivas (chafarizes) e Soluções Alternativas Individuais (cisternas).

Já segundo o Anexo A da CAGECE, na sede municipal, o abastecimento é realizado exclusivamente por poços tubulares operados pela CAGECE, caracterizando-se como Sistema de Abastecimento de Água (SAA). Na zona rural, destacam-se sistemas gerenciados pelo SISAR em localidades como Melancias, Catolé, Baixio, Seriema e Varzinha, os quais também utilizam predominantemente águas subterrâneas como fonte de abastecimento.

Embora o município possua diferentes modalidades de abastecimento, o presente estudo foi delimitado aos dados referentes aos Sistemas de Abastecimento de Água operados pela CAGECE. Essa definição metodológica ocorreu em razão da maior disponibilidade, regularidade e continuidade dos registros inseridos no Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) durante os anos de 2024 e 2025. Verificou-se que os dados provenientes dos sistemas operados pelo SISAR e de outras formas de abastecimento apresentavam registros insuficientes ou descontinuados no período analisado, o que poderia comprometer a consistência estatística e a comparabilidade dos resultados.

Dessa forma, a análise concentrou-se exclusivamente nos pontos de monitoramento vinculados à CAGECE, permitindo uma avaliação mais robusta da qualidade da água subterrânea distribuída à população urbana do município. Essa delimitação contribui para aumentar a confiabilidade das análises realizadas e garantir maior representatividade dos resultados obtidos a partir dos dados disponíveis no SISAGUA.

5.1.1 Caracterização do Sistema de Abastecimento de Água Estudado

O Sistema de Abastecimento de Água analisado neste estudo é operado pela CAGECE e abastece a sede do município de Ereré-CE por meio da exploração de águas subterrâneas, correspondendo à totalidade da população urbana abastecida por esse sistema durante o período analisado. De acordo com o Croqui Operacional do Sistema (Anexo A), o abastecimento é

realizado a partir de poços tubulares profundos distribuídos no território municipal, dos quais parte se encontra desativada e parte permanece em operação.

A água captada é submetida ao processo de desinfecção por cloração e posteriormente encaminhada para reservação em reservatório elevado com capacidade de 100 m³, sendo então distribuída à população por meio da rede pública de abastecimento. A existência de unidades de cloração e reservação demonstra a adoção de etapas essenciais para garantia da qualidade da água distribuída à população. Nesse contexto, o monitoramento realizado pelo VIGIAGUA e registrado no SISAGUA é fundamental para avaliar a eficiência dessas estruturas e verificar o atendimento aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

5.2 Análise dos parâmetros físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos constituem importantes indicadores da qualidade da água destinada ao consumo humano, permitindo avaliar tanto a eficiência dos processos de tratamento quanto a manutenção das características adequadas durante a distribuição. Entre os parâmetros monitorados pelo VIGIAGUA, destacam-se o potencial hidrogeniônico (pH) e o cloro residual livre, por sua estreita relação com a segurança sanitária da água e com a eficiência da desinfecção.

O pH expressa a concentração de íons hidrogênio presentes na água, indicando seu grau de acidez ou alcalinidade. Além de influenciar características organolépticas, esse parâmetro exerce papel fundamental na eficiência dos processos de tratamento, especialmente da desinfecção por cloro. Valores de pH fora da faixa recomendada podem reduzir a ação desinfetante do cloro e favorecer processos de corrosão ou incrustação nas tubulações do sistema de abastecimento. De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, a água destinada ao consumo humano deve apresentar pH compreendido entre 6,0 e 9,5.

Por sua vez, o cloro residual livre representa a quantidade de cloro disponível na água após o processo de desinfecção, sendo responsável por manter a proteção microbiológica ao longo da reservação e da rede de distribuição. Sua presença em concentrações adequadas funciona como uma barreira sanitária contra a proliferação de microrganismos e possíveis eventos de recontaminação da água.

Dessa forma, o monitoramento contínuo desse parâmetro permite avaliar a eficiência da cloração e verificar se a água distribuída à população permanece protegida durante todo o percurso entre a unidade de tratamento e os pontos de consumo. A Tabela 3 mostra os resultados dos parâmetros físico-químicos avaliados no período estudado.

