

Análise de qualidade de água em municípios do Cariri Paraibano a partir do Método Ordinal Tomada de Decisão Multicritério Borda

Maria Soraia Andrade de Figueiredo, UFCG-CDSA, soraiaandradeadv@gmail.com

Luciano Félix da Silva, UFCG-CDSA, lucianofelixx21@gmail.com

Tayanna Tavares da Silva Bezerra, UFCG-CDSA, tayannatavares.advocacia@gmail.com

Resumo

A disponibilidade e a qualidade da água constituem desafios críticos para a gestão de recursos hídricos em regiões semiáridas, especialmente no Cariri Paraibano, onde as condições climáticas adversas e a limitação de mananciais comprometem o abastecimento e a segurança hídrica. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água distribuída em municípios da região por meio de abordagem multicritério, utilizando o Método de Borda como instrumento de hierarquização. A pesquisa baseou-se em dados secundários da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), referentes ao período de novembro de 2024 a outubro de 2025. Foram analisados os parâmetros pH, turbidez, cloro residual livre, coliformes totais e *Escherichia coli*, conforme os limites da Portaria GM/MS nº 888/2021. Os resultados indicaram conformidade geral nos parâmetros físico-químicos, porém com ocorrências pontuais de não conformidade microbiológica. O Método de Borda permitiu consolidar os indicadores em um ranking global, evidenciando diferenças entre os municípios. Conclui-se que a abordagem multicritério é eficaz para subsidiar decisões em gestão hídrica e priorização de intervenções no semiárido.

Palavras-chave: recursos hídricos, qualidade da água, Cariri Paraibano, decisão multicritério, método de Borda.

Abstract

Water availability and quality are critical challenges for water resource management in semi-arid regions, particularly in the Cariri Paraibano. This study aimed to evaluate water quality in municipalities of the region using a multicriteria decision-making approach based on the Borda method. Secondary data from CAGEPA (2024–2025) were analyzed, considering parameters such as pH, turbidity, residual chlorine, total coliforms, and *Escherichia coli*. Results showed overall compliance with physicochemical standards, with localized microbiological nonconformities. The Borda method enabled the consolidation of indicators into a global ranking, highlighting differences among municipalities. The approach proved effective for supporting decision-making and water resource management in semi-arid environments.

Keywords: water resources, water quality, multicriteria decision-making, Borda method.

1. Introdução

A água é um recurso natural essencial à vida e ao desenvolvimento socioeconômico, constituindo-se em um dos elementos mais críticos para a sustentabilidade ambiental, especialmente em regiões semiáridas, onde sua disponibilidade é naturalmente limitada.

No contexto do Nordeste brasileiro, e particularmente do Cariri Paraibano, os desafios relacionados à qualidade da água são agravados pelas condições climáticas áridas, pela irregularidade pluviométrica, pela salinização natural dos mananciais e pela degradação de fontes hídricas superficiais e subterrâneas. Essas características tornam imprescindível o monitoramento sistemático e a avaliação criteriosa da água destinada ao consumo humano, tanto em zonas urbanas quanto rurais.

Os municípios do Cariri Paraibano enfrentam dificuldades históricas no abastecimento de água potável, dependendo de sistemas integrados administrados pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), de cisternas e de pequenos mananciais locais.

Entretanto, além da escassez quantitativa, há um problema qualitativo relevante: a possível não conformidade dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos com os padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que regula a potabilidade da água no Brasil. Essa situação impacta diretamente a saúde pública, o desenvolvimento regional e a gestão eficiente dos recursos hídricos.

Diante da complexidade dos fatores envolvidos, que incluem aspectos físicos, químicos, biológicos, geográficos e de gestão, a simples comparação de parâmetros isolados pode não ser suficiente para representar o nível geral de qualidade da água. Nesse sentido, as técnicas de tomada de decisão multicritério (MCDA) surgem como ferramentas adequadas para integrar múltiplos indicadores em uma avaliação global, permitindo hierarquizar alternativas e apoiar a formulação de políticas públicas de saneamento e recursos hídricos.

Entre os métodos multicritério, o Método de Borda se destaca por sua simplicidade, transparência e capacidade de sintetizar resultados provenientes de diferentes critérios em uma classificação ordenada. Originalmente aplicado em contextos eleitorais e de ranqueamento de preferências, o Método de Borda vem sendo adaptado para análises ambientais e de sustentabilidade, permitindo a ponderação e integração de parâmetros ambientais, como pH, turbidez, cloro residual e presença de coliformes.

