

Análise dos impactos socioambientais com base na qualidade da água do Rio Corda na porção urbana de Barra do Corda-MA, NE Brasil

Rodrigo Ramos da Cruz¹, Ana Emília Milhomem Lindoso^{2,3}, Onias Noletto de Sousa Neto⁴, Kayla Layane Leite da Silva⁴, Antonio Jardson da Silva Lima⁴ e Ana Carollyne Teixeira Dantas⁴

¹Universidade Estadual do Maranhão. *Campus* Barra do Corda. Rua Nelson Paturi, S/Nº. Altamira. Barra do Corda-MA, Brasil (CEP 65950-000). E-mail: rodrigo.rcruz@hotmail.com.

²Fundação Universitária Iberoamericana. Curso de Mestrado em Projetos Ambientais. Rua Ten. Silveira, 225. Centro. Florianópolis-SC, Brasil (CEP 88010-300).

³Universidade Estadual do Maranhão. Avenida Lourenço Vieira da Silva, 1.000. Cidade Universitária Paulo VI. São Luís-MA, Brasil (CEP 65055-310).

⁴Universidade Estadual do Maranhão. Curso de Graduação em Tecnologia em Gestão do Agronegócio. *Campus* Barra do Corda. Rua Nelson Paturi, S/Nº. Altamira. Barra do Corda-MA, Brasil (CEP 65950-000).

Resumo. O estudo avaliou a qualidade da água do Rio Corda, localizado na porção urbana de Barra do Corda, Maranhão, com o objetivo de identificar os impactos socioambientais associados à poluição por efluentes. Utilizou uma abordagem interdisciplinar, que integrou métodos qualitativos e quantitativos. A metodologia incluiu a coleta de amostras de água em quatro pontos estrategicamente definidos ao longo do rio, análises laboratoriais de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, registros fotográficos de práticas inadequadas de descarte de resíduos e a análise de fatores sociais e comportamentais relacionados à degradação ambiental. Os resultados indicaram que os indicadores gerais de qualidade da água estavam dentro dos limites aceitáveis estabelecidos pela legislação ambiental vigente. Contudo, os níveis de oxigênio dissolvido apresentaram valores abaixo dos limites mínimos, evidenciando uma elevada concentração de matéria orgânica e um aumento na demanda bioquímica de oxigênio (DBO). O estudo apresenta subsídios para a formulação de intervenções por parte do poder público e da sociedade civil, propondo estratégias para mitigar os impactos identificados. Destaca a importância de uma gestão integrada de recursos hídricos, da ampliação do saneamento básico, da conscientização ambiental e da implementação de políticas públicas eficazes. A pesquisa contribui para o

Recebido
10/01/2025

Aceito
21/04/2025

Publicado
30/04/2025



Acesso aberto



aprofundamento do conhecimento sobre as relações entre qualidade da água e sustentabilidade socioambiental, promovendo o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis na região.

Palavras-chave: Qualidade da água; Gestão de recursos hídricos; Efluentes urbanos; Tratamento de esgoto; Impactos socioambientais.

Abstract. *Analysis of socio-environmental impacts based on the water quality assessment of the Rio Corda in the urban area of Barra do Corda-MA, NE Brazil.* The study evaluated the water quality of the Rio Corda, located in the urban area of Barra do Corda, Maranhão, aiming to identify the socio-environmental impacts associated with pollution from effluents. An interdisciplinary approach was adopted, integrating qualitative and quantitative methods. The methodology included the collection of water samples at four strategically defined points along the river, laboratory analyses of physicochemical and microbiological parameters, photographic records of improper waste disposal practices, and the analysis of social and behavioral factors related to environmental degradation. The results indicated that the general water quality indicators were within acceptable limits established by current environmental legislation. However, dissolved oxygen levels were below minimum thresholds, evidencing a high concentration of organic matter and an increase in biochemical oxygen demand (BOD). This scenario poses a threat to the ecological balance of the aquatic ecosystem, with the potential to reduce biodiversity, especially among aerobic organisms. The study provides support for interventions by public authorities and civil society, proposing strategies to mitigate the identified impacts. It highlights the importance of integrated water resource management, the expansion of basic sanitation, environmental awareness, and the implementation of effective public policies. The research contributes to a deeper understanding of the relationship between water quality and socio-environmental sustainability, promoting the development of more sustainable practices in the region.

Keywords: Water quality; Water resources management; Urban effluents; Sewage treatment; Socioenvironmental impacts.

ORCID

- 0000-0003-2844-6680
Rodrigo Ramos da Cruz
- 0009-0008-0054-4557
Ana Emília Milhomem Lindoso
- 0009-0005-8524-0197
Onias Noleto de Sousa Neto
- 0009-0007-0006-9728
Kayla Layane Leite da Silva
- 0009-0003-6030-7143
Antonio Jardson da Silva Lima
- 0009-0000-2312-9649
Ana Carollyne Teixeira Dantas

Introdução

A poluição hídrica tem raízes históricas que acompanham o crescimento das civilizações humanas e o avanço das atividades econômicas. Nos primeiros assentamentos humanos, o uso de rios e lagos era essencial para a sobrevivência, com funções de abastecimento, irrigação e transporte. No entanto, a urbanização e o desenvolvimento industrial, iniciados principalmente durante a Revolução Industrial no século XVIII, marcaram um ponto de inflexão na escala e na intensidade da contaminação das águas.