Tabela 3 – Resultados dos parâmetros físico-químicos pH e Cloro Residual Livre em Ereré-CE, 2024–2025

Parâmetro	Ano	Análises realizadas (n)	Conformes (%)	Não conformes (%)
pH	2024	165	(100,00)	(0,00)
pH	2025	168	(100,00)	(0,00)
Cloro residual livre	2024	165	(100,00)	(0,00)
Cloro residual livre	2025	168	(61,90)	(38,10)

Fonte: Adaptada de Brasil (2025).

Foram identificadas 64 análises com concentrações de cloro residual livre superiores ao limite máximo de 5,0 mg/L estabelecido pela Portaria GM/MS nº 888/2021, ou seja, 38,10% das análises apresentaram não conformidade para cloro residual livre. Observou-se que a maior parte dessas ocorrências apresentou valor de 5,50 mg/L, repetindo-se em diferentes pontos da rede e períodos do ano, o que pode estar relacionado tanto a episódios de supercloração quanto a características do método de medição ou do registro dos dados no sistema.

Sua interpretação deve considerar o local de coleta da amostra (Quadro 3) e as características operacionais do sistema monitorado, uma vez que concentrações inadequadas podem indicar falhas na cloração, consumo excessivo do desinfetante na rede ou necessidade de ajustes operacionais.

Quadro 3 – Interpretação dos resultados de Cloro Residual Livre no sistema de abastecimento de água (Continua)

Situação do monitoramento	Faixa de concentração	Interpretação	Possíveis implicações
Pós-desinfecção / Sistema de distribuição	< 0,20 mg/L	Residual insuficiente de cloro na água distribuída.	Pode indicar falhas na desinfecção, consumo excessivo do cloro na rede ou necessidade de recloração. Aumenta a vulnerabilidade à recontaminação microbiológica.
Pós-desinfecção / Sistema de distribuição	0,20 a 2,00 mg/L	Faixa considerada adequada e recomendada para manutenção da proteção sanitária.	Garante a manutenção do efeito desinfetante ao longo da distribuição, contribuindo para a segurança microbiológica da água.

Quadro 3 – Interpretação dos resultados de Cloro Residual Livre no sistema de abastecimento de água (Conclusão)

Pós-desinfecção / Sistema de distribuição	2,01 a 5,00 mg/L	Concentração acima do valor recomendado, porém ainda dentro do padrão de potabilidade.	Pode ocasionar alterações de gosto e odor, levando à rejeição da água pela população e ao uso de fontes alternativas potencialmente inseguras.
Pós-desinfecção / Sistema de distribuição	> 5,00 mg/L	Não conformidade com o padrão de potabilidade.	Pode representar risco à saúde e indicar problemas operacionais, como falhas nos equipamentos de dosagem ou supercloração da água.

Fonte: Adaptado de Brasil (2012;2021).

Dessa forma, os resultados devem ser interpretados com cautela, exigindo avaliação complementar dos procedimentos operacionais principalmente por se tratar de uma medição feita *in loco* pela equipe técnica municipal.

Com base nos dados analisados, o parâmetro pH apresentou resultados satisfatórios durante todo o período estudado. Em 2024, foram registradas 165 análises, enquanto em 2025 foram contabilizadas 168 análises, sendo que todas as amostras permaneceram dentro da faixa de potabilidade estabelecida pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que determina valores entre 6,0 e 9,5. Os resultados variaram entre 7,0 e 7,8 em 2024 e entre 6,0 e 7,8 em 2025 (Tabela 3), demonstrando que a água distribuída pelo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) de Ereré apresentou características próximas à neutralidade.

Tabela 4 – Valores mínimos e máximos verificados nas amostras para parâmetros físico-químicos 2024-2025.

Parâmetro	Ano	Valor mínimo	Valor máximo
pH	2024	7,0	7,8
pH	2025	6,0	7,8
Cloro residual livre (mg/L)	2024	0,42	5,0
Cloro residual livre (mg/L)	2025	0,24	5,50

Fonte: Adaptada de Brasil (2025).

Esses resultados são importantes do ponto de vista operacional e sanitário, uma vez que valores adequados de pH favorecem a eficiência da desinfecção por cloro, reduzem riscos de

corrosão ou incrustação nas tubulações e contribuem para a manutenção da qualidade da água distribuída à população. Dessa forma, os dados indicam estabilidade desse parâmetro ao longo do período avaliado e evidenciam a conformidade do sistema de abastecimento com os padrões de potabilidade vigentes.