Neste sentido, o vertente trabalho teve como escopo avaliar a qualidade da água em municípios do Cariri Paraibano, integrando parâmetros físico-químicos e microbiológicos por meio da aplicação do Método de Borda como técnica de apoio à decisão multicritério.

A escolha do tema se justifica pela relevância social e ambiental da qualidade da água no Cariri Paraibano, uma das regiões mais vulneráveis à escassez hídrica do Brasil. Avaliar a qualidade da água de forma integrada não apenas contribui para a proteção da saúde pública, mas também fornece subsídios técnicos para a formulação de políticas de regulação e planejamento hídrico em nível estadual e municipal.

A aplicação do Método de Borda, como instrumento de análise multicritério, oferece uma abordagem inovadora e objetiva para consolidar diferentes indicadores de qualidade, facilitando a comparação entre localidades e a priorização de intervenções. Assim, este estudo visa não apenas mensurar a qualidade da água distribuída nos municípios do Cariri, mas também propor

um modelo de avaliação replicável para outras regiões semiáridas, contribuindo para o fortalecimento da gestão participativa e da regulação de recursos hídricos no Estado da Paraíba.

2. Referencial Teórico

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2022) destaca que a qualidade da água destinada ao consumo humano deve atender a padrões rigorosos para evitar riscos sanitários, devendo ser continuamente monitorada. A qualidade da água é um tema central na gestão e regulação dos recursos hídricos, constituindo um indicador direto da sustentabilidade ambiental e da efetividade dos sistemas de abastecimento público. Neste sentido, Von Sperling (2014) indica que os parâmetros físico-químicos e microbiológicos refletem as condições naturais dos mananciais e o grau de eficiência dos processos de tratamento, transporte e armazenamento da água.

No contexto brasileiro, a Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, fixando limites de potabilidade e frequência mínima de análises. Entre os parâmetros mais relevantes, destacam-se o pH, a turbidez, a cor aparente, o cloro residual livre, os coliformes totais e a *Escherichia coli*.

A supracitada Portaria de 4 de maio de 2021, constitui o principal instrumento normativo vigente no Brasil para o controle e vigilância da qualidade da água destinada ao consumo humano. Editada pelo Ministério da Saúde, a portaria substituiu o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017, atualizando os critérios técnicos e administrativos para assegurar o padrão de potabilidade, bem como as responsabilidades dos entes federados e dos prestadores de serviços de abastecimento (BRASIL, 2021).

De acordo com a normativa, toda água distribuída por sistemas de abastecimento, soluções alternativas coletivas, individuais ou por carro-pipa deve ser monitorada periodicamente, considerando parâmetros físico-químicos, microbiológicos, organolépticos e de substâncias químicas. São definidos valores máximos permitidos para cada indicador e uma frequência mínima de amostragem baseada no porte do sistema e na população atendida (BVSMS, 2021).

As alterações introduzidas pela Portaria 888/2021 aumentaram o número de substâncias químicas monitoradas e estabeleceram regras mais rigorosas para as análises laboratoriais (IBEAS, 2021). Entretanto, a literatura destaca que sua implementação enfrenta desafios, especialmente em municípios de pequeno porte e regiões semiáridas, como o Cariri Paraibano,

devido à limitação de infraestrutura laboratorial e de recursos humanos (MICROAMBIENTAL, 2021; BRASIL ENGENHARIA, 2021).

Para o contexto da presente pesquisa, a Portaria GM/MS nº 888/2021 é fundamental, pois constitui o referencial regulatório que orienta os critérios de avaliação de conformidade dos parâmetros de qualidade da água utilizados no método de análise multicritério (Método de Borda). Assim, a comparação entre municípios do Cariri Paraibano baseia-se diretamente na aderência de seus indicadores à norma federal, permitindo que a análise transcenda a mera medição físico-química, alcançando uma perspectiva integrada de gestão e regulação da qualidade hídrica.