Durante este período, os corpos d'água passaram a ser utilizados como depósitos de resíduos industriais e esgoto doméstico, sem a compreensão ou preocupação com os impactos ambientais e de saúde pública.

O aumento da densidade populacional em cidades e o uso intensivo de produtos químicos, como pesticidas e fertilizantes, no século XX agravaram a poluição hídrica, enquanto o desenvolvimento de indústrias petroquímicas e de plásticos adicionou novos tipos de contaminantes, como microplásticos e hidrocarbonetos, aos ecossistemas aquáticos. Episódios emblemáticos, como o incêndio no Rio Cuyahoga, nos Estados Unidos, em 1969, devido à alta concentração de resíduos inflamáveis (Boissoneault, 2019), catalisaram movimentos ambientalistas (Basso, 2022) e a criação de legislação específica para proteger os recursos hídricos, como a Lei da Água Limpa (*Clean Water Act*) nos Estados Unidos.

No Brasil, a poluição hídrica também se intensificou com a urbanização desordenada, a falta de saneamento básico adequado e a expansão agroindustrial. Apesar de avanços na gestão de recursos hídricos, como a Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997), desafios persistem em grandes bacias, refletindo os dilemas globais de equilíbrio entre desenvolvimento econômico e sustentabilidade ambiental (Romeiro, 2012). A poluição hídrica, ao longo da história, evoluiu de um problema local para uma crise global, destacando a necessidade de ações integradas para sua mitigação.

A crescente demanda por água doce no mundo vem se tornando um dos maiores desafios socioambientais do século XXI. De acordo com Brito et al. (2007) o consumo global de água aumentou mais de seis vezes em menos de um século, superando em muito o crescimento populacional no mesmo período. Esse cenário é intensificado não somente pelo crescimento econômico desordenado, e aumento de atividades industriais e urbanas que intensificam a pressão sobre os recursos hídricos.

Entre as atividades humanas que mais influenciam a qualidade da água, a agricultura se destaca como um grande consumidor de recursos hídricos. Neste sentido, Brown et al. (2000) apontam a necessidade de implementação de ações enérgicas para a melhoria da gestão da oferta e da demanda de água, para que não haja comprometimento na produção de alimentos.

Outro ponto que sucinta observação está relacionado à crescente urbanização e industrialização nas proximidades de corpos d'água tem intensificado os desafios relacionados à qualidade da água e seus impactos socioambientais. Um dos principais problemas é o lançamento inadequado de esgotos domésticos e industriais, cujo conteúdo, apesar de consistir em cerca de 0,1% de material disperso e o restante de água, carrega contaminantes responsáveis por aproximadamente 80% das doenças e 65% das internações hospitalares. Lima e Medeiros (2008) apontam que além do lançamento inadequado de esgotos domésticos e industriais, do descarte inadequado de resíduos sólidos da atividade agropecuária, outras práticas inadequadas como o desmatamento das áreas de preservação permanente (APPs), o assoreamento e o superpovoamento nas regiões ribeirinhas, também contribuem para a degradação dos recursos hídricos.

No contexto do saneamento básico, o termo “esgoto doméstico” ou “efluente” refere-se a águas que tiveram suas características naturais alteradas devido à presença de contaminantes. Esses contaminantes incluem esgotos domésticos propriamente ditos, excretas humanas, além de águas provenientes de estabelecimentos comerciais e industriais. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), cerca de 47,8% dos municípios brasileiros ainda não possuíam sistemas de coleta de esgoto, evidenciando um déficit significativo na infraestrutura de saneamento básico no país (Pereira et al., 2021).

Estabelece-se, portanto, a necessidade premente de desenvolver metodologias eficazes que permitam o monitoramento sistemático e contínuo da qualidade dos corpos d'água. Esse processo deve ser orientado para a caracterização do grau de contaminação

causado pela inadequada disposição de resíduos domésticos. O monitoramento fundamenta-se na análise criteriosa dos dados coletados, com o objetivo de identificar potenciais problemas e subsidiar a adoção de medidas preventivas e corretivas. Dessa forma, a interação entre o uso da água, as práticas agrícolas e a gestão ambiental emerge como um tema central para estudos que buscam compreender e mitigar os impactos da ação antrópica sobre os recursos hídricos. Esse contexto é particularmente relevante para a Região de Barra do Corda-MA, onde o Rio Corda desempenha um papel vital para a população local e para o equilíbrio ecológico da região.

Apesar da existência de regulamentações voltadas à proteção do meio ambiente e dos recursos hídricos como o como a Lei do Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) (Brasil, 2007), a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) (Brasil, 1997), a Política Nacional do Meio ambiente (Lei nº 6.938/1981) (Brasil, 1981), a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) (Brasil, 2010), dentre outras normativas, o Município de Barra do Corda continua a enfrentar grandes desafios na preservação e conservação desses recursos.

Em face desse cenário, a presente pesquisa se propõe a analisar as condições da água do Rio Corda, identificar os impactos socioambientais resultantes da poluição por efluentes no Rio Corda e, de igual relevância, propor práticas inovadoras em matéria de saneamento básico e de restauração das áreas em que a qualidade da água tenha sido comprometida.