5.3 Análise dos parâmetros organolépticos

Os parâmetros turbidez e cor aparente apresentaram elevado percentual de conformidade durante o período analisado. Em 2024, todas as 165 análises realizadas atenderam aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, evidenciando adequada eficiência dos processos de captação, tratamento e distribuição da água. Os valores de turbidez variaram entre 0,2 e 5,0 uT, enquanto a cor aparente permaneceu entre 0,5 e 5,0 uH, ambos dentro dos limites permitidos pela legislação.

No ano de 2025 foram registradas 161 análises para cada parâmetro. Para turbidez, 159 amostras (98,76%) apresentaram conformidade e duas amostras (1,24%) excederam o valor máximo permitido de 5,0 uT, alcançando valores de 13,3 uT e 38,9 uT. Em relação à cor aparente, observou-se apenas uma não conformidade (0,62%), com valor de 40 uH, superior ao limite de 15 uH estabelecido pela legislação (Tabela 5).

Tabela 5 – Resultados dos parâmetros organolépticos em Ereré-CE 2024–2025

Parâmetro	Ano	Análises realizadas (n)	Conforme (%)	Não conforme (%)
Turbidez	2024	165	(100,00)	(0,00)
Turbidez	2025	161	(98,76)	(1,24)
Cor aparente	2024	165	(100,00)	(0,00)
Cor aparente	2025	161	(99,38)	(0,62)

Fonte: Adaptada de Brasil (2025).

Destaca-se que a ocorrência de não conformidade para cor aparente coincidiu com uma das amostras que apresentou elevada turbidez, ambas coletadas em 15 de julho de 2025, o que sugere um evento operacional isolado no sistema de abastecimento (manutenção de rede, limpeza de reservatório, suspensão temporária do abastecimento ou ressuspensão de sedimentos).

A associação entre aumento da turbidez e elevação da cor aparente pode indicar a presença de partículas em suspensão, material orgânico ou sedimentos na água distribuída. Embora os episódios tenham sido pontuais e representem pequena parcela do total de análises realizadas, sua identificação demonstra a importância do monitoramento contínuo realizado pelo VIGIAGUA, permitindo detectar alterações na qualidade da água e subsidiar ações corretivas por parte dos responsáveis pelo sistema de abastecimento.

5.4 Análise microbiológica

Os parâmetros microbiológicos avaliados neste estudo foram os coliformes totais e a *Escherichia coli*, indicadores amplamente utilizados na vigilância da qualidade da água para consumo humano. Embora os coliformes totais possam ocorrer naturalmente no ambiente e não estejam necessariamente associados à contaminação fecal, sua presença em águas tratadas pode indicar falhas nos processos de desinfecção, reservação ou distribuição da água (Brasil, 2016).

Por sua vez, a *Escherichia coli* é reconhecida como o indicador microbiológico mais específico de contaminação fecal, sendo sua detecção considerada um forte indício da possível presença de microrganismos patogênicos capazes de causar doenças de veiculação hídrica. Em razão desse risco, a Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece que a água destinada ao consumo humano deve apresentar ausência de *Escherichia coli* em todas as amostras analisadas. Assim, a ocorrência desse microrganismo indica deficiência no tratamento da água ou contaminação durante o armazenamento e distribuição, exigindo a adoção imediata de medidas de investigação e correção para proteção da saúde da população (Brasil, 2016; 2021).

Embora a presença de coliformes totais não represente necessariamente contaminação fecal, esse resultado pode indicar falhas nos processos de desinfecção, reservação ou distribuição da água, demandando investigação por parte da vigilância da qualidade da água (Brasil, 2016).

De acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, a água destinada ao consumo humano deve apresentar ausência de *Escherichia coli*, uma vez que sua presença constitui evidência de contaminação fecal e possível ocorrência de microrganismos patogênicos capazes de causar doenças de veiculação hídrica.

Observou-se um aumento na frequência de resultados positivos tanto para coliformes totais quanto para *E. coli* entre os anos analisados (Tabela 6). Entretanto, esse comportamento deve ser interpretado com cautela, pois o período estudado coincide com a ampliação das ações do Programa VIGIAGUA no município de Ereré. Em 2025, o município passou a ser

classificado como implementado nas três etapas do programa: cadastro, controle e vigilância, o que pode ter contribuído para o aumento da cobertura do monitoramento e para uma maior capacidade de identificação de inconformidades anteriormente não detectadas.