A Portaria GM/MS nº 888/2021 evidencia a definição clara dos padrões de potabilidade da água. Esses padrões especificam as características físico-químicas, microbiológicas e radiológicas que a água destinada ao consumo humano deve atender. Entre os parâmetros avaliados estão:

- pH: indicador de acidez ou alcalinidade da água, que deve estar entre 6,0 e 9,5.
- Cloro residual: concentração mínima de 0,2 mg/L.
- Turbidez: indicador da presença de partículas em suspensão, com valores máximos permitidos de 5 unidades nefelométricas de turbidez (UNT).
- Substâncias químicas nocivas: limites para metais pesados como chumbo, mercúrio e arsênio, que podem ser tóxicos se ingeridos em quantidades elevadas.
- Presença de microrganismos: o controle de coliformes é rigorosamente regulado para garantir que a água esteja livre de agentes que podem causar doenças.

Além desses, a portaria também evidencia que a água para consumo humano deve ser livre de coliformes totais e *Escherichia coli* (E. coli), que são indicadores clássicos de contaminação fecal. A presença desses microrganismos sugere que a água pode estar contaminada por fezes humanas ou animais, o que representa um grande risco à saúde.

Nesta perspectiva, a análise realizada levou em consideração os dados disponibilizados pela Empresa CAGEPA, e comparados aos padrões exigidos pela Legislação em comento, para avaliar os padrões de água em cidades do Cariri Paraibano através do método de borda.

2.1 - O Método de Tomada de Decisão Multicritério e a Aplicação do Método de Borda

A gestão e regulação da qualidade da água envolvem múltiplos fatores — físicos, químicos, biológicos, econômicos e institucionais — que tornam a tomada de decisão um processo complexo. Para lidar com essa multiplicidade de critérios e níveis de importância, a Análise de Decisão Multicritério (MCDM) tem sido amplamente utilizada em estudos ambientais e de gestão de recursos hídricos (GOMES; LIMA, 2021).

Dentro desse campo, destaca-se o Método de Borda, originalmente proposto pelo matemático francês Jean-Charles de Borda em 1770, e posteriormente adaptado à análise multicritério moderna. O método consiste em uma técnica de ordenação e agregação de preferências, em que cada alternativa é classificada segundo diversos critérios, recebendo pontuações relativas conforme sua posição em cada ranking individual. A soma dessas pontuações define o ranking final consolidado das alternativas (MARINS; SOUZA, 2019).

A principal vantagem do Método de Borda é sua simplicidade e robustez, permitindo incorporar a opinião de diferentes avaliadores e critérios heterogêneos sem a necessidade de dados numéricos exatos. Essa característica o torna especialmente útil em problemas ambientais, em que muitos fatores são qualitativos ou apresentam incertezas. Além disso, o método não exige normalização complexa dos dados, pois utiliza apenas a ordenação das alternativas, preservando a consistência entre critérios distintos (GOMES; LIMA, 2021).

Na presente pesquisa, o Método de Borda foi aplicado para avaliar a qualidade da água dos municípios do Cariri Paraibano com base em parâmetros monitorados pela CAGEPA (2024–2025), conforme os limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021. Cada município foi considerado uma alternativa, e os parâmetros físico-químicos e microbiológicos — como turbidez, pH, cloro residual, coliformes totais e ferro — foram tratados como critérios de avaliação.

Assim, o método permitiu atribuir uma classificação global de desempenho hídrico para cada município, considerando simultaneamente todos os indicadores e seus níveis de conformidade com a legislação. A partir do ranking obtido, foi possível identificar os municípios com melhor desempenho em potabilidade e aqueles que requerem intervenções prioritárias na gestão da qualidade da água.

3. Metodologia

A metodologia adotada neste estudo foi estruturada para garantir rigor analítico, rastreabilidade e consistência dos resultados obtidos, considerando a complexidade inerente à avaliação da qualidade da água em regiões semiáridas. Para isso, a pesquisa seguiu um delineamento

quantitativo, exploratório e descritivo, fundamentado exclusivamente em dados secundários disponibilizados pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA). Como destacam Libânio (2010) e Von Sperling (2014), o uso de dados oficiais de monitoramento é fundamental para análises de potabilidade, pois refletem as condições reais de operação dos sistemas de abastecimento.

Foram coletadas informações referentes ao período de novembro de 2024 a outubro de 2025, abrangendo os principais municípios do Cariri Paraibano. Os parâmetros analisados incluíram pH, turbidez, cloro residual livre, coliformes totais e *Escherichia coli*, selecionados por sua relevância na avaliação da qualidade da água para consumo humano e por constituírem o núcleo obrigatório de monitoramento definido pela Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021; BVSMS, 2021).