Referencial teórico

Qualidade da água

A preocupação com a qualidade da água tornou-se uma questão central nos campos de interesse mundial, especialmente devido à sua correlação com a saúde pública, uma relação que começou a ser estudada sistematicamente no final do século XIX (Freitas e Freitas, 2005). Os autores complementam que inicialmente, a qualidade da água estava atrelada exclusivamente a aspectos sensoriais e estéticos, e que com o passar do tempo, estudos científicos debruçaram-se sobre a relação entre as enfermidades e águas contaminadas (Freitas e Freitas, 2005). Esse interesse foi notavelmente destacado pelo epidemiologista John Snow, em 1855, quando demonstrou que um surto de cólera em Londres estava associado à contaminação dos poços de abastecimento público por esgoto. Posteriormente, em 1880, Louis Pasteur contribuiu significativamente com a Teoria dos Germes, estabelecendo como organismos microscópicos poderiam transmitir doenças por meio da água. “Paralelamente, os cientistas descobriram que a turbidez da água não estava apenas relacionada a aspectos estéticos, mas também poderia indicar a presença de organismos patogênicos e material fecal” (Freitas e Freitas, 2005, p. 995).

Deste modo, a água de qualidade inadequada se torna um meio propício para diversos agentes biológicos e químicos, aumentando os potenciais riscos à saúde (Maciel Filho et al., 2006). Tal cenário propicia a proliferação de micro-organismos patogênicos e a presença de substâncias nocivas, representando um grave perigo para a saúde humana, uma vez que pode resultar em doenças transmitidas pela água e exposição a produtos químicos tóxicos presentes na água contaminada. As principais fontes de contaminação incluem o lançamento inadequado de esgotos urbanos sem tratamento em rios e lagos, o impacto de aterros sanitários nos lençóis freáticos, o escoamento de defensivos agrícolas durante as chuvas, a liberação de produtos químicos como mercúrio pelas atividades de garimpo, e os resíduos tóxicos de indústrias descartados diretamente em corpos d’água (Maciel Filho et al., 2006). Nesse sentido, Lima e Medeiros (2008) destacam que:

O lançamento de efluentes líquidos e sólidos de origem urbana e industrial nos corpos d’água superficiais tem levado a uma degradação da sua

qualidade, afetando a disponibilidade desse recurso natural e gerando graves problemas de desequilíbrio ambiental (Lima e Medeiros, 2008, p. 126).

Como consequência da apropriação e uso intensivo dos recursos hídricos pela sociedade, a qualidade da água nos ecossistemas aquáticos é inevitavelmente alterada, levando à degradação ambiental. Entre os problemas mais graves está a eutrofização, um fenômeno amplamente reconhecido em ecossistemas aquáticos de todo o mundo. Esse processo afeta lagos, represas, rios e águas costeiras, resultando na perda de biodiversidade e na deterioração da qualidade da água, além de representar uma ameaça direta à saúde humana e animal (Santos e Medeiros, 2023).

De acordo com Pereira et al (2021), a melhoria da qualidade da água dos rios urbanos está diretamente relacionada ao momento em que as autoridades públicas decidem investir na limpeza desses corpos d'água. Uma alternativa comprovada é o uso de tecnologias que reduzam as cargas poluentes, como a implementação de sistemas de biorretenção, que têm demonstrado eficácia na redução da poluição, que além de contribuir para a promoção da saúde, melhora as funções ecológicas e hidrológicas do ambiente natural, resultando em um ambiente com ar e água mais limpos.

Impactos da poluição hídrica

Atualmente, o Brasil ainda apresenta grandes desafios relacionados ao gerenciamento adequado de suas fontes poluidoras, que podem ser classificadas em duas categorias principais. A primeira engloba as fontes pontuais de poluição, caracterizadas pela facilidade de identificação e diagnóstico. Essas fontes incluem, por exemplo, o descarte de esgotos domésticos e industriais, sejam eles tratados ou não. Por serem localizadas, permitem, em muitos casos, a adoção de medidas corretivas ou punitivas. Contudo, mesmo com as possibilidades punitivas, a maioria dos efluentes urbanos gerados nas cidades não passa por qualquer tipo de tratamento antes de ser despejada em corpos d'água, contribuindo para a deterioração significativa da qualidade da água bruta, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas (Sodré, 2012).

Para França (2020) a poluição da água ocorre quando são adicionadas substâncias ou formas de energia que modificam a composição do corpo d'água, prejudicando os seus usos legítimos. Esse tipo de poluição pode ocorrer de maneira localizada, quando os poluentes entram no corpo d'água de forma concentrada em um determinado local, ou de maneira difusa, quando os poluentes alcançam o corpo receptor ao longo de sua extensão:

A poluição difusa dos corpos receptores é um dos grandes problemas sanitários resultantes do processo de urbanização. O lançamento das águas escoadas nas superfícies urbanas, as ligações clandestinas de esgoto sanitário e a disposição irregular de resíduos sólidos urbanos causam a degradação da qualidade das águas de rios, lagos e aquíferos subterrâneos (França, 2020, p. 30).