Tabela 6 – Comparação dos resultados microbiológicos da água distribuída em Ereré-CE entre 2024/2025

Parâmetro	Situação	2024 (%)	2025 (%)
Coliformes totais	Ausente	(92,31)	(86,96)
Coliformes totais	Presente	(7,69)	(13,04)
Escherichia Coli	Ausente	(93,01)	(95,03)
Escherichia Coli	Presente	(2,10)	(4,97)
Escherichia Coli	Não realizada	(4,90)	(0,00)

Fonte: Adaptada de Brasil (2025).

Considerando que o Sistema de Abastecimento de Água de Ereré possui etapas de cloração e reservação antes da distribuição, a detecção de *Escherichia coli* em amostras monitoradas pelo VIGIAGUA pode estar associada tanto a falhas no processo de desinfecção quanto a eventos de recontaminação ao longo da rede de distribuição (Quadro 4). Dessa forma, os resultados positivos observados nos anos de 2024 e 2025 indicam a necessidade de investigação operacional do sistema, conforme preconizado pelas diretrizes nacionais de vigilância da qualidade da água para consumo humano.

Quadro 4 - Interpretação sanitária da detecção de *Escherichia coli* em diferentes pontos do sistema de abastecimento de água (Continua)

Local de coleta	Significado da detecção de <i>Escherichia Coli</i>	Implicações para a vigilância
Saída de tratamento	A presença de <i>Escherichia coli</i> após a etapa de desinfecção indica falha ou deficiência no processo de tratamento da água, especialmente na etapa de desinfecção.	Exige investigação imediata e adoção de medidas corretivas para restabelecer a eficiência do tratamento e garantir a potabilidade da água distribuída.
Sistema de distribuição	A detecção de <i>Escherichia coli</i> na rede de distribuição ou em reservatórios pode indicar tratamento insuficiente ou ocorrência de recontaminação fecal durante o transporte e armazenamento da água.	Requer ações corretivas voltadas à identificação das causas da contaminação, inspeção da rede e adoção de medidas para restabelecimento da qualidade da água.

Fonte: Adaptado de Brasil (2016).

5.5 Regularidade do monitoramento

A análise dos dados registrados no SISAGUA demonstrou que o monitoramento da qualidade da água para consumo humano no município de Ereré apresentou regularidade durante os anos de 2024 e 2025. Verificou-se a realização de 14 coletas mensais ao longo dos 12 meses de cada ano, atendendo integralmente ao plano de amostragem estabelecido para o município de acordo com seu porte populacional e com as diretrizes do Programa VIGIAGUA.

Embora o município tenha cumprido integralmente o plano de amostragem previsto para os anos de 2024 e 2025, com a realização de 14 coletas mensais ao longo de todo o período, verificou-se uma diferença entre o número de amostras coletadas e encaminhadas ao Laboratório Central de Saúde Pública do Ceará (Lacen-CE) e a quantidade de resultados consolidados disponíveis nos relatórios anuais do SISAGUA, conforme apresentado nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 – Comparação entre amostras coletadas e análises registradas no SISAGUA em Ereré-CE ano 2024

Parâmetro	Amostras coletadas e enviadas ao Lacen	Análises registradas	Diferença
Coliformes Totais	168	143	25
Escherichia Coli	168	143	25
Turbidez	168	165	3
Cor Aparente	168	165	3
pH	168	165	3
Cloro residual livre	168	165	3

Fonte: Adaptada de Brasil, (2025).

Tabela 8 - Comparação entre amostras coletadas e análises registradas no SISAGUA em Ereré-CE ano 2025

Parâmetro	Amostras coletadas e enviadas ao Lacen	Análises registradas	Diferença
Coliformes Totais	168	161	7
Escherichia Coli	168	161	7
Turbidez	168	161	7
Cor Aparente	168	161	7
pH	168	168	0
Cloro residual livre	168	168	0

Fonte: Adaptada de Brasil (2025).

Essa divergência pode estar relacionada a fatores como inconsistências no processamento laboratorial, amostras consideradas inadequadas para análise, resultados não

lançados no sistema ou falhas operacionais no fluxo de registro das informações. Apesar de não comprometer a representatividade geral do monitoramento realizado, essa situação evidencia a importância da avaliação contínua da qualidade dos dados inseridos no SISAGUA, uma vez que a completude e a confiabilidade das informações são fundamentais para subsidiar ações de vigilância da qualidade da água.

