INFRAESTRUTURA HÍDRICA E SANEAMENTO: ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM MUNICÍPIO DO SEMIÁRIDO CEARENSE

Jucielto Abrantes Ribeiro[1] ; Francisco Erich Rodrigues Amaro[2]; Gilberto Videres de Sousa Neto[3] & Cinthya Santos da Silva[4]

RESUMO – A infraestrutura hídrica de uma cidade afeta diretamente a qualidade de vida da população. O acesso à água potável, em quantidade e qualidade adequadas, com regularidade no abastecimento, é primordial para a manutenção dos índices de saúde e trabalho de uma comunidade. Esse fator ganha criticidade ainda maior em regiões historicamente afetadas por eventos de escassez hídrica, como o semiárido nordestino. O acompanhamento dos indicadores de saneamento ao longo do tempo constitui uma excelente métrica para verificar como a qualidade de vida da população pode estar sendo afetada pela infraestrutura hídrica disponível. Assim, este trabalho tem por objetivo analisar os indicadores relacionados ao sistema de abastecimento de água do município de Lavras da Mangabeira, localizado no semiárido cearense, ao longo de uma janela temporal de 10 anos. Por meio da análise desses indicadores, observou-se que o sistema se encontra em evolução, mas que ainda existe predominância do abastecimento da população urbana. A ocorrência de paralisações e a presença de contaminação microbiológica evidenciaram as dificuldades operacionais do sistema. Por fim, os resultados mostraram a necessidade de investimentos constantes para a ampliação e adequação dos sistemas, garantindo o fortalecimento das estratégias de convivência com a seca.

ABSTRACT– A city's water infrastructure directly affects the population's quality of life. Access to safe drinking water in adequate quantity and quality, with a reliable supply, is essential for maintaining a community's public health and socioeconomic indicators. This issue becomes even more critical in regions historically affected by water scarcity events, such as the Brazilian semiarid region. Monitoring sanitation indicators over time provides an excellent metric for assessing how the population's quality of life may be influenced by the available water infrastructure. Therefore, this study aims to analyze indicators related to the water supply system of the municipality of Lavras da Mangabeira, located in the semiarid region of Ceará State, Brazil, over a ten-year period. The analysis of these indicators revealed that the system is undergoing improvements; however, water supply services remain predominantly concentrated in urban areas. The occurrence of service interruptions and the presence of microbiological contamination highlighted the operational challenges faced by the system. Finally, the results demonstrated the need for continuous investments to expand and upgrade water supply infrastructure, thereby strengthening strategies for coping with drought conditions.

Palavras-Chave – Segurança Hídrica, Resiliência à seca, Indicadores de saneamento.

[1]) Instituto Federal da Paraíba – campus Cajazeiras, Cajazeiras - PB, fone: 83 999185018, abrantes.jucielto@academico.ifpb.edu.br
[2]) Instituto Federal da Paraíba – campus Cajazeiras, Cajazeiras - PB, fone: 88 981763278, francisco.erich@academico.ifpb.edu.br
[3]) Instituto Federal da Paraíba – campus Cajazeiras, Cajazeiras - PB, fone: 83 991540880, gilberto.videres@academico.ifpb.edu.br
[4]) Instituto Federal da Paraíba – campus Cajazeiras, Cajazeiras - PB, fone: 83 35324100, cinthya.santos@ifpb.edu.br

INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro (SAB) corresponde a 12% de todo território nacional, e abrange áreas do nordeste do país até parte do norte de Minas Gerais, totalizando 1.335.298 km² de extensão (CONDEL/SUDENE, 2024). Esse território apresenta irregularidade de chuvas no espaço e no tempo, com longos períodos de estiagem (Carvalho, 2020), e elevadas taxas de evapotranspiração (Lins *et al*, 2021), fatores esses que influenciam diretamente a disponibilidade hídrica e as condições de vida da população.

Nesse contexto, conforme estabelecido pela Lei nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020), os serviços de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos constituem elementos essenciais para a promoção da saúde e do bem-estar da população. Embora existam estudos voltados à problemática hídrica no semiárido, ainda são necessárias análises específicas sobre a evolução dos sistemas de abastecimento de água em municípios de menor porte como o próprio município de Lavras da Mangabeira - CE, considerando suas particularidades ambientais, sociais e estruturais.

Esse município, inserido no SAB, está localizado na região Centro-Sul do estado do Ceará, e apresenta características típicas da região, como a presença do bioma caatinga (MapBiomas, 2025) e quadra chuvosa entre os meses de janeiro e abril (CEMADEN, 2017). A semelhança de outros municípios de pequeno porte, a cidade enfrenta desafios para estabelecimento de um eficiente gerenciamento dos seus recursos hídricos, capaz de atender a demanda da população integralmente (SINISA, 2022).