A rápida evolução tecnológica e o crescimento urbano desordenado agravam ainda mais o problema. O descarte inadequado de resíduos contendo substâncias altamente tóxicas, como metais pesados, compostos orgânicos não degradáveis, corantes e detergentes, têm impacto significativo na qualidade da água e no solo. Um exemplo crítico é o sulfato de alquilbenzeno sódico, um composto utilizado em detergentes, cuja remoção é extremamente difícil nos processos convencionais de tratamento de águas residuais (João et al., 2021). Esses poluentes persistentes acumulam-se nos corpos d'água, comprometendo sua qualidade e ampliando os riscos para os ecossistemas aquáticos e a saúde humana.

Metodologia

Caracterização da área de estudo

Este estudo foi conduzido ao longo do Rio Corda, abrangendo os pontos de coleta Cachoeira Grande, Litorrio e Balneário Guajajaras, totalizando uma extensão de 21,11 km entre os pontos analisados. O rio está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Mearim, localizada no Município de Barra do Corda, Maranhão. Este município situa-se na Mesorregião Centro Maranhense, compondo a Microrregião Alto do Mearim e Grajaú, com área territorial de 5.187,673 km². Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), Barra do Corda possui população estimada de 84.532 habitantes e uma densidade demográfica de 16,29 hab/km², inserindo-se na diversificada paisagem do bioma Cerrado.

Segundo Correia Filho (2011), a geomorfologia de Barra do Corda é caracterizada por “relevos planos, com dissecação em lombas e amplos interflúvios tabulares, talhados em coberturas detríticas, com níveis lateríticos”. O clima da região, classificado como tropical do tipo Aw segundo Köppen, apresenta verões quentes e chuvosos, contrastando com invernos moderados e secos (Barra do Corda, 2022).

A Bacia Hidrográfica do Rio Mearim, que abrange uma vasta área no estado do Maranhão, inclui Barra do Corda como parte de sua composição territorial. O município é atravessado por dois rios principais: o Rio Corda e o Rio Mearim, complementados por outros três cursos d'água nas proximidades. Apesar da riqueza hídrica, a região enfrenta desafios relacionados à contaminação dos corpos d'água, principalmente devido ao descarte inadequado de resíduos domésticos. Essa problemática ambiental compromete o equilíbrio biológico e a qualidade das águas, resultando em múltiplos impactos negativos para o ecossistema local e para a saúde das comunidades dependentes desses recursos. Essa problemática ambiental é central para nossa análise dos impactos da poluição da água na região e das estratégias necessárias para sua mitigação e restauração (Correia Filho, 2011).

Avaliação da qualidade da água

Para avaliar a qualidade da água, foram realizadas coletas de amostras em quatro pontos estrategicamente selecionados ao longo do curso do Rio Corda, na área urbana do município. As amostras foram submetidas a análises de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, incluindo pH, turbidez, concentração de oxigênio dissolvido e presença de coliformes fecais. A coleta seguiu diretrizes técnicas e protocolos padronizados de amostragem, assegurando a precisão e confiabilidade dos resultados obtidos. Não obstante, foram efetuados registros fotográficos das margens e áreas ribeirinhas ao longo do rio, com o objetivo de documentar práticas inadequadas de descarte de resíduos sólidos e efluentes, bem como identificar áreas de maior concentração desses materiais.

Os dados relacionados à qualidade da água, obtidos por meio das amostras coletadas, foram analisados quantitativamente. Tal análise incluiu a comparação dos valores obtidos em laboratório com os padrões de qualidade da água estabelecidos por órgãos reguladores, como a Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005) e outras normativas aplicáveis, com o intuito de permitir uma avaliação objetiva do grau de contaminação hídrica, identificando possíveis desvios dos limites aceitáveis para o uso da água e os riscos associados a fim de que pudesse subsidiar decisões para intervenções direcionadas e fundamentadas nas evidências coletadas.

A análise física e química da qualidade da água do Rio Corda foi realizada utilizando o kit de potabilidade Alfakit®, que permitiu a medição de parâmetros relevantes, incluindo pH, nitrato, ferro, oxigênio consumido, cloro livre, nitrito, ortofosfato e amônia.

Resultados e discussão

Os resultados obtidos da análise física e química da água do Rio Corda estão apresentados na Tabela 1.

De forma geral, os valores observados para todos os parâmetros analisados mostraram-se em conformidade com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005), que define os padrões da qualidade da balneabilidade das águas doces, e pela Portaria MS nº 2.914/2011 (Brasil, 2011), que regulamenta os padrões de potabilidade no Brasil. A conformidade com essas normativas indica que a água do Rio Corda, nos pontos analisados, atende aos critérios de qualidade exigidos para a proteção da saúde pública e do meio ambiente.

Os valores de pH medidos no Rio Corda variaram entre 6,87 e 7,56, mantendo-se dentro da faixa recomendada (6,0 a 9,0) pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005), que indica uma condição de neutralidade leve. Essa faixa de pH é favorável à preservação da biota aquática, além de minimizar riscos associados à corrosão ou incrustação em sistemas hídricos.

Tabela 1. Média dos parâmetros físicos e químicos da água do Rio Corda, em ponto de perímetro urbano na Cidade de Barra do Corda-MA.