Destaca-se, ainda, que a redução dessa diferença entre os anos analisados pode indicar aperfeiçoamento dos processos de monitoramento e alimentação do sistema, especialmente após a ampliação das ações do VIGIAGUA no município em 2025. Por outro lado, observou-se que a quase totalidade dos registros disponíveis (99,4%) refere-se aos Sistemas de Abastecimento de Água operados pela CAGECE, enquanto os dados relacionados às demais soluções SAC e SAI (0,6%), mostraram-se escassos ou inexistentes no período analisado conforme levantamento estatístico realizado com base nos relatórios anuais.

Essa situação pode estar associada à ausência de atualização cadastral dessas formas de abastecimento, à dificuldade de verificação de suas condições de funcionamento e à limitada inserção de informações no SISAGUA. Como consequência, identifica-se uma importante lacuna no monitoramento da qualidade da água em áreas rurais do município e nas demais formas de abastecimento, restringindo a abrangência da vigilância e dificultando uma avaliação mais completa das condições de abastecimento da população fora da sede municipal.

Dessa forma, embora os resultados indiquem adequada execução do plano de amostragem para os sistemas monitorados, os dados também evidenciam a necessidade de fortalecimento das ações de cadastramento, atualização e acompanhamento das SAC e SAI existentes no município. A ampliação do monitoramento dessas formas de abastecimento pode contribuir para uma vigilância mais abrangente e representativa da realidade local, especialmente em comunidades rurais que dependem de fontes alternativas de água para consumo humano.

No ano de 2025, verificou-se ainda a interrupção das análises do parâmetro fluoreto pelo Laboratório Central de Saúde Pública do Ceará (Lacen-CE), decisão adotada de forma administrativa e sem a disponibilização de resultados para os municípios atendidos. Considerando que o fluoreto integra os parâmetros físico-químicos de relevância para a avaliação da qualidade da água destinada ao consumo humano, a ausência de monitoramento desse componente resultou em uma lacuna nas informações disponíveis para a vigilância da qualidade da água no município de Ereré.

Essa descontinuidade pode comprometer a capacidade de identificação de possíveis inconformidades relacionadas à concentração de fluoreto nas águas subterrâneas, especialmente

em regiões semiáridas, onde as características geológicas podem influenciar a ocorrência natural desse elemento. Além disso, a ausência de dados limita a avaliação integral dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021 e reduz o potencial do SISAGUA como ferramenta de monitoramento e gestão, uma vez que a vigilância da qualidade da água depende da obtenção contínua e sistemática de informações.

5.6 Discussão integrada

De modo geral, os resultados obtidos demonstraram que a água distribuída pelo Sistema de Abastecimento de Água (SAA) da sede municipal de Ereré apresentou elevado percentual de conformidade em relação aos parâmetros microbiológicos e físico-químicos avaliados. Os parâmetros pH, turbidez e cor aparente apresentaram resultados predominantemente dentro dos limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, enquanto as análises microbiológicas registraram ocorrências pontuais de coliformes totais e *Escherichia coli*.

Além disso, foram identificadas limitações relacionadas à completude dos dados disponíveis no SISAGUA, especialmente no que se refere às formas alternativas de abastecimento, evidenciando desafios para a vigilância da qualidade da água em municípios de pequeno porte.

Os resultados observados em Ereré são semelhantes aos relatados por Braga *et al.* (2017), que avaliaram águas subterrâneas destinadas ao consumo humano em diferentes regiões do Ceará e verificaram predominância de amostras em conformidade com os padrões de potabilidade, embora tenham sido identificadas ocorrências pontuais de alterações microbiológicas e físico-químicas. Essa semelhança reforça a compreensão de que as águas subterrâneas representam importante alternativa de abastecimento no semiárido cearense, mas permanecem suscetíveis a processos de contaminação decorrentes de fatores naturais e antrópicos.

De forma análoga, Fernandes (2022), ao analisar águas subterrâneas de diferentes municípios cearenses, observou que as características hidrogeológicas locais exercem forte influência sobre a qualidade da água, especialmente em áreas de embasamento cristalino. No presente estudo, os resultados de pH, turbidez e cor aparente demonstraram elevada estabilidade durante o período analisado, corroborando a literatura quanto à predominância de águas subterrâneas com características físico-químicas adequadas para o consumo humano, desde que submetidas a monitoramento e tratamento adequados.

Apesar do elevado percentual de conformidade observado, a identificação de amostras positivas para coliformes totais e *Escherichia coli* evidencia a importância das ações contínuas de vigilância da qualidade da água. A presença de *E. coli*, ainda que em baixa frequência, representa indicativo de contaminação fecal e potencial risco à saúde da população, justificando a necessidade de monitoramento sistemático por meio do VIGIAGUA. Nesse contexto, a vigilância em saúde ambiental desempenha papel fundamental na prevenção de doenças de veiculação hídrica e na adoção de medidas corretivas para proteção da saúde pública.

Além dos aspectos relacionados à qualidade da água, os resultados revelaram limitações associadas à disponibilidade e à completude das informações registradas no SISAGUA. Oliveira e Cotta (2026) destacam que a qualidade dos dados é fundamental para subsidiar ações de vigilância e tomada de decisão em saúde pública. De forma semelhante, Caminha (2025), ao avaliar a qualidade dos dados das formas de abastecimento no contexto do VIGIAGUA, observaram que inconsistências cadastrais e falhas nos registros podem comprometer a identificação de riscos sanitários e a efetividade das ações de vigilância.

Em Ereré, verificou-se predominância de registros vinculados ao Sistema de Abastecimento de Água operado pela CAGECE, enquanto as Soluções Alternativas Coletivas e Individuais apresentaram escassez de informações e monitoramento, situação que pode dificultar a avaliação das condições de abastecimento em áreas rurais e vulneráveis.

Dessa forma, os resultados obtidos demonstram que o município de Ereré apresenta, de maneira geral, condições satisfatórias de qualidade da água distribuída à população. Entretanto, a ocorrência de inconformidades pontuais e as limitações observadas na cobertura e na qualidade das informações do SISAGUA reforçam a necessidade de fortalecimento das ações do VIGIAGUA, especialmente no monitoramento das formas alternativas de abastecimento. A integração entre monitoramento, gestão da informação e vigilância em saúde mostra-se essencial para a garantia da segurança hídrica e da proteção da saúde pública em municípios do semiárido brasileiro.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora os resultados tenham demonstrado elevado percentual de conformidade para a maioria dos parâmetros avaliados, os achados deste estudo evidenciam que a qualidade da água não deve ser analisada de forma dissociada da qualidade das informações utilizadas para sua vigilância. A predominância quase exclusiva de dados provenientes do Sistema de Abastecimento de Água operado pela CAGECE, associada à escassez de registros referentes às Soluções Alternativas Coletivas e Individuais, revela importantes lacunas na cobertura do monitoramento realizado no município.

A presente pesquisa atingiu o objetivo geral proposto de analisar a vigilância da qualidade da água subterrânea destinada ao consumo humano no município de Ereré-CE, utilizando dados do SISAGUA. A análise dos registros referentes aos anos de 2024 e 2025 permitiu caracterizar o monitoramento realizado pelo VIGIAGUA, avaliar o comportamento dos principais parâmetros microbiológicos e físico-químicos de potabilidade, identificar inconsistências na base de dados e discutir as potencialidades e limitações do sistema como ferramenta de apoio à vigilância ambiental em saúde.

Os resultados obtidos confirmam a hipótese inicial do estudo, ao evidenciar a coexistência de não conformidades nos parâmetros de potabilidade e de limitações estruturais no sistema de vigilância da qualidade da água no município.

Além disso, foram identificadas inconsistências entre o quantitativo de amostras coletadas e o número de análises efetivamente registradas no SISAGUA, situação que pode comprometer a confiabilidade dos indicadores utilizados para subsidiar o planejamento e a tomada de decisão em saúde pública. Soma-se a isso a interrupção da análise laboratorial do parâmetro fluoreto, fator que reduziu a abrangência do monitoramento da qualidade da água e limitou a avaliação de um parâmetro relevante para a saúde da população.

Nesse contexto, os resultados sugerem que a implementação formal das etapas do VIGIAGUA, embora represente importante avanço institucional, não garante, por si só, a efetividade da vigilância da qualidade da água. Torna-se necessário fortalecer a capacidade operacional dos municípios, ampliar o monitoramento das formas alternativas de abastecimento, aprimorar a alimentação dos sistemas de informação e assegurar suporte laboratorial adequado para que a vigilância em saúde ambiental possa cumprir plenamente seu papel de prevenção de riscos e proteção da saúde coletiva.