Com isso a análise das condições de abastecimento de água no município torna-se necessária devido à importância desses serviços para a população local, permitindo compreender como os fatores ambientais, sociais e estruturais estão correlacionados com a gestão dos recursos hídricos.

Assim, considerando a relevância que o tema envolve, esta pesquisa teve como objetivo analisar a evolução do sistema de abastecimento de água no município de Lavras da Mangabeira - CE, avaliando as transformações ocorridas, os parâmetros de qualidade de água, os avanços alcançados e os principais desafios relacionados ao fornecimento de água no contexto do semiárido cearense.

METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de um estudo metodológico, de abordagem quantitativa, referente a coleta e análise de dados da evolução do sistema de abastecimento de água em um município do semiárido cearense. Para assegurar clareza e transparência dos dados, foram utilizadas informações

apenas em bases de dados secundárias de acesso público, disponibilizadas por órgãos oficiais do Governo Federal e instituições responsáveis pela gestão dos serviços de saneamento e saúde pública da região.

A delimitação espacial da pesquisa corresponde ao município de Lavras da Mangabeira localizado na região geográfica intermediária de Juazeiro do Norte e na região geográfica imediata de Juazeiro do Norte, no Estado do Ceará (Figura 1), abrangendo uma área territorial de 945,263 km² e apresentando uma população estimada em 32.163 habitantes, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025).

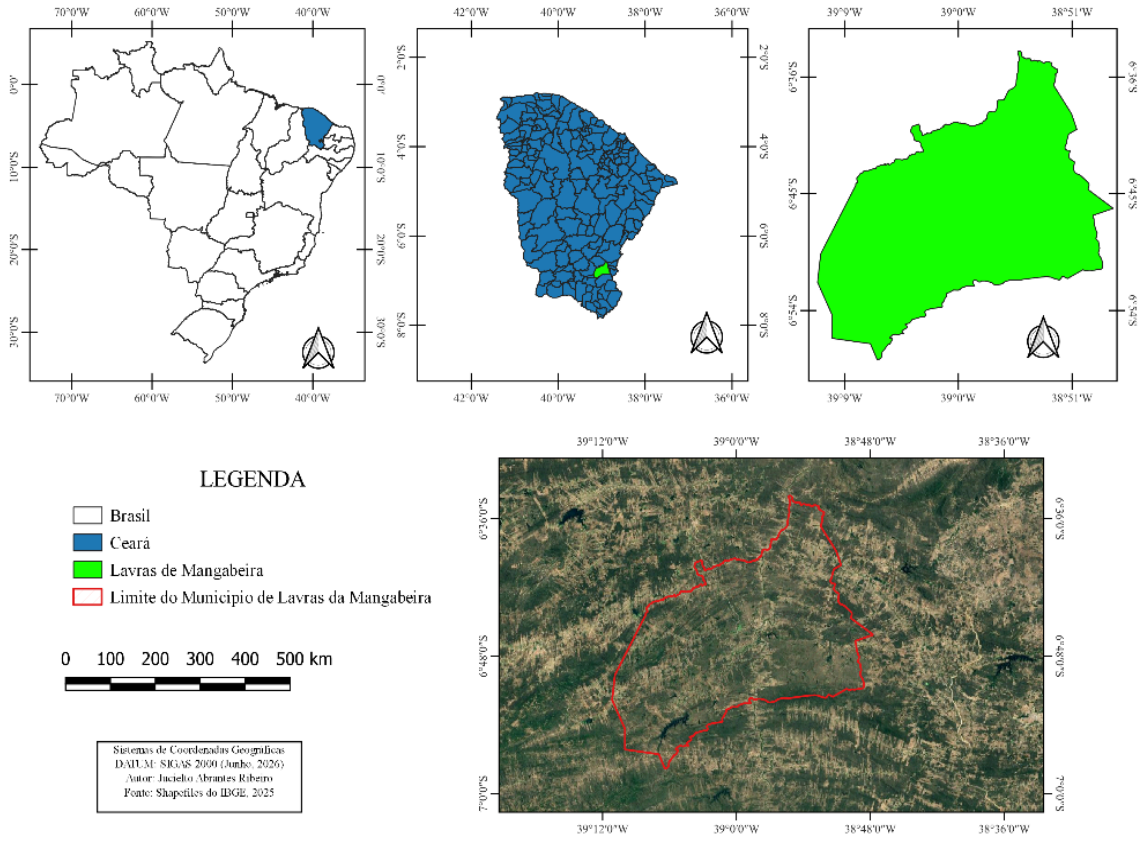


Figura 1 - Localização geográfica do município de Lavras da Mangabeira/ CE. Fonte: Adaptado de IBGE (2025).