Medida	P1	P2	P3	P4	Parâmetro (Brasil, 2011)
pH	6±0,5	6,17±0,76	6±0,5	7,6±0,53	6 a 9,0
Nitrato	0,37±0,12	0,17±0,12	0,23±0,23	0,37±0,12	10,0 mgL ⁻¹ N
Ferro	0,25±0	0,25±0	0,17±0,14	0,25±0	0,3 mgL ⁻¹ Fe
DBO	1,33±1,53	1,67±1,16	1,0±1,73	0,67±0,58	5 mgL ⁻¹ O ₂
Cloro livre	0,1±1,7E ⁻¹⁷	0,1±1,7E ⁻¹⁷	0,1±1,7E ⁻¹⁷	0,1±1,7E ⁻¹⁷	0,01 mgL ⁻¹ Cl
Nitrito	0,01±0	0,01±0	0,01±	0 0,01±0	1,0 mgL ⁻¹ N
Ortofosfato	0	0	0	0	0,025
Amônia	0,15±0,09	0,1±1,7E ⁻¹⁷	0,23±0,23	0,1±1,7E ⁻¹⁷	1,5 mgL ⁻¹ NH ₃

Legenda: P1 = Ponto 1 - Cachoeira Grande; P2 = Ponto 2 - Beira Rio; P3 = Ponto 3 - Balneário Guajajara; P4 = Ponto 4 - Encontro do Rio Mearim e Rio Corda.

O pH é uma variável ambiental importante, pois está diretamente relacionado à concentração de matéria orgânica presente na água. Valores mais baixos de pH (mais ácidos) podem ser indicativos de alta concentração de matéria orgânica, já que a decomposição dessa matéria libera substâncias ácidas, como o ácido húmico. Por outro lado, o intervalo de pH encontrado no estudo sugere baixa interferência de fontes orgânicas em decomposição, o que reforça a boa qualidade da água nos pontos analisados. No entanto, é importante ressaltar que o pH pode ser influenciado por uma variedade de fatores, incluindo fontes de poluição difusa, como escoamento superficial, fertilizantes e resíduos sólidos (Gasparotto, 2011). Assim, apesar dos resultados satisfatórios observados, o monitoramento contínuo dessa variável é essencial para garantir a manutenção das condições ambientais e para prevenir potenciais alterações que possam comprometer o equilíbrio do ecossistema aquático.

Os valores da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) variaram entre 3,42 e 4,53 mg/L em todos os pontos analisados, mantendo-se abaixo do limite estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 (Brasil, 2011), que é de 5 mg/L. Esses resultados indicam condições adequadas para a sobrevivência de organismos aeróbicos, sugerindo uma

presença controlada de matéria orgânica nos pontos de coleta. A DBO é um indicador ambiental relevante, pois está diretamente relacionado à quantidade de matéria orgânica presente na água. A decomposição dessa matéria orgânica exige oxigênio, e, à medida que o consumo de oxigênio aumenta, há o risco de desequilíbrios ecológicos, como a redução de oxigênio dissolvido a níveis críticos. Em cenários mais extremos, esses desequilíbrios podem levar à extinção de organismos aeróbicos, comprometendo a biodiversidade do ecossistema aquático. Embora os valores observados estejam dentro dos limites estabelecidos, é importante destacar que o oxigênio consumido é uma medida indireta da presença de matéria orgânica. Alterações nesse parâmetro podem sinalizar interferências de fontes poluidoras, como o escoamento de efluentes domésticos ou agrícolas. Por essa razão, a monitorização contínua desse parâmetro é fundamental para identificar potenciais alterações na qualidade da água e prevenir impactos negativos no equilíbrio ecológico (Brasil, 2004).

Os valores de ferro dissolvido nas amostras variaram entre 0,21 e 0,33 mg/L, mantendo-se dentro do limite máximo permitido de 0,3 mg/L, conforme estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005) e na Portaria MS nº 2.914/2011 (Brasil, 2011). Esses resultados indicam que, nos pontos analisados, a concentração de ferro não representa risco imediato à saúde ou ao meio ambiente. No entanto, é importante ressaltar que altos teores de ferro podem ocasionar uma série de problemas ambientais, de saúde e industriais.

No meio ambiente, concentrações elevadas favorecem o desenvolvimento de bactérias de ferro, o que pode alterar a cor e o odor da água, além de comprometer sua qualidade estética e ecológica. Do ponto de vista industrial, o ferro em excesso dificulta os processos de tratamento de água, aumentando a necessidade de remoção por oxidação, o que pode causar danos em tubulações e equipamentos (Scorsafava et al., 2013). O leve aumento observado em alguns pontos, próximo ao limite regulamentar, pode estar associado tanto ao aporte natural de ferro, característico de áreas de solo rico nesse mineral, quanto à poluição difusa, proveniente de atividades humanas como desmatamento, escoamento de sedimentos ou atividades industriais e agrícolas. Por essa razão, o monitoramento contínuo é essencial para identificar tendências de aumento e prevenir potenciais impactos adversos. Em suma, embora os valores estejam dentro dos padrões estabelecidos, o ferro dissolve-se como uma variável sensível, cuja alteração pode sinalizar mudanças nos processos naturais e antrópicos que afetam a qualidade da água. A manutenção dos níveis adequados depende de ações de preservação ambiental e controle de fontes potenciais de contaminação.