Dessa forma, recomenda-se que futuras pesquisas aprofundem a análise das condições de abastecimento nas áreas rurais do município, especialmente nas Soluções Alternativas

Coletivas e Individuais, bem como investiguem os impactos da completude e da qualidade dos dados do SISAGUA sobre a efetividade das ações de vigilância. A produção de conhecimento nessa área é fundamental para subsidiar políticas públicas mais eficientes e reduzir vulnerabilidades associadas ao acesso à água segura no semiárido brasileiro.

Além disso, recomenda-se à gestão municipal e à equipe de vigilância em saúde ambiental de Ereré-CE a atualização cadastral das SAC e SAI no SISAGUA, bem como o estabelecimento de fluxos de comunicação com o Lacen-CE para reduzir as discrepâncias entre amostras coletadas e análises registradas.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ABAS. **Águas subterrâneas, o que são?**. Disponível em: <https://www.abas.org/educacao/o-que-sao-aguas-subterraneas/> . Acesso em: 29 abr. 2026.
- ARAÚJO, Carlos Renir Soares de. **O uso da água subterrânea no semiárido cearense: reflexões necessárias**. 2022. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/87012> . Acesso em: 17 abr. 2026.
- ARAÚJO, Luisa Fernandes de et al. Análise da cobertura de abastecimento e da qualidade da água distribuída em diferentes regiões do Brasil no ano de 2019. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 27, p. 2935-2947, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-81232022277.16472021> . Acesso em: 22 mai. 2026.
- BARBOSA, Ana Estela; REBELO, Margarida. Uma abordagem transdisciplinar do papel da água como pilar da natureza, da saúde e do bem-estar. **Cadernos Técnicos Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 39–47, 1 jan. 2023.
- BRAGA, Erika Sampaio. et al. Avaliação da qualidade de águas subterrâneas localizadas no litoral, serra e sertão do Estado do Ceará destinadas ao consumo humano. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 32, n. 1, p. 17–24, 2017. DOI: 10.14295/ras.v32i1.28969. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28969>. Acesso em: 1 abr. 2026.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020**: informe anual. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura-2020/view> . Acesso em: 17 mai. 2026.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf . Acesso em: 19 mai. 2026.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/saude-ambiental/vigiagua/diretriz-nacional-do-plano-de-amostragem> . Acesso em: 08 abr. 2026.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888**, de 4 de maio de 2021. Brasília, 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html . Acesso em: 1 abr. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. **VIGIAGUA**: Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano. Brasília, 2026. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/seidigi/demas/situacao-de-saude/vigiagua>>. Acesso em: 02 abr. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. **SISAGUA**: Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano. Brasília, 2025. Disponível em: <https://sisagua.saude.gov.br/sisagua/login.jsf> . Acesso em: 17 mai. 2026.

CAMINHA, Úrsula Sousa; LOPES, Diana Maria de Almeida. Avaliação do vigiagua: qualidade dos dados das formas de abastecimento. **Cadernos ESP**, Fortaleza-CE, v. 19, n. 1, p. e2275, 2025. DOI: 10.54620/cadensp.v19i1.2275. Disponível em: <https://cadernos.esp.ce.gov.br/index.php/cadernos/article/view/2275>. Acesso em: 11 mai. 2026.

FERNANDES, Ludmila Virna Oliveira. **Análise de águas subterrâneas de municípios do estado do Ceará**. 2022. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/66578> . Acesso em: 22 abr. 2026.

FORTES, Ana Carolina Chaves; BARROCAS, Paulo Rubens Guimarães; KLIGERMAN, Débora Cynamon. A vigilância da qualidade da água e o papel da informação na garantia do acesso. **Saúde em Debate**, [S. l.], v. 43, n. especial 3 dez, p. 20–34, 2019. Disponível em: <https://saudeemdebate.org.br/sed/article/view/2666>. Acesso em: 30 abr. 2026.

FRAZÃO, Paulo; PERES, Marco A; CURY, Jaime A. Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto. **Rev Saúde Pública**, v.45, n. 5, p. 964-973, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102011005000046> . Acesso em: 03 mai. 2026.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 8. ed. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2026. E-book. p.Capa. ISBN 9786559778577. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559778577/>. Acesso em: 28 jun. 2026.