O abastecimento de água do município é realizado a partir do Açude Rosário, manancial pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Salgado. A água captada é conduzida à Estação de Tratamento de Água (ETA) Rosário, localizada no distrito de Quitaiús, onde passa pelos processos necessários para atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente. Após o tratamento, a água é armazenada em três reservatórios, que totalizam capacidade de reservação de aproximadamente 900 m³, sendo posteriormente distribuída à população por meio da rede pública de abastecimento (CAGECE, 2026).

A coleta de dados ocorreu de forma remota durante os meses de março a junho de 2026, por meio de base de dados de acesso público como Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA) e Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).

Os dados utilizados na pesquisa foram selecionados com base em critérios de inclusão que consideraram o período de 2013 a 2022 e a relevância dos indicadores para a avaliação do sistema de abastecimento de água. Dessa forma, foram incluídos apenas os indicadores diretamente relacionados ao desempenho, à cobertura e à infraestrutura do serviço de abastecimento, conforme apresentado na Tabela 1.

CÓDIGO	ITEM	UNIDADE
AG001	População total atendida com abastecimento de água	Habitantes
AG005	Extensão da rede de água	Km
AG007	Volume de água tratada em ETAs	m^3/ano
AG010	Volume de água consumido	m^3/ano
AG015	Volume de água tratada por simples desinfecção	m^3/ano
AG026	População urbana atendida com abastecimento de água	Habitantes
QD002	Quantidades de paralisações no sistema de distribuição de água	Paralizações/ano
QD003	Duração das paralisações	Horas/ano
QD006	Quantidade de amostras para cloro residual	Amostras/ano
QD007	Quantidade de amostras para cloro residual com resultados fora do padrão	Amostras/ano
QD008	Quantidade de amostras para turbidez	Amostras/ano
QD009	Quantidade de amostras para turbidez fora do padrão	Amostras/ano
QD026	Quantidade de amostras para coliformes totais	Amostras/ano
QD027	Quantidade de amostras para coliformes totais com resultados fora do padrão	Amostras/ano
IN071	Economias atingidas por paralisações	Econ./Interrup.
IN072	Duração média das paralisações	Econ./Interrup.

Tabela 1 - Indicadores consolidados relacionados ao abastecimento de água. Fonte: SINISA (2022).

Após a coleta, os dados anuais foram organizados e tabulados em uma planilha, permitindo a sistematização das informações e a verificação de sua consistência. Em seguida, os indicadores foram processados e analisados por meio da linguagem de programação *Python*, utilizada para a elaboração de gráficos e visualizações que facilitaram a interpretação dos resultados.

A análise dos dados possibilitou avaliar a evolução temporal dos indicadores relacionados à cobertura, à infraestrutura, à operação e à qualidade da água do sistema de abastecimento, permitindo identificar tendências, avanços e desafios associados à prestação do serviço no município estudado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os indicadores AG001 e AG026 foram utilizados para avaliar a cobertura do serviço de abastecimento de água para a população total e a população urbana do município, respectivamente. Observou-se, na Figura 2, que ambos apresentaram valores praticamente idênticos durante toda a

série histórica, o que evidenciou que a maior parte da população atendida esteve concentrada na zona urbana do município, levando à suposição de que a população rural dependeu de fontes alternativas para suprir seu abastecimento.