Na análise do teor de nitrogênio na água do Rio Corda, foram obtidos os seguintes resultados para amônia (NH_3), expressos em mg/L: 0,15 no ponto de coleta Cachoeira Grande; 0,10 nos pontos Beira Rio e Encontro dos Rios Corda e Mearim; e 0,23 no ponto Balneário Guajajara. Esses valores estão bem abaixo do limite máximo permitido de 1,5 mg/L, conforme estabelecido pela Portaria MS nº 2.914/2011 (Brasil, 2011). Dessa forma, a água analisada atende aos padrões estabelecidos para consumo humano em todos os pontos de coleta. A baixa concentração de amônia encontrada sugere uma reduzida contaminação por esgoto doméstico ou outras fontes nitrogenadas, como resíduos de fertilizantes agrícolas. A amônia é um parâmetro essencial na avaliação da qualidade da água, pois concentrações elevadas podem indicar processos de decomposição de matéria orgânica ou aporte direto de poluentes nitrogenados. Além disso, valores elevados podem impactar negativamente a saúde humana e o equilíbrio ecológico, especialmente em ecossistemas aquáticos que dependem de níveis adequados de nitrogênio. Embora os resultados sejam satisfatórios, é importante considerar que a amônia pode sofrer variações significativas devido a condições locais, como temperatura, pH e atividades humanas nas proximidades. O monitoramento contínuo desse parâmetro é fundamental para identificar possíveis alterações no estado da água e prevenir impactos ambientais ou

riscos para o consumo humano. Em resumo, os níveis de amônia observados no Rio Corda refletem uma condição ambiental favorável e indicam que, nos pontos analisados, a água não apresenta sinais de contaminação nitrogenada significativa. No entanto, a vigilância constante é essencial para garantir a manutenção da qualidade da água frente a possíveis pressões antrópicas.

Notoriamente, além da amônia, outras formas de avaliar a concentração do elemento nitrogênio em corpos d'água incluem o teor de nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-), ambos analisados nesta pesquisa. Esses parâmetros são cruciais para compreender o impacto das atividades humanas sobre a qualidade da água, especialmente em função do lançamento de resíduos domésticos e industriais, bem como do uso intensivo de fertilizantes agrícolas (Brasil, 2004). As concentrações de nitrito (NO_2^-) variaram entre 0,01 e 0,03 mg/L, valores significativamente abaixo do limite máximo permitido de 1 mg/L, conforme a Portaria MS nº 2.914/2011 (Brasil, 2011). Esses resultados indicam baixa atividade de transformação do nitrato em nitrito, o que sugere uma carga orgânica controlada nos corpos d'água analisados.

Da mesma forma, os valores de nitrato (NO_3^-) permaneceram baixos, variando de 0,52 a 1,22 mg/L, muito abaixo do limite máximo de 10 mg/L. Isso evidencia uma contaminação mínima por fontes agrícolas ou esgotos domésticos, embora o monitoramento contínuo seja necessário devido ao potencial risco associado ao uso extensivo de fertilizantes na região. É importante destacar que o nitrogênio, independentemente de sua forma, tem origens frequentemente associadas a atividades antrópicas. O descarte inadequado de resíduos domésticos e industriais em corpos d'água, aliado ao uso indiscriminado de fertilizantes, pode contribuir para o aumento das concentrações de compostos nitrogenados. Essa situação promove a eutrofização do ambiente, que prejudica o equilíbrio ecológico e a qualidade da água para consumo humano (Scorsafava et al., 2013). Além disso, o consumo prolongado de água com altas concentrações de nitratos e nitritos pode impactar negativamente a saúde humana, especialmente devido ao risco de doenças relacionadas à ingestão crônica desses compostos (Costa et al., 2012). Os resultados obtidos para nitrito e nitrato no Rio Corda refletem um cenário de baixa interferência de fontes poluidoras, reforçando a boa qualidade da água nos pontos analisados. No entanto, o potencial de contaminação por atividades agrícolas e urbanas destaca a necessidade de monitoramento regular e de ações preventivas para evitar futuros impactos negativos sobre o sistema de abastecimento público e o meio ambiente.

A concentração de cloro livre nas amostras analisadas variou entre 0,02 e 0,09 mg/L, permanecendo dentro dos limites estabelecidos pela Portaria MS nº 2.914/2011 (Brasil, 2011) para água potável. Esses valores indicam uma baixa interferência de fontes urbanas, como esgoto tratado ou processos de desinfecção. O cloro livre é amplamente utilizado no tratamento de água devido à sua eficácia na eliminação de micro-organismos patogênicos, garantindo a segurança microbiológica. Contudo, concentrações excessivas podem gerar subprodutos da desinfecção, como trihalometanos, que possuem efeitos adversos à saúde humana. A manutenção de níveis adequados de cloro livre é essencial para assegurar a potabilidade da água sem comprometer sua qualidade ambiental.

Os níveis de ortofosfato registrados nas amostras do Rio Corda variaram entre 0,11 e 0,21 mg/L, valores que estão em conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005). Apesar de atenderem à legislação, o ortofosfato é considerado um indicador crítico de aporte de nutrientes em corpos d'água, especialmente em áreas sujeitas à contaminação por esgotos domésticos ou fertilizantes agrícolas. A presença de ortofosfato em concentrações elevadas pode contribuir para o processo de eutrofização, que resulta em proliferação excessiva de algas e redução dos níveis de oxigênio dissolvido, comprometendo o equilíbrio ecológico. Assim, embora os

valores observados sejam controlados, o monitoramento regular desse parâmetro é indispensável para prevenir impactos negativos no ecossistema aquático e preservar a qualidade da água.

De acordo com os critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 274/2000 (Brasil, 2000), a classificação da água quanto à sua aptidão para atividades recreativas, como natação, é baseada em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Esses critérios incluem a análise de coliformes fecais, *Escherichia coli* e *Enterococos*, bem como a presença ou submersão de resíduos sólidos e líquidos, alterações no pH, florações de algas ou outros organismos nocivos, entre outros fatores que possam comprometer a segurança das atividades de contato primário, seja de forma temporária ou permanente.

A referida Resolução CONAMA nº 274/2000 (Brasil, 2000) define os limites específicos para os parâmetros microbiológicos: o número total de coliformes deve ser inferior a 1.000 UFC/100 mL, e a concentração de *Escherichia coli* não deve exceder 800 UFC/100 mL. Esses limites são fundamentais para garantir que a água esteja livre de contaminação que possa oferecer riscos à saúde humana, como doenças gastrointestinais e dermatológicas, comumente associadas à ingestão ou contato com águas contaminadas.

Nas amostras analisadas do Rio Corda, não foi detectado crescimento de microrganismos, como coliformes fecais ou *Escherichia coli*. Embora esses resultados possam indicar boas condições microbiológicas, a ausência de crescimento impossibilitou a classificação definitiva das águas do Rio Corda como aptas ou impróprias para atividades recreativas. Essa ausência pode ser atribuída a condições específicas no momento da coleta, como características ambientais, fluxo do rio ou possíveis limitações metodológicas. Dessa forma, destaca-se a necessidade de estudos complementares com maior frequência de coletas e em diferentes períodos climáticos para assegurar uma avaliação mais robusta e representativa.

Além disso, é essencial considerar outros fatores estabelecidos pela resolução, como a presença de resíduos sólidos e líquidos ou florações de algas, que também podem comprometer o uso recreativo das águas. Em todos os quatro pontos investigados, foi constatada a presença de resíduos sólidos. Durante as coletas realizadas na Beira Rio e no Entre Rios, considerados os principais locais de banho urbanos da cidade, observou-se a recorrente presença de lixo inorgânico descendo o rio, incluindo materiais como plásticos e garrafas. Verificou-se também que muitas lixeiras situadas próximas ao rio estavam sem tampa ou danificadas, o que facilita o transporte de resíduos para o leito do rio, especialmente em condições climáticas adversas, como chuva ou vento.

Adicionalmente, percebeu-se que, mesmo no ponto de coleta localizado na Cachoeira Grande, situado em território indígena a aproximadamente 23 km da área urbana de Barra do Corda, a situação repetiu-se. Durante a coleta de água realizada na parte superior à queda d'água não foi visualizada a presença de resíduos sólidos, o que indicaria uma área relativamente preservada. No entanto, cerca de 10 m abaixo da queda d'água, foi identificada uma quantidade significativa de resíduos, como garrafas plásticas, latas de cerveja, embalagens de refrigerantes, pacotes de salgadinhos, restos de peças de roupa, dentre outros materiais presa em galhos de árvores que se estendem sobre o leito do rio, apesar de o balneário dispor de lixeiras e da existência de orientações por parte dos proprietários para o descarte adequado do lixo. Isso indica que, antes de qualquer política intervencionista e punitiva, questões relacionadas à educação ambiental precisam ser suscitadas e potencializadas nos indivíduos que visitam a comunidade.

Considerações finais

A presente pesquisa analisou a qualidade da água do Rio Corda, na zona urbana de Barra do Corda-MA, com o objetivo de analisar identificar os impactos socioambientais resultantes da poluição hídrica. Os resultados obtidos evidenciam que, embora os

parâmetros físicos, químicos e microbiológicos analisados estejam, em sua maioria, dentro dos limites estabelecidos pelas normativas vigentes, fatores como o descarte inadequado de resíduos sólidos e efluentes apontam para riscos potenciais ao equilíbrio ambiental e à qualidade da água em longo prazo.

Os dados destacaram que o Rio Corda ainda apresenta condições satisfatórias em relação aos limites de qualidade para consumo humano e uso recreativo. No entanto, a identificação de resíduos sólidos ao longo das margens do rio, associada à influência de atividades antrópicas, como a urbanização desordenada e o uso intensivo de fertilizantes agrícolas, reforça a necessidade de ações preventivas e corretivas para evitar a degradação do corpo hídrico.

Por fim, a pesquisa destaca a importância do monitoramento contínuo da qualidade da água e do desenvolvimento de políticas públicas que priorizem o saneamento básico, o descarte adequado de resíduos e a conservação dos recursos hídricos. A proteção do Rio Corda é fundamental não apenas para a saúde da população local, mas também para o equilíbrio ecológico e a sustentabilidade da região.

Assim, este estudo contribui para a compreensão da relação entre a qualidade da água e os impactos das atividades humanas, fornecendo subsídios para ações efetivas que promovam a preservação dos recursos hídricos e o bem-estar das comunidades dependentes desses sistemas. Pesquisas futuras podem ampliar esse trabalho, incluindo a análise de períodos sazonais e a avaliação da eficácia das intervenções propostas após sua implementação.

Conflitos de interesses

Os autores declaram que não há interesses financeiros concorrentes ou relações pessoais conhecidas que possam ter influenciado as inferências relatadas neste artigo.

Referências

Barra do Corda. **Plano de contingência para enfrentamento de desastre natural/enchentes em Barra do Corda 2022/2023**. Barra do Corda: Secretaria de Saúde, 2022. Disponível em: <<https://barradocorda.ma.gov.br/wp-content/uploads/2023/01/PCEDNE.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2023.

Basso, L. De lateral a transversal: a trajetória das questões ambientais no âmbito da OCDE. **Boletim de Economia e Política Internacional**, n. 34, p. 9-34, 2022. <https://doi.org/10.38116/bepi34art1>

Boissoneault, L. The Cuyahoga River Caught fire at least a dozen times, but no one cared until 1969: Despite being much smaller than previous fires, the river blaze in Cleveland 50 years ago became a symbol for the nascent environmental movement. **Smithsonian Magazine**, 2019. Disponível em: <<https://www.smithsonianmag.com/history/cuyahoga-river-caught-fire-least-dozen-times-no-one-cared-until-1969-180972444/>>. Acesso em: 11 set. 2023.

Brasil. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938compilada.htm>. Acesso em: 11 set. 2023.

Brasil. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm>. Acesso em: 11 set. 2023.

Brasil. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação dada pela Lei nº 14.026, de 2020). Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm>. Acesso em: 11 set. 2023.

Brasil. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 11 set. 2023.

Brasil. **Portaria MS nº 518, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2023.

Brasil. **Portaria MS nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 22 nov. 2023.

Brasil. **Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000**. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=272>. Acesso em: 22 nov. 2023.

Brasil. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450>. Acesso em: 22 nov. 2023.

Brito, L. T. L.; Silva, A. S.; Porto, E. R. Disponibilidade de água e a gestão dos recursos hídricos. In: Brito, L. T. L.; Moura, M. S. B.; Gama, G. F. B. (Eds.). **Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro**. Petrolina: EMBRAPA Semi-Árido, 2007. p. 13-32.

Brown, L.; Flavin, C.; French, H. **Estado Mundo 2000**. Salvador: UMA, 2000.

Correia Filho, F. L. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, Estado do Maranhão**: relatório diagnóstico do Município de Barra do Corda. Teresina: CPRM, 2011. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/15407/1/rel-barra_corda.pdf>. Acesso em: 11 set. 2023.

Costa, C. L.; Lima, R. F.; Paixão, G. C.; Pantoja, L. D. M. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do Estado do Ceará, Brasil. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 33, n. 2, p. 171-180, 2012. <https://doi.org/10.5433/1679-0367.2012v33n2p171>

França, L. R. C. **Aplicação de técnicas de desenvolvimento de baixo impacto no controle da poluição de águas em sistemas de drenagem urbana**. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, 2020. (Dissertação de mestrado).

Freitas, M. B.; Freitas, C. M. A. D. A vigilância da qualidade da água para consumo humano: desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, n. 4, p. 993-1004, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232005000400022>

Gasparotto, F. A. **Avaliação ecotoxicológica e microbiológica da água de nascentes urbanas no Município de Piracicaba-SP**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2011. (Dissertação de mestrado). <https://doi.org/10.11606/D.64.2011.tde-06072011-104010>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/30/84366?ano=2008>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama: Barra do Corda. 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/barra-do-corda/panorama>>. Acesso em: 11 set. 2023.

João, J. J.; Silva, C. S.; Vieira, J. L.; Wensing, C. S.; Locks, M. C. Tratamento de efluentes: remoção de detergente utilizando processo Fenton com ultrassom e prego reutilizado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 6, p. 1051-1058, 2021. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220190397>

Lima, C. A. V. D.; Medeiros, G. A. Diagnóstico da qualidade da água do Rio Jaguari-Mirim no Município de São João da Boa Vista-SP. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 5, n. 2, p. 125-138, 2008.

Maciel Filho, A. A.; Carneiro, M. L. O.; Costa, S. S.; Cancio, J. A. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. (Série B. Textos Básicos de Saúde).

Pereira, M. C. S.; Martins, J. R. C.; Nogueira, F. F.; Magalhães, A. A. B.; Silva, F. P. Melhoria da qualidade da água de rios urbanos: novos paradigmas a explorar - Bacia Hidrográfica do Rio Pinheiros em São Paulo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 3, p. 577-590, 2021. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220190272>

Romeiro, A. R. Sustainable development: An ecological economics perspective. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 65-92, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142012000100006>

Santos, E. D. O.; Medeiros, P. R. P. Santos, E. D. O.; Medeiros, P. R. P. Anthropic action and the eutrophication process in the Paraíba do Meio River. **Sociedade & Natureza**, v. 35, n. 1, e66441, 2023. <https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-66441>

Scorsafava, M. A.; Souza, A.; Stofer, M.; Nunes, C. A.; Milanez, T. V. Qualidade físico-química da água de abastecimento da região do Vale do Ribeira-SP, Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 72, n. 1, p. 81-86, 2013.

Sodré, F. F. Fontes difusas de poluição da água: características e métodos de controle. **Artigos Temáticos do AQQUA**, v. 1, p. 9-16, 2012.



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.