GUERRA, Leandro Viana; SILVA, Bianca Dieile D. A Vigilância da qualidade da água para consumo no estado do Rio de Janeiro. **State. Ambiente & sociedade**, v. 21, n. 0, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0097r2vu18L3TD> . Acesso em: 04 mai. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/30/84366?ano=2017> . Acesso em: 29 abr. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA, IBGE. **Cidades e Estados**. Ibge, 2023. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/erere.html>>. Acesso em: 31 mar. 2026.

MATA, Renan Neves da; OLIVEIRA, Aristeu de; RAMALHO, Walter Massa. Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua): avaliação da completitude dos dados sobre cobertura de abastecimento, 2014-2020. **Epidemiologia e**

Serviços de Saúde, Brasília, v. 31, n. 3, e20211095, 2022. DOI: 10.1590/S2237-96222022000300003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ress/a/zRykVJF9JRmdwqtnrCpqzXG/?lang=pt> . Acesso em: 20 mai 2026.

OLIVEIRA, Aristeu de. et al. **Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua):** características, evolução e aplicabilidade. Disponível em: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742019000100024> . Epub 08 abr 2019. ISSN 2237-9622. Acesso em: 30 mar. 2026.

OLIVEIRA, Cristiane da Silva Paula; COTTA, Clarisse Jarbas. Verificação da completude e características dos dados do sisagua referentes à qualidade da água para consumo humano no município de Curitiba, Paraná. **Visão Acadêmica**, [S. l.], v. 27, n. 1, 2026. DOI: 10.5380/acd.v27i1.102483. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/academica/article/view/102483>. Acesso em: 11 maio. 2026.

OSORIO, Daniela Barbat. **Hidrogeologia do Semiárido Cearense**. Universidade de São Paulo - Instituto de Geociências, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.44.2019.tde-30052019-131248> . Acesso em: 24 abr. 2026.

PEREIRA, Sueli Yoshinaga. et al. Segurança das águas subterrâneas (groundwater security): uma revisão dos estudos nacionais e internacionais. **Derbyana**, [S. l.], v. 45, 2024. DOI: 10.14295/derb.v45.807. Disponível em: <https://revistaig.emnuvens.com.br/derbyana/article/view/807> . Acesso em: 30 mar. 2026.

PITANGA, Ângelo Francklin. Pesquisa qualitativa ou pesquisa quantitativa: refletindo sobre as decisões na seleção de determinada abordagem. **Revista pesquisa qualitativa**, v. 8, n. 17, p. 184-201, 2020.

QUEIROZ JUNIOR, Antônio Batista de. et al. Caracterização Gravimétrica de Resíduos Sólidos Urbanos da Cidade de Ereré/CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 01, p. 172-188, 2020.

SILVA, Charles Santos da. Evolução das doenças de transmissão hídrica no Brasil (2010–2024): uma análise epidemiológica e dos determinantes socioambientais. **International Integralize Scientific**, v. 6, n. 58, 2026. Disponível em: https://iisscientific.com/ojs/index.php/iis/pt_BR/article/view/2253 . Acesso em: 19 mai. 2026.

SILVA, Carlos César Nascimento da. et al. O aquífero fissural no semiárido: análise de modelos com base em dados geológico-estruturais e métodos geofísicos aeroportados e terrestre. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], v. 37, n. 2, p. e-30197, 2023. DOI: 10.14295/ras.v37i2.30197. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/30197/19481> . Acesso em: 20 mai 2026.

SOUSA, Maria Losângela Martins de. **Diagnóstico geoambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Figueiredo, Ceará:** subsídios ao planejamento ambiental. 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/8960> . Acesso em: 30 jun. 2026.

SOUZA, Sérgio Domiciano Gomes de. et al. Na interface do embasamento, solos e cobertura: a suscetibilidade à desertificação da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Figueiredo, Ceará. **Caderno de Geografia**, v. 31, n. 66, p. 682-682, 2021. Disponível em: <<https://periodicos.pucminas.br/geografia/article/view/25152/18529>>. Acesso em: 30 jun. 2026.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (SUDENE). **Relatório da revisão da delimitação do Semiárido brasileiro: metodologia e resultados**. Recife: SUDENE, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/8-relatoriometodologia_semiarido2021_v9_versaodefinitiva__1_.pdf. Acesso em: 28 jun. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION.WHO. **Guidelines for drinking-water quality**. 4. ed. Geneva: WHO, 2017. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>. Acesso em: 29 abr. 2026.

ANEXO A – CROQUI DO SAA DE ERERÉ