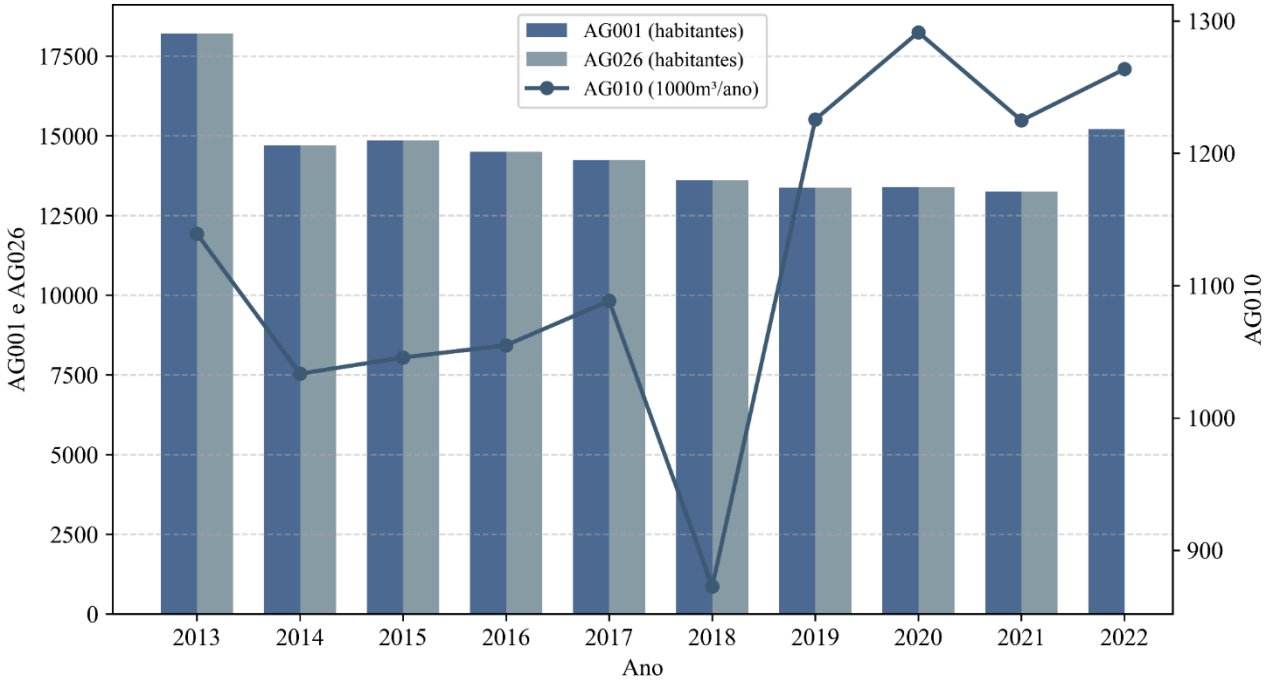


Figura 2 - Indicadores de saneamento AG001, AG026 e AG010. Fonte: Autores (2026).

Pode-se observar, ainda na Figura 2, que, entre 2013 e 2021, ocorreu uma redução gradual da população atendida, passando de aproximadamente 18,2 mil habitantes para 13,3 mil habitantes, o que correspondeu a uma diminuição de cerca de 27%. Em 2022, verificou-se uma recuperação do indicador, atingindo aproximadamente 15,2 mil habitantes atendidos para a população total do município (AG001). Para o indicador AG026, os dados referentes à população urbana atendida, no ano de 2022, não estavam disponíveis na plataforma.

Esse comportamento pode estar associado às dificuldades enfrentadas pelos municípios inseridos no semiárido nordestino, especialmente em períodos de estiagem prolongada. Durante a década analisada, o Ceará enfrentou sucessivos anos de baixa precipitação, com destaque para o período entre 2012 e 2018, caracterizado como um dos eventos de seca mais severos registrados no estado nas últimas décadas (Bezerra *et al*, 2024). Essas condições climáticas impuseram pressões sobre os sistemas de abastecimento e podem ter influenciado a capacidade de atendimento à população, tornando necessária a adoção de medidas de gestão da demanda hídrica e otimização dos recursos disponíveis.

O indicador AG010, referente ao volume de água consumido, apresentou oscilações ao longo da série, com redução até 2018 e crescimento posterior. O menor valor foi registrado em 2018,

seguido de recuperação significativa entre 2019 e 2022. Esse resultado sugere que, apesar da redução da população atendida em determinados anos, o sistema conseguiu manter níveis relativamente estáveis de consumo, possivelmente em função da regularização do fornecimento e da manutenção das atividades econômicas locais.

De forma geral, os resultados indicam que o abastecimento de água em Lavras da Mangabeira sofreu influência das condições climáticas características do semiárido, apresentando uma melhoria em sua capacidade de atendimento à população nos últimos anos.

Em uma análise das interrupções no fornecimento de água, foi observado, na Figura 3, que o ano de 2016, que apesar de ter apresentado um dos menores números de paralisações, foi aquele em que a população esteve a maior quantidade de horas sem água, num total de 8.902 horas, evidenciando que faltas de água mais longas ocorreram neste ano.

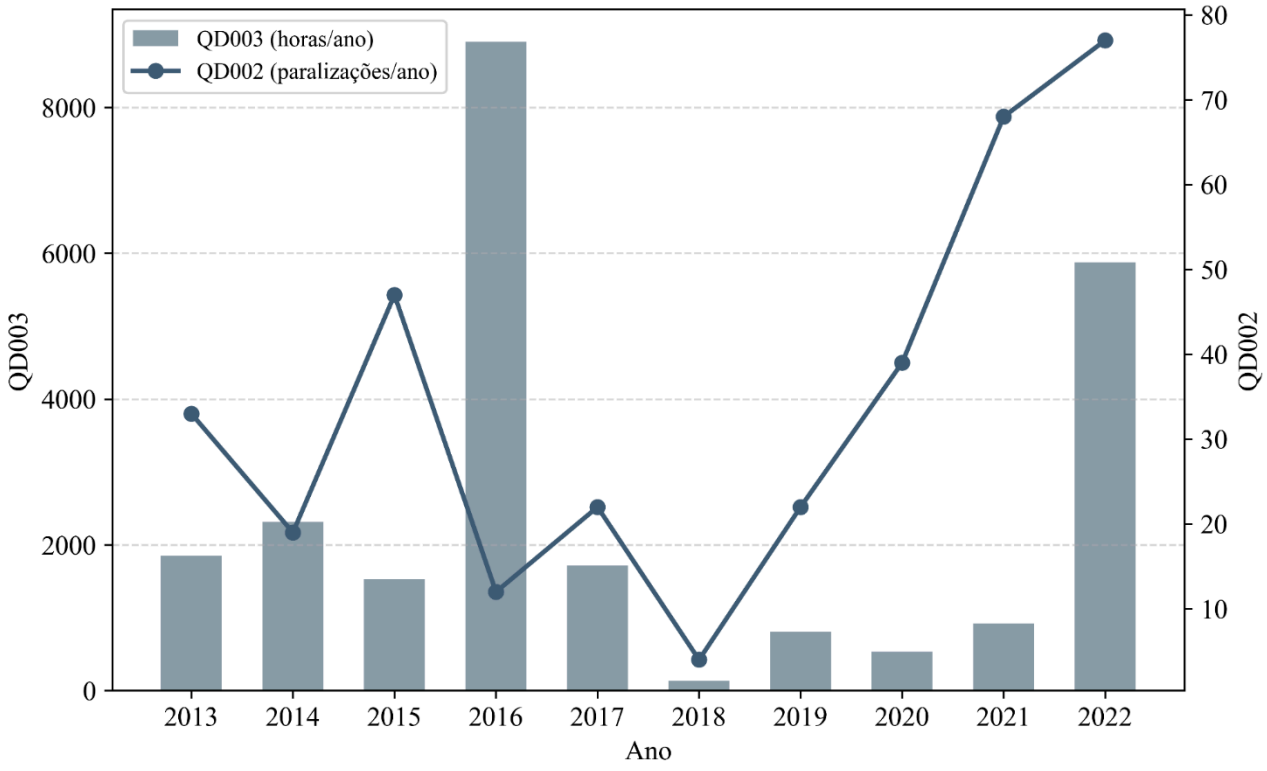


Figura 3 - Indicadores de saneamento QD002 e QD003. Fonte: Autores (2026).

Observou-se que, a partir de 2018, o número de paralisações no fornecimento de água apresentou tendência de aumento. Entretanto, entre 2019 e 2021 foram registrados os menores tempos de interrupção do abastecimento, em horas, sugerindo maior eficiência na resolução das ocorrências, independentemente de terem sido programadas ou não.

Essas paralisações representaram períodos de interrupção no fornecimento de água à população, afetando atividades domésticas, comerciais e institucionais. Embora os dados mais

recentes tenham indicado redução do tempo de interrupção e melhoria da gestão operacional, os resultados demonstraram que a regularidade do abastecimento ainda constitui um desafio relevante para o município de Lavras da Mangabeira. Segundo estudos relacionados à gestão hídrica no semiárido, a irregularidade das precipitações compromete a segurança dos sistemas de abastecimento, podendo reduzir a disponibilidade hídrica dos mananciais e demandar estratégias de armazenamento, gestão da demanda e aprimoramento da infraestrutura para assegurar o fornecimento de água (Saab e Junior, 2024).

Em uma análise dos indicadores que tratam da qualidade da água ofertada, o indicador AG007 representa o volume de água submetido ao tratamento convencional em ETA, enquanto o AG015 corresponde ao volume de água tratada apenas por desinfecção simples, processo geralmente empregado quando as características do manancial permitem tratamentos menos complexos. A evolução desses indicadores entre os anos de 2013 e 2022 pode ser observada na Figura 4.

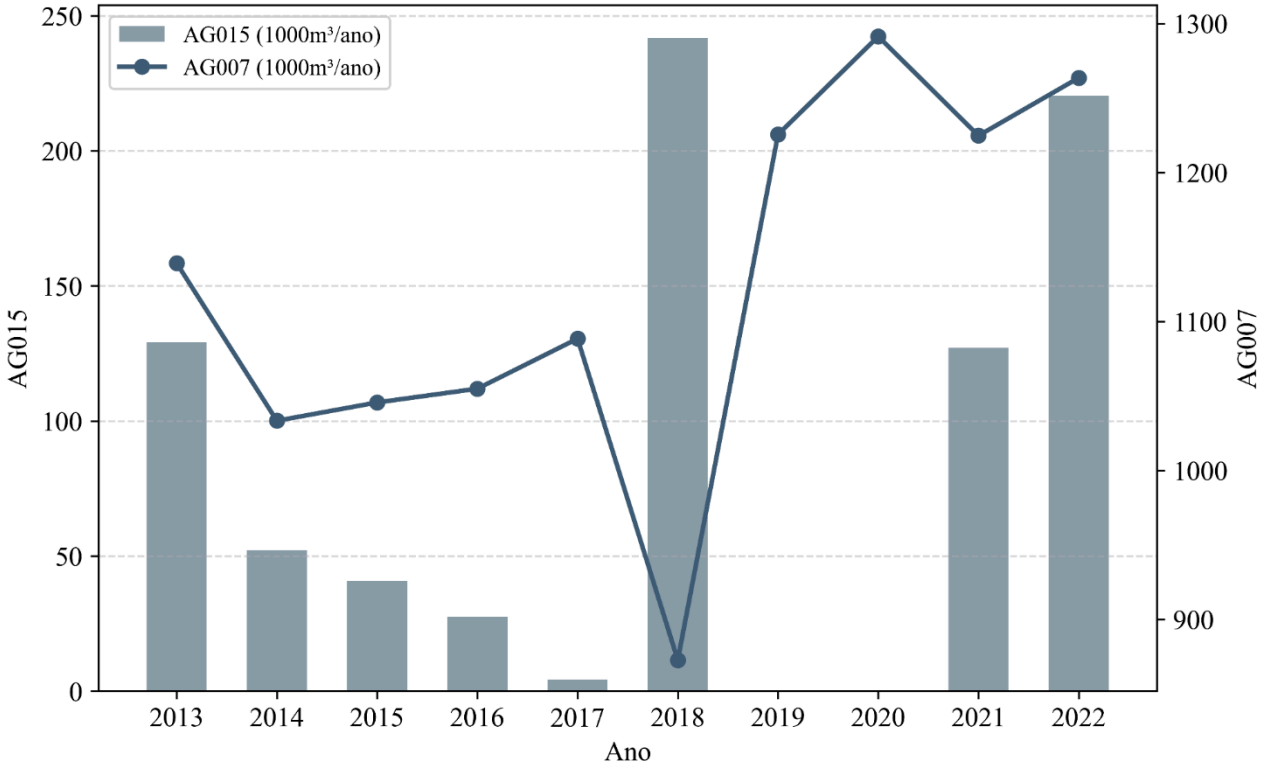


Figura 4 - Indicadores de saneamento AG015 e AG007. Fonte: Autores (2026).

Os resultados mostraram que o volume tratado em ETA teve seu menor valor no ano de 2018, de 872.710,00 m³/ano, resultado condizente com o volume de água consumido naquele ano, evidenciando um ano de baixa oferta de água por parte do sistema de abastecimento do município.

Ambos os indicadores apresentaram variações expressivas ao longo do período de análise, destacando-se os anos de 2019 e 2020 para o indicador AG015, com ausência de dados informados.

Essas oscilações puderam refletir adaptações operacionais relacionadas à disponibilidade hídrica e à qualidade da água bruta captada.

Em municípios do semiárido cearense, a redução dos níveis dos reservatórios pode alterar as características físico-químicas da água, exigindo ajustes nos processos de tratamento. Os resultados demonstraram que, mesmo diante da capacidade de tratamento da Estação de Tratamento de Água (ETA) acima de 1.200.000,00 m³/ano a partir de 2020, o tratamento por simples desinfecção simples ainda é a alternativa encontrada por uma parcela significativa da população para obtenção de água potável.

Ainda com relação aos parâmetros de qualidade da água, a Figura 5, apresenta as séries históricas do monitoramento de cloro residual (QD006 e QD007) (Figura 5a), turbidez (QD008 e QD009) (Figura 5b) e coliformes fecais (QD026 e QD027) (Figura 5c).

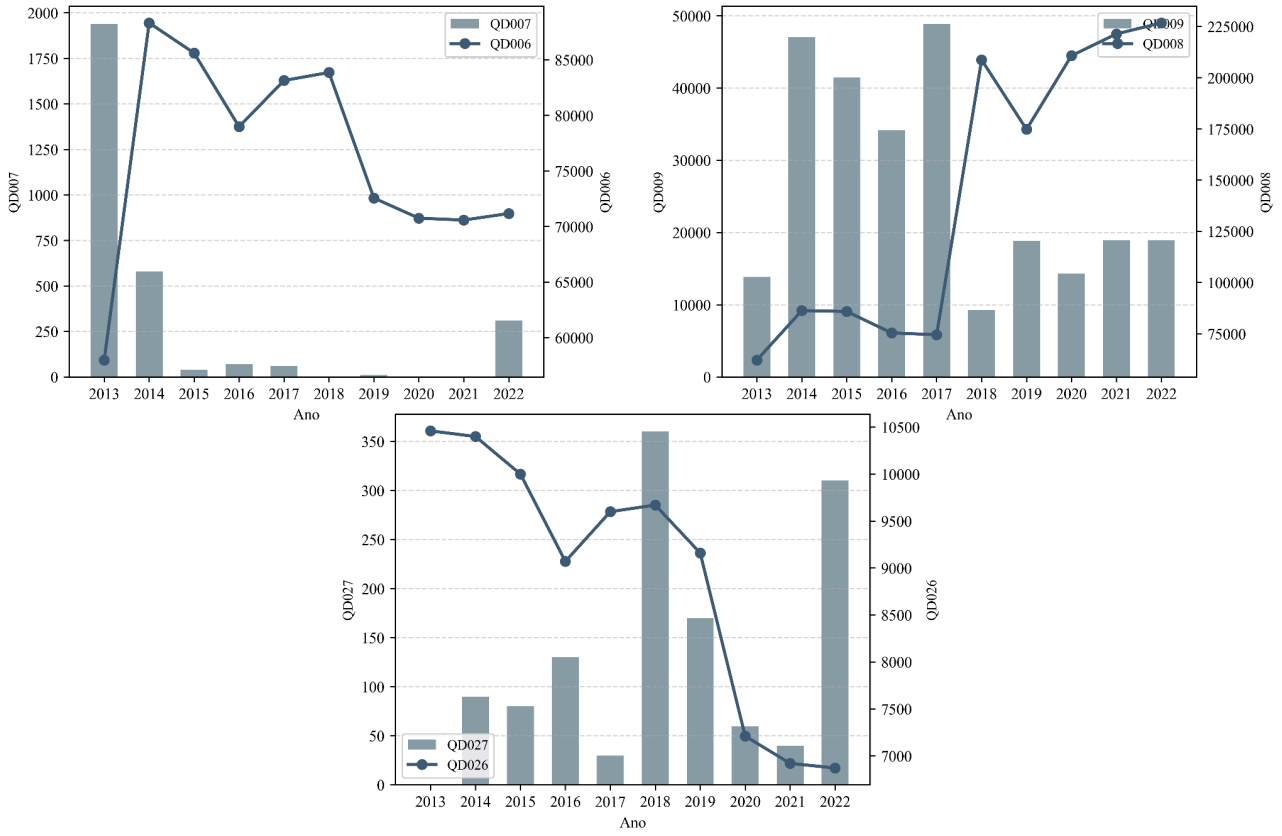


Figura 5 - Indicadores de saneamento a) QD006 e QD007, b) QD008 e QD009), c) QD026 e QD027.
Fonte: Autores (2026).

Para os indicadores QD006 e QD007 (Figura 5a) foi observado uma consolidação na realização de análise de cloro residual a partir de 2014, demonstrando continuidade das ações de monitoramento da qualidade da água. Paralelamente, verificou-se redução das amostras fora do

padrão ao longo da série histórica, não tendo os anos 2018, 2020 e 2021 apresentado nenhuma amostra não conforme, o que indica uma melhoria gradual no controle operacional da desinfecção.

A presença de cloro residual livre na rede de distribuição constitui uma medida fundamental para evitar a recontaminação da água durante o transporte até o consumidor, sendo um dos principais parâmetros utilizados no controle da segurança microbiológica (Brasil, 2021).

Com relação aos indicadores QD008 e QD009 (Figura 5b) foi observado um aumento expressivo do número de análises realizadas ao longo da série histórica, passando de aproximadamente 60 mil amostras em 2013 para mais de 220 mil amostras em 2022. Associado a esse crescimento, a quantidade de amostras fora do padrão apresentou redução proporcional ao longo dos anos. O que demonstra fortalecimento das ações de controle operacional e melhoria da qualidade da água distribuída, refletindo avanços nos processos de tratamento e monitoramento.

As séries históricas dos indicadores QD026 e QD027 (Figura 5c) indicam que o monitoramento foi mantido durante todo o período analisado, com variações no número de análises realizadas. Entretanto, foram observados picos de não conformidade em 2018 (360 ocorrências) e 2022 (310 ocorrências).

A ocorrência de indicadores microbiológicos acima dos padrões estabelecidos pode estar relacionada tanto à eficiência inadequada da desinfecção quanto à possibilidade de contaminação durante etapas posteriores ao tratamento, especialmente no sistema de distribuição. Apesar disso, os resultados gerais demonstraram predominância de conformidade microbiológica ao longo do período estudado.

Essas paralisações representam períodos sem fornecimento de água para a população, afetando atividades domésticas, comerciais e institucionais. Embora os dados mais recentes tenham indicado redução do tempo de interrupção e melhoria da gestão operacional, os resultados demonstraram que a continuidade do abastecimento ainda constitui um desafio relevante para Lavras da Mangabeira. Tal situação foi característica de municípios inseridos no semiárido nordestino, onde a irregularidade das chuvas e a limitação dos recursos hídricos influenciaram diretamente a segurança hídrica da população.

CONCLUSÕES

De modo geral, os indicadores de qualidade da água revelam avanços significativos no controle operacional do sistema, especialmente em relação ao cloro residual e à turbidez. Entretanto, as ocorrências microbiológicas pontuais e os registros de paralisações demonstram que

ainda existem desafios associados à garantia simultânea da qualidade e da regularidade do abastecimento.

Observa-se ainda, uma predominância do abastecimento na zona urbana da cidade, levando a crer que a população rural depende de fontes alternativas de abastecimento, deixando-a mais suscetível aos impactos dos períodos de estiagem prolongada.

Os resultados reforçam a necessidade de investimentos contínuos em infraestrutura, monitoramento da qualidade da água, redução de perdas e fortalecimento das estratégias de convivência com a seca, fundamentais para a sustentabilidade dos serviços de abastecimento em municípios do semiárido cearense.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, J. P.; MONTEIRO, R. N. F.; ESTÁCIO, A. B. S.; VASCONCELOS, R. S.; FILHO, F. de A. S.; MARTINS, E. S. P. R. Uma visão geral dos eventos de seca na região do Ceará entre 1911 a 2021. *In*: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, XVII, 2024, João Pessoa/PB.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Brasília, DF: Presidência da República, 2020.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Diagnóstico dos serviços de água e esgoto. Brasília: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINISA), 2022. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/assuntos/snis. Acesso em: 25 abr. 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**: seção 1, Brasília, DF, 28 jul. 2021.

BRASIL. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). (2024). "Resolução CONDEL/SUDENE nº 176, de 3 de janeiro de 2024". Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: Resolução CONDEL/SUDENE nº 176/2024. Acesso em: 19 maio 2026.

CARVALHO, A.T.F. (2020). "Caracterização climática da quadra chuvosa em Apodi, semiárido brasileiro, nos anos de 2013 a 2017". Revista Geografia em Atos 2(17), pp. 4 – 23. DOI: 10.35416/geoatos.v2i17.7116.

CEMADEN. (2017). "Situação Atual da Seca no Semiárido e Impactos – Abril de 2018". Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, São José dos Campos, Brasil. Disponível em: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRhBb8VnEjhrljNo9GUWRcmDD_eaFEonGoL1TS3l734_erPoqcp1Ozg5N-H&s=10. Acesso em: 12 jun. 2026.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ-CAGECE. Relatório anual para informação ao consumidor: Lavras da Mangabeira. Fortaleza: CAGECE, 2026. Disponível em: https://www.cagece.com.br/wp-content/uploads/PDF/RelatorioQualidadeAgua/RelatoriosAnuais/2025/A-L/Lavras-da-Mangabeira.pdf. Acesso em: 12 jun. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Cidades e Estados. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/lavras-da-mangabeira.html. Acesso em: 12 jun. 2026.

LEITE, A. F.; SOUSA, C. M. de; SILVA, J. I. A. de O. Acesso e governança da água no semiárido brasileiro: um estudo em comunidades rurais do Estado da Paraíba. *In*: JACINTO, R. (Coordenação). **Novas fronteiras,s outros diálogos**: as novas geografias dos países de língua portuguesa. Lisboa: ncora Editora, 2023. ISBN: 978-972-780-885-4. Disponível em: https://dspace.sti.ufcg.edu.br/handle/riufcg/33515. Acesso em: 14 abr. 2026.

LINS, F.A.C.; MONTENEGRO, A.A.A.; FARIAS, C.W.L.A.; CHAGAS, A.M.S.; MIRANDA, R.Q.; GALVÍNCIO, J.D. (2021). "Análise da dinâmica temporal da evapotranspiração real em uma bacia hidrográfica do semiárido através de modelagem hidrológica e sensoriamento remoto". Irriga 26(3), pp. 543 – 564. DOI: 10.15809/irriga.2021v26n3p543-564.

MAPBIOMAS. (2025). "Projeto MapBiomas – Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra no Brasil – Coleção 9". Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org. Acesso em: 12 jun. 2026.

SAAB, F. S.; JUNIOR, W. C. G. Gestão dos recursos hídricos no Ceará e sustentabilidade das infraestruturas hídricas. *In*:SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, XVII, 2024, João Pessoa/PB.