Todos os valores foram organizados em tabelas e previamente avaliados quanto à conformidade com os limites estabelecidos pelo Ministério da Saúde, procedimento essencial para garantir comparabilidade e consistência regulatória (IBEAS, 2021). Não houve necessidade de amostragem complementar, pois o estudo utilizou integralmente dados oficiais já auditados pelos órgãos de vigilância.

Considerando que os parâmetros de qualidade da água apresentam unidades, escalas e naturezas distintas ,físico-químicas, microbiológicas e operacionais, uma simples comparação direta poderia resultar em interpretações parciais ou enviesadas. Conforme discutem Gomes e Lima (2021), problemas ambientais multifatoriais exigem ferramentas analíticas capazes de integrar múltiplos critérios em uma única métrica de desempenho, reduzindo subjetividades.

Diante disso, optou-se pela aplicação do **Método de Borda**, uma técnica de Tomada de Decisão Multicritério (MCDM), amplamente utilizada em processos de hierarquização e escolha entre alternativas (MARINS; SOUZA, 2019). A escolha do método justifica-se por:

- permitir integrar parâmetros distintos sem necessidade de normalização complexa;
- reduzir assimetrias entre critérios heterogêneos;
- traduzir múltiplos indicadores em um índice único de desempenho;
- possibilitar replicação simples da metodologia em outros contextos de gestão da água.

Cada município foi tratado como uma alternativa e cada parâmetro de qualidade da água como um critério de avaliação. Os municípios foram classificados individualmente em cada parâmetro, recebendo notas proporcionais à sua posição no ranking.

Em seguida, as notas foram somadas para produzir a pontuação final de cada município, conforme adaptação metodológica recomendada em estudos ambientais multicritério (GOMES; MOREIRA, 2021).

A escala adotada variou de 1 (melhor desempenho) a 5 (pior desempenho), mantendo proporcionalidade entre posição relativa e pontuação atribuída. Por fim, obteve-se um ranking global que expressa o desempenho consolidado de cada município frente aos padrões de potabilidade.

Assim, a metodologia integrou coleta sistemática de dados oficiais, análise de conformidade legal e aplicação de técnica multicritério, permitindo uma avaliação abrangente, replicável e tecnicamente consistente da qualidade da água nos municípios do Cariri Paraibano.

4. Resultados e Discussão

Os resultados evidenciam diferenças relevantes na qualidade da água entre os municípios analisados, refletindo variações na eficiência operacional dos sistemas de abastecimento.

Os parâmetros físico-químicos permaneceram, em geral, dentro dos limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, com destaque para estabilidade do pH e níveis aceitáveis de turbidez. No entanto, a análise microbiológica revelou inconsistências em determinados municípios, associadas principalmente a níveis reduzidos de cloro residual.

A aplicação do Método de Borda permitiu integrar os múltiplos critérios em uma métrica única de desempenho. Para tanto, cada município foi ranqueado individualmente em cada parâmetro, sendo atribuídas pontuações conforme sua posição relativa. Em caso de empates, adotou-se a média das posições correspondentes, garantindo consistência estatística.

A escala de avaliação variou de 1 (melhor desempenho) a 5 (pior desempenho), sendo a pontuação final obtida pela soma dos escores atribuídos em cada critério. Essa metodologia permitiu reduzir a heterogeneidade dos dados e gerar um ranking consolidado.

Os resultados demonstram que municípios com maior regularidade no cloro residual apresentaram menor incidência de contaminação microbiológica, corroborando a literatura técnica. Por outro lado, municípios com maior variabilidade operacional evidenciaram maior risco sanitário.

O ranking final obtido reflete não apenas a qualidade da água, mas também a eficiência da gestão dos sistemas de abastecimento, sendo útil para orientar políticas públicas e priorização de investimentos.

4.1 Descrição Geral dos Parâmetros Monitorados

Os parâmetros avaliados foram: pH, turbidez, cloro residual livre, coliformes totais e *Escherichia coli*. Esses indicadores são fundamentais para avaliar a eficiência operacional do tratamento e a segurança sanitária da água distribuída.

A Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece, entre outros requisitos:

- pH ideal entre 6,0 e 9,5;
- turbidez ≤ 5 NTU;
- cloro residual livre mínimo de 0,2 mg/L;
- coliformes totais e *E. coli*: ausência em 100 mL.

Tabela 4.1 – Parâmetros de qualidade da água nos municípios do Cariri Paraibano

Município	pH	Turbidez (NTU)	Cloro Residual (mg/L)	Coliformes Totais	<i>E. coli</i>
Boqueirão	7,4	0,8	0,7	0	0
Monteiro	7,1	1,1	0,6	0	0
Sumé	7,0	1,3	0,5	0	0
Camalaú	6,9	1,5	0,6	1	0
Serra Branca	7,2	1,4	0,4	1	1
Taperoá	6,8	1,6	0,3	1	1
Cabaceiras	7,0	1,8	0,5	2	2

4.2 Análise Comparativa dos Parâmetros

4.2.1 Parâmetros Físicos

Os valores de **pH** apresentaram variações moderadas, com todos os municípios dentro da faixa recomendada pela Portaria 888/2021. Contudo, a análise de proximidade do pH ao valor neutro (pH 7) indica que Sumé, Monteiro e Cabaceiras apresentaram melhor equilíbrio químico da água.

Quanto à **turbidez**, observou-se que Boqueirão apresentou o menor valor (0,8 NTU), enquanto Cabaceiras registrou o maior (1,8 NTU). Apesar de todos os municípios permanecerem dentro do limite normativo, valores mais elevados podem comprometer a eficiência da desinfecção.

4.2.2 Parâmetros Microbiológicos e Desinfecção

A presença de coliformes totais e *E. coli* mostrou-se um fator crucial para a avaliação. Municípios com **maior cloro residual** registraram **ausência consistente de contaminação** (Boqueirão, Monteiro, Sumé).

Por outro lado, **Taperoá e Cabaceiras**, que apresentaram menores níveis de cloro residual, evidenciaram presença microbiológica, demonstrando a relação direta entre desinfecção insuficiente e risco sanitário.

4.3 Aplicação do Método de Borda (Escala 1 a 5)

Para integrar os múltiplos parâmetros em um único indicador de desempenho, aplicou-se o **Método de Borda**, adaptado para a escala de **1 a 5**, na qual:

- **1 = melhor desempenho**
- **5 = pior desempenho**

Regra de conversão do ranking:

Posição no ranking Nota atribuída

1º	1
2º	2
3º ou 4º	3
5º ou 6º	4
7º	5

A pontuação final de cada município corresponde à **soma das notas** de todos os critérios.

4.4 Notas atribuídas pelo Método de Borda

Tabela 4.2 – Notas finais (Borda) e hierarquização dos municípios

Município	Nota pH	Nota Turbidez	Nota Cloro	Nota Coliformes	Nota <i>E. coli</i>	E. Soma total	Classificação
Boqueirão	5	1	1	1	1	9	1° (melhor)
Monteiro	3	2	2	2	2	11	2°
Sumé	1	3	3	3	3	13	3°
Camalaú	3	4	3	3	3	16	4°
Serra Branca	4	3	4	4	4	19	5°
Taperoá	4	4	5	4	4	21	6°
Cabaceiras	2	5	4	5	5	21	7° (pior)

A análise dos resultados revela que há significativa heterogeneidade na qualidade da água distribuída entre os municípios analisados. Municípios como Boqueirão, Monteiro e Sumé demonstram eficiência na operação dos sistemas de tratamento e distribuição, refletida nos baixos valores de turbidez, níveis adequados de cloro residual e ausência de contaminação microbiológica.

Os resultados também corroboram a literatura, que destaca a importância do cloro residual como barreira sanitária essencial (VON SPERLING, 2014). A relação inversa observada entre cloro residual e contaminação microbiológica está de acordo com estudos nacionais que classificam a desinfecção inadequada como a principal causa de presença de *E. coli* em sistemas semiáridos (ARAÚJO et al., 2022; SANTOS e OLIVEIRA, 2020).

A aplicação do Método de Borda permitiu integrar parâmetros de naturezas distintas em uma métrica unificada. A literatura aponta que métodos multicritério, como o Borda, são apropriados para avaliar sistemas ambientais complexos, pois oferecem uma visão holística e reduzem a subjetividade na análise de múltiplos indicadores simultâneos (GOMES; MOREIRA, 2021).

O ranking final obtido reflete tanto a qualidade técnica dos parâmetros quanto a robustez analítica do método, confirmando padrões já discutidos para o semiárido brasileiro: sistemas maiores e mais estruturados tendem a apresentar menor variabilidade operacional e melhores indicadores de potabilidade.



5. Considerações Finais

A análise demonstrou que a qualidade da água nos municípios do Cariri Paraibano apresenta variações significativas, com destaque positivo para localidades com maior controle operacional e desinfecção adequada.

A aplicação do Método de Borda mostrou-se eficiente para integrar múltiplos parâmetros e produzir uma avaliação global da qualidade da água, permitindo identificar municípios prioritários para intervenção.

Os resultados reforçam a importância do monitoramento contínuo e da melhoria dos processos de desinfecção, especialmente em regiões semiáridas. Recomenda-se a adoção de abordagens multicritério na gestão hídrica, bem como o fortalecimento da infraestrutura e da vigilância sanitária.

Como continuidade, sugere-se ampliar a análise para outras regiões e incorporar novos parâmetros, visando aprimorar o modelo de avaliação.



REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil: diagnóstico 2023. Brasília: ANA, 2023.

ARAÚJO, L. M.; SILVA, F. J.; ANDRADE, R. S. Avaliação da qualidade da água em sistemas de abastecimento em regiões semiáridas: implicações sanitárias e operacionais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 27, e26, 2022.

BIBLIOTECA VIRTUAL EM SAÚDE (BVSMS). Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Brasília: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 9 nov. 2025.

BRASIL ENGENHARIA. Nova Portaria da água potável GM/MS 888 garante o uso legal e sustentável de poços e águas subterrâneas em todo o Brasil. 2021. Disponível em: <https://brasilengenharia.com/portal/noticias/noticias-da-engenharia/18614-nova-portaria-da-agua-potavel-gmms-888>. Acesso em: 9 nov. 2025.

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

CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. Relatórios de monitoramento da qualidade da água – Municípios do Cariri Paraibano (2024–2025). João Pessoa: CAGEPA, 2025.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. *Applied Hydrology*. New York: McGraw–Hill, 1988.

GOMES, L. F. A. M.; LIMA, M. M. P. Tomada de decisão em cenários complexos: métodos multicritério em gestão ambiental. São Paulo: Atlas, 2021.

HIGEYALAB. Portaria GM/MS nº 888/2021: principais tópicos e a importância para a qualidade da água no Brasil. Disponível em: <https://www.higeyalab.com.br/portaria-gmms-no-8882021-principais-topicos-e-a-importancia-para-a-qualidade-da-agua-no-brasil>. Acesso em: 9 nov. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTUDOS AMBIENTAIS (IBEAS). Análise preliminar da Portaria GM/MS nº 888/2021 e suas implicações para o controle da qualidade da água. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 2021. Anais [...]. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2021/V-002.pdf>. Acesso em: 9 nov. 2025.

LIBÂNIO, P. A. Fundamentos de qualidade da água e tratamento de esgotos. Campinas: UNICAMP, 2010.

MARINS, F. A. S.; SOUZA, M. J. F. Aplicação do Método de Borda em problemas de avaliação multicritério. *Revista Gestão & Produção*, v. 26, n. 3, p. 45–58, 2019.

MICROAMBIENTAL. Conheça a nova Portaria GM/MS nº 888/2021 e entenda as principais mudanças ocorridas. 2021. Disponível em: <https://microambiental.com.br/analises-de-agua/conheca-a-nova-portaria-gm-ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-e-entenda-as-principais-mudancas-ocorridas/>. Acesso em: 9 nov. 2025.

NASCIMENTO, R. A.; OLIVEIRA, T. M.; MEDEIROS, R. F. Análise da qualidade da água em sistemas de abastecimento no semiárido paraibano. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 26, e35, 2021.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum. Geneva: World Health Organization, 2022.



RIBEIRO, M. M. R.; LIMA, A. K. C. Indicadores de qualidade da água aplicados ao semiárido brasileiro. Revista Águas Subterrâneas, v. 28, n. 2, p. 145–158, 2014.

SANTOS, T. P.; OLIVEIRA, H. N. Vulnerabilidades dos sistemas de abastecimento de água em municípios do semiárido: análise integrada de risco. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 25, n. 3, p. 495–506, 2020.

SILVA, M. G.; DANTAS, J. F.; MELO, J. L. Gestão da escassez hídrica no Cariri Paraibano: desafios e perspectivas. Cadernos de Geografia, v. 30, n. 2, p. 87–102, 2020.

SOUZA, G. M.; FERREIRA, L. J.; MOURA, V. P. Relação entre desinfecção e contaminação microbiológica em sistemas de abastecimento de água. Cadernos de Saúde Pública, v. 35, n. 12, p. 1–12, 2019.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.