



**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO
MARANHÃO**

**CENTRO DE CIÊNCIAS DE GRAJAÚ
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
CIÊNCIAS NATURAIS-QUÍMICA**

MOISÉS MOURA LIMA

**MONITORAMENTO FÍSICO-QUÍMICO E MICROBIOLÓGICO DA
ÁGUA DE RIOS DA REGIÃO DE GRAJAÚ, MARANHÃO**

GRAJAÚ-MA

2025

Centro de Ciências de Grajaú

Av. Aurila Maria dos Santos Barros Sousa, 2010, Loteamento Frei Alberto Beretta, Extrema – Grajaú– MA
CEP: 65940-000, Fone: (98) 3272-9750/9751

MOISÉS MOURA LIMA

**MONITORAMENTO FÍSICO-QUÍMICO E MICROBIOLÓGICO DA
ÁGUA DE RIOS DA REGIÃO DE GRAJAÚ, MARANHÃO**

Monografia apresentada junto à
Coordenação do Curso de Licenciatura em
Ciências Naturais – Química da
Universidade Federal do Maranhão como
um dos requisitos para obtenção do grau
de Licenciado em Ciências
Naturais/Química.

GRAJAÚ-MA

2025

MOISÉS MOURA LIMA

MONITORAMENTO FÍSICO-QUÍMICO E MICROBIOLÓGICO DA ÁGUA DE RIOS DA REGIÃO DE GRAJAÚ, MARANHÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade de Monografia foi julgado adequado para obtenção do Título de Licenciado e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Naturais – Química.

Grajaú - MA, 10 de fevereiro de 2025.

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **ANTONIA DE SOUSA LEAL**
Data: 10/02/2025 17:33:12-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Dr^a. Antonia de Sousa Leal
Universidade Federal do Piauí - UFPI
Orientadora

Documento assinado digitalmente
 **ILANNA CAMPELO LOPES**
Data: 10/02/2025 17:45:48-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Dr^a. Ilanna Campelo Lopes
Universidade Federal do Maranhão - UFMA
1º Membro

Documento assinado digitalmente
 **ULISSES ALVES DO REGO**
Data: 11/02/2025 11:20:24-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Ulisses Alves Rego
Universidade Federal do Maranhão - UFMA
2º Membro

Moura Lima, Moisés.

MONITORAMENTO FÍSICO-QUÍMICO E MICROBIOLÓGICO DA ÁGUA
DE RIOS DA REGIÃO DE GRAJAÚ, MARANHÃO / Moisés Moura Lima.
- 2025.

37 p.

Orientador(a): Antonia de Sousa Leal.

Curso de Ciências Naturais - Química, Universidade
Federal do Maranhão, Grajaú/ma, 2025.

1. Corda. 2. Mearim. 3. Qualidade da Água. 4.
Balneabilidade. 5. Conama 357/05, Comunidade Indígena. I.
de Sousa Leal, Antonia. II. Título.

Dedico este trabalho aos meus pais, cuja sabedoria e força não dependem de diplomas, mas sim de um amor incondicional e de uma dedicação incansável. Apesar de não terem tido a oportunidade de concluir os estudos, foram e continuam a ser a minha maior fonte de inspiração, ensinando-me o verdadeiro valor do conhecimento e da perseverança. Aos meus irmãos, que além de família, são os meus melhores amigos, agradeço por estarem sempre ao meu lado, nos momentos de alegria e nas horas de desafio.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste Trabalho de Conclusão de Curso representa a realização de um sonho e um marco importante na minha trajetória acadêmica, e não seria possível sem o apoio e a inspiração de pessoas especiais que estiveram ao meu lado em cada etapa dessa jornada.

Primeiramente, gostaria de expressar minha profunda gratidão aos meus pais, Maria Sinaria e Francisco Inácio, pelo amor, apoio incondicional e pelos valores que me transmitiram, fundamentais para que eu pudesse chegar até aqui. Aos meus irmãos, Wesley Moura e Witalo Moura, pelo carinho e companheirismo que sempre me motivaram.

À minha orientadora, Profa. Dra. Antonia de Sousa Leal, que não só me guiou com seu conhecimento, mas também me inspirou com sua dedicação e paixão pela educação. Sua orientação foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento como acadêmico.

Agradeço também à Professora Neusani Oliveira Ives Félix, que me mostrou o verdadeiro significado de ser professor e me inspirou a seguir por este caminho com dedicação e amor à docência.

Um agradecimento especial à minha amiga Cleane Silva Rêgo, que está ao meu lado desde o ensino médio. Sua amizade e apoio constante foram essenciais para que eu enfrentasse os desafios desta caminhada.

Ao Programa de Educação Tutorial (PET) - Ciências Naturais, que foi um pilar no meu desenvolvimento acadêmico, proporcionando experiências e aprendizados que levarei para toda a vida. A todos os amigos que fiz ao longo deste percurso, em especial Maria Aparecida B. de Faria Gonçalves, que se tornou minha aliada e companheira na vida universitária, minha gratidão por todas as trocas, apoio e momentos compartilhados.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste TCC, meu mais sincero agradecimento. Esta conquista é, de fato, coletiva.

RESUMO

Este trabalho analisou a qualidade da água em rios na região do município de Grajaú, Maranhão, através de um estudo dividido em três capítulos. O primeiro capítulo abordou uma proposta de extensão universitária através de uma aula ecológica com discentes da UEMA, utilizando o rio Corda como objeto de estudo e destacando a importância da Educação Ambiental. O segundo capítulo traz a abordagem da análise de parâmetros físico-químicos da água do rio Mearim em território indígena, evidenciando sua relevância para a comunidade local. O terceiro capítulo destacou o monitoramento das águas do rio Grajaú em áreas de balneabilidade urbana, no período de 2022 a 2024. O estudo empregou métodos analíticos e observacionais, destacando a necessidade de preservação ambiental e monitoramento contínuo. As conclusões reforçam a importância da Educação Ambiental e do monitoramento da qualidade da água para a saúde pública e a preservação dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Corda, Mearim, qualidade da água, balneabilidade, CONAMA 357/05, comunidade indígena.

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Tabela 1.1: Média dos parâmetros físico-químicos da água do Rio Corda, em ponto de perímetro urbano na cidade de Barra do Corda – MA.....	14
Tabela 2.1: Média dos parâmetros físico-químicos da água do Rio Mearim, em ponto de território indígena na cidade de Grajaú – MA, 2023.....	21
Tabela 2.2: Média dos parâmetros Microbiológicos da água do Rio Mearim, em ponto de território indígena na cidade de Grajaú – MA, 2023.....	22
Tabela 2.3: Média dos Parâmetros dos pontos do Rio Mearim em território indígena em Grajaú – MA 2024.....	23
Tabela 2.4: Média dos parâmetros microbiológicos dos pontos analisados.....	24
Figura 3.1: Localização geográfica dos pontos de coleta de água no rio Grajaú/MA.....	30
Tabela 3.1: Média dos Parâmetros dos pontos do Rio Grajaú, junho de 2022.....	31
Tabela 3.2: Média dos Parâmetros dos pontos do Rio Grajaú, junho de 2023.....	32
Tabela 3.3: Média dos Parâmetros dos pontos do Rio Grajaú, julho de 2024.....	33
Tabela 3.4: Média dos Parâmetros microbiológicos dos pontos do Rio Grajaú – MA (junho de 2022).....	34
Tabela 3.5: Média dos Parâmetros microbiológicos dos pontos do Rio Grajaú – MA (junho de 2023).....	35
Tabela 3.6: Média dos Parâmetros microbiológicos dos pontos do Rio Grajaú – MA (julho de 2024).....	35

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
REFERÊNCIAS.....	11
CAPÍTULO 1.....	12
INTRODUÇÃO.....	12
METODOLOGIA	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
CONCLUSÃO	16
REFERÊNCIAS	16
CAPÍTULO 2.....	18
INTRODUÇÃO.....	18
METODOLOGIA	18
RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS	23
CAPÍTULO 3.....	24
INTRODUÇÃO.....	24
METODOLOGIA	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
Análise Físico-Química.....	27
Análise Microbiológica	29
CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS	33
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35

INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos fazem parte de um patrimônio natural estratégico, sendo este um recurso indispensável ao desenvolvimento humano, social e econômico. É um elemento de suma importância para a conservação dos ecossistemas de seres vivos (bióticos) e não vivos (abióticos).

A preservação e o monitoramento dos recursos hídricos são fundamentais para a sustentabilidade ambiental e o bem-estar das populações que dependem diretamente de tais recursos. No contexto brasileiro, a vasta rede de rios e corpos d'água desempenha um papel crucial no abastecimento de água potável, na irrigação agrícola, na geração de energia e nas atividades recreativas, além de ser vital para a manutenção dos ecossistemas (Silva *et al.*, 2020). Entretanto, a crescente urbanização, a industrialização e a falta de políticas eficazes de gestão ambiental têm intensificado a degradação da qualidade da água, comprometendo sua balneabilidade e, conseqüentemente, a saúde pública e a biodiversidade local (Carvalho & Souza, 2019).

O rio Grajaú, localizado na cidade de Grajaú, Maranhão, é um exemplo emblemático da importância dos corpos d'água urbanos e dos desafios enfrentados para garantir sua preservação. Este rio não apenas abastece a população local, mas também é utilizado para atividades recreativas e sustentação de diversas espécies aquáticas. A legislação brasileira, especialmente as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelece critérios rigorosos para a balneabilidade das águas, visando proteger a saúde pública e o meio ambiente (CONAMA, 2005). Contudo, a aplicação e o cumprimento dessas normas frequentemente encontram-se aquém do necessário, exigindo esforços contínuos de monitoramento e educação ambiental.

Neste cenário, o Programa de Educação Tutorial (PET) surge como uma ferramenta estratégica para engajar estudantes universitários em atividades de monitoramento ambiental e extensão comunitária. A participação de discentes em projetos de monitoramento da qualidade da água permite a geração de dados científicos relevantes, além de fomentar a conscientização e a responsabilidade socioambiental entre os jovens e a comunidade local (Ferreira *et al.*, 2021).

A presente pesquisa propõe-se analisar a qualidade da água dos rios Grajaú, Corda e Mearim, na região de Grajaú, Maranhão, integrando aspectos de educação

ambiental e sustentabilidade. O estudo está estruturado em três capítulos, cada um abordando um aspecto específico da qualidade da água e das iniciativas de monitoramento realizadas. O primeiro capítulo focalizará a realização de uma aula ecológica com discentes da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) em Barra do Corda, destacando a importância da extensão universitária na promoção da educação ambiental. O segundo capítulo apresentará uma análise dos parâmetros físico-químicos da água do rio Mearim no território indígena, evidenciando a dependência das comunidades locais em relação a esse recurso e a necessidade de sua preservação. Por fim, o terceiro capítulo abordará o monitoramento das águas do rio Grajaú em pontos de balneabilidade no perímetro urbano, durante três anos, incluindo aspectos essenciais para garantir a segurança e a qualidade do uso público da água.

A relevância deste estudo reside na integração entre a geração de conhecimento científico e a promoção da educação ambiental, contribuindo para a melhoria das práticas de preservação dos recursos hídricos na região de Grajaú. Além disso, ao envolver estudantes universitários em atividades de monitoramento e extensão, a pesquisa fortalece o vínculo entre a universidade e a comunidade, promovendo uma abordagem colaborativa e sustentável para a gestão ambiental (Oliveira & Mendonça, 2022).

Portanto, a presente pesquisa buscou não apenas avaliar a qualidade da água dos rios estudados, mas também incentivar a conscientização e a participação ativa da comunidade e dos futuros profissionais na preservação dos recursos hídricos, garantindo assim a sustentabilidade e a saúde ambiental da região de Grajaú, Maranhão.

REFERÊNCIAS

CONAMA. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 jan. 2001.

CONAMA. Resolução 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. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

CARVALHO, M. T.; SOUZA, L. F. **Impactos da Urbanização na Qualidade das Águas: Um Estudo de Caso no Rio X**. Revista Brasileira de Geografia, v. 15, n. 3, p. 45-60, 2019.

FERREIRA, A. L. et al. **Educação Ambiental e Monitoramento de Recursos Hídricos: A Contribuição do PET para a Sustentabilidade**. Revista de Educação e Meio Ambiente, v. 8, n. 2, p. 123-139, 2021.

OLIVEIRA, R. S.; MENDONÇA, P. F. **Extensão Universitária e Sustentabilidade: Experiências do PET na Região Nordeste**. Cadernos de Extensão, v. 10, n. 1, p. 75-89, 2022.

SILVA, J. R. et al. **Recursos Hídricos e Sustentabilidade Ambiental no Brasil**. Revista de Ciências Ambientais, v. 22, n. 1, p. 10-25, 2020.

CAPÍTULO 1

EDUCAÇÃO AMBIENTAL E AULA ECOLÓGICA COM DISCENTES DA UEMA, BARRA DO CORDA: UMA PROPOSTA DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

INTRODUÇÃO

Os rios são fontes de um dos recursos naturais indispensáveis aos seres vivos, têm grande importância cultural, social, econômica, histórica da cidade onde se encontram, uma vez que a agricultura, a pecuária e as indústrias dependem da água para obterem seus produtos e a falta desse recurso gera graves consequências ambientais e sociais (SEMA-MA, 2021).

O crescimento urbano provoca impactos ambientais nesse recurso hídrico através de lançamento de efluentes líquidos e sólidos de origem urbana e industrial, tendo grande influência na qualidade das suas águas, afetando a disponibilidade desse recurso natural e gerando graves problemas de desequilíbrio ambiental (Lima; Medeiros, 2008).

O município de Barra do Corda está localizado no centro geográfico do Maranhão na confluência dos Rio Corda e Rio Mearim. O Rio Corda nasce na serra negra no município de São Raimundo das Mangabeiras, possui uma extensão média de 180 km² (quilômetros quadrados) e tem sua foz na confluência com o rio Mearim na cidade de Barra do Corda-Maranhão. Por estar numa região alta possui muitas corredeiras, trechos encachoeirados e uma vazão maior que o rio Mearim, sobretudo no alto e médio curso, por ser um rio de menor extensão. Este rio atravessa o perímetro urbano do município Barra do Corda, o qual ao longo do percurso encontra-se com suas características bastante deformadas devido a ocupação irregular pela população local (Tavares, 2018).

Segundo Vasconcelos e colaboradores (2012), o ecossistema inserido na bacia do Rio Corda é formado por um conjunto de delicados ecossistemas de grande relevância ambiental, que trazem oportunidades de turismo e lazer. Ainda segundo os autores, a ocupação da região é caracterizada por danos ambientais causados pela ocupação das margens do rio, onde tem causado sérios prejuízos que envolvem

comprometimento da qualidade da água, o assoreamento e inundações (Vasconcelos *et. al*, 2012).

Considera-se de suma importância o monitoramento das águas do Rio Corda por repensar a condição humana dentro da sociedade na qual ela se insere, garantindo não somente a sua existência, mas a existência da fauna e da flora que a possibilita existir e preservação dos recursos naturais no seu entorno. Desta forma, através do grupo PET Ciências Naturais Interdisciplinar que desenvolve atividades de forma interdisciplinar com o intuito de formar discentes críticos e éticos empenhados com a construção de uma sociedade melhor, este trabalho foi realizado com o objetivo de realizar análises da qualidade da água do Rio Corda visando prever indicadores de impactos ambientais na tentativa de minimizar seus efeitos e, para fins didáticos.

METODOLOGIA

O grupo PET junto com o Prof. Me. Rodrigo Cruz desenvolveram a atividade “Aula Ecológica” com análise físico-química da água do Rio Corda envolvendo alunos do Curso de Agronegócio da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) na cidade de Barra do Corda, com objetivo de avaliar possíveis impactos ambientais de ação antrópica em pontos de recreação ou de contato primário da população local. Amostras de água foram coletadas nos pontos Cachoeira Grande, Beira Rio, Encontro do Rio Mearim e Rio Corda, e Balneário Guajajara e analisadas de acordo com os parâmetros físico-químicos de água estabelecidos pela legislação CONAMA N° 357/2005 (Brasil, 2005), e Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 (Brasil, 2011). As coletas foram realizadas no dia 30 de outubro de 2023, e as amostras de água foram coletadas em recipientes de vidro de 250 mL, devidamente identificados e esterilizados em autoclave. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em recipiente térmico para posterior análise na sede da UEMA. Os parâmetros analisados foram baseados nos kits de balneabilidade da Alfakit®, e seguiu-se a metodologia e o protocolo de bancada do referido kit.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para as amostras testadas nos quatro pontos do Rio Corda estão representados na Tabela 1.1. No geral, todos os parâmetros analisados

para água estão de acordo com a resolução CONAMA N° 357/2005 (Brasil, 2005) e a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 (Brasil, 2011).

Tabela 1.1: Média dos parâmetros físico-químicos da água do Rio Corda, em ponto de perímetro urbano na cidade de Barra do Corda – MA.

Parâmetros	P1	P2	P3	P4	Limite Legal (Brasil, 2011)
pH	6 ± 0,5	6,17 ± 0,76	6 ± 0,5	7,6 ± 0,53	6,0 a 9,0
Nitrato (mg/L N)	0,37 ± 0,12	0,17 ± 0,12	0,23 ± 0,23	0,37 ± 0,12	10,0
Ferro (mg/L Fe)	0,25 ± 0	0,25 ± 0	0,17 ± 0,14	0,25 ± 0	0,3
Oxigênio Consumido (mg/L O ₂)	1,33 ± 1,53	1,67 ± 1,16	1 ± 1,73	0,67 ± 0,58	5,0
Cloro Livre (mg/L Cl)	0,1 ± 1,7E-17	0,1 ± 1,7E-17	0,1 ± 1,7E-17	0,1 ± 1,7E-17	0,01
Nitrito (mg/L N)	0,01 ± 0	0,01 ± 0	0,01 ± 0	0,01 ± 0	1,0
Ortofosfato (mg/L)	0	0	0	0	0,025
Amônia (mg/L NH ₃)	0,15 ± 0,09	0,1 ± 1,7E-17	0,23 ± 0,23	0,1 ± 1,7E-17	1,5

Legenda: P1= Ponto 1 - Cachoeira Grande; P2= Ponto 2 = Beira Rio; P3= Ponto 3 = Balneário Guajajara; P4= Ponto 4 = Encontro dos Rio Mearim e Rio Corda. **Fonte:** Autor, 2024.

A Resolução do CONAMA 357/2005 recomenda que os valores de pH estejam entre a faixa de 6,0 a 9,0, portanto os resultados obtidos no trabalho encontram-se dentro dos valores preconizados pela legislação vigente (Brasil, 2005). Um pH mais ácido é indicativo de alta concentração de matéria orgânica, e quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, uma vez que para haver decomposição de matéria orgânica, são produzidas muitas substâncias ácidas como, por exemplo, o ácido húmico. Desta forma o pH pode ser considerado como uma variável ambiental importante, e é uma das mais difíceis de interpretar, devido aos inúmeros fatores que podem influenciá-lo, podendo estar relacionado a fontes de poluição difusa (Gasparotto, 2011).

O parâmetro oxigênio consumido em todos os pontos analisados está abaixo do limite proposto pela legislação que é de 5 mgL⁻¹ O₂ (Brasil, 2011) e trata-se de um método de avaliação indireta da presença de matéria orgânica na água. O aumento do consumo de oxigênio é um dos problemas mais sérios do aumento do teor de matéria orgânica, já que provoca desequilíbrios ecológicos, podendo causar a extinção dos organismos aeróbicos, com base nisso, fundamenta-se a relevância da monitoração deste parâmetro (BRASIL, 2004).

Quanto ao ferro dissolvido observou-se que seus teores se encontram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, abaixo do limite especificado, 0,3 mg L⁻¹. Alta concentração de ferro pode causar danos à saúde e, pode acarretar problemas de ordens ambientais (com o favorecimento do

desenvolvimento das bactérias, dando cor e odor desagradável à água) e, industriais (pela dificuldade de sua retirada pelas estações de tratamento de água bem como oxidação das tubulações de água) (Scorsafava *et al.*, 2010).

Na análise química de nitrogênio na água do rio Corda, obteve-se os seguintes valores de amônia (NH_3), expressos em mgL^{-1} NH_3 , 0,15 para o ponto de coleta Cachoeira Grande, 0,1 para os pontos Beira Rio e Encontro dos Rio Corda e Rio Mearim, 0,23 para o ponto Balneário Guajajara. Segundo a portaria nº 2. 914 /2011 (Brasil, 2011), o valor máximo permitido de amônia é $1,5 \text{ mgL}^{-1}$, o que torna a água analisada em todos os pontos própria para o consumo humano.

Sabe-se que a além da amônia, outras formas de se avaliar a concentração do elemento nitrogênio pode ser utilizadas, como o teor de nitrito e nitrato (Brasil, 2004) as quais suas concentrações estão abaixo do limite indicado pela portaria (Brasil, 2011). Ademais, tem se conhecimento que o nitrogênio tem uma significativa origem antropogênica, principalmente em decorrência do lançamento em corpos d'água de despejos domésticos, industriais, assim como de fertilizantes, que propiciam a eutrofização do meio, danificação do sistema de abastecimento público (Scorsafava *et al.*, 2010) e, danos à saúde humana por ingestão de nitratos e nitritos por longo tempo (Costa et al., 2012).

Conforme estabelecido na Resolução CONAMA nº 274/2000, os critérios de balneabilidade classificam a água nas categorias PRÓPRIA e IMPRÓPRIA pelos parâmetros microbiológicos (Coliformes Fecais, *Escherichia coli* e *Enterococos*), presença ou despejo de resíduos sólidos e líquidos, pH, floração de algas ou organismos nocivos entre outros fatores que impossibilitem a recreação de contato primário temporariamente ou permanentemente. A legislação estabelece um valor <1000 para coliformes totais e <800 para *Escherichia coli* por 100 mL. As amostras de todos os pontos analisados não apresentaram crescimentos de micro-organismos.

Desta forma, não foi possível a classificação das águas do Rio Corda como Própria ou Imprópria para uso em atividade de recreação. Com base nos dados apresentados neste estudo, considera-se a necessidade de realização de análises mais precisas para efeitos comparativos e confiabilidade dos dados coletados para medidas preventivas e/ou de remediação quanto a possíveis impactos ambientais sob o rio Corda. Desta forma, considera-se a execução desta atividade para fins didáticos como “Aula Ecológica” e não de cunho científico uma vez que os dados apresentados

não corroboram com dados observados de ação antrópica de poluição às margens do Rio Corda, a exemplo de esgotos sendo despejados diretamente no rio.

CONCLUSÃO

Na avaliação dos parâmetros físico-químicos, nos quatro pontos de coleta no rio Corda, permitiu inferir que tal rio encontra-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente. Porém, os resultados obtidos no trabalho foram de cunho didático, o que se recomenda realizar a avaliação dos parâmetros físico-químicos de forma mais criteriosa para obtenção de resultados mais consistentes e precisos quanto a qualidade das águas do rio Corda, no perímetro urbano da cidade de Barra do Corda.

A execução dessa atividade proporcionou vivência, troca de experiências, e consequentemente conhecimentos além do acadêmico, contribuindo para uma formação mais ampla dos discentes envolvidos. A parceria entre professores e instituições externas à UFMA são de grande importância para fortalecimento das relações interpessoais e institucionais na promoção da qualidade de ensino ofertado.

REFERÊNCIAS

Brasil (2004). Ministério da Saúde. Portaria nº 518/2004. 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. Brasília (Brasil): Ministério da Saúde; 2005. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf.

Brasil (2011). Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914/2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília (Brasil): Ministério da Saúde; 2011. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html.

Brasil. (2000). Resolução Conama. Nº 274 de 29 de novembro de 2000. <https://pubs.usgs.gov/twri/05a03/report.pdf>. Publicado no dou, nº18, de 25 de Janeiro de 2001, seção 1, páginas 70-1.

Brasil. CONAMA. (2005). Resolução 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. Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>.

Costa CL, Lima RF, Paixão GC, Pantoja LDM. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. Semina: Ciências Biológicas e da

Saúde. [Internet]. 2012;33 (2): 171-180. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/viewFile/10469/1216>.

Gasparotto, F. A. Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2011.

Scorsafava MA, Souza A, Stofer M, Nunes CA, Milanez TV. Avaliação físicoquímica da qualidade de água de poços e minas destinada ao consumo humano. Ver. Inst Adolfo Lutz. [Internet]. 2010;69 (2): 229-32. Disponível em: <http://ses.sp.bvs.br/lildbi/docsonline/get.php?id=1801>.

SEMA-MA (2021). A importância de preservar rios e nascentes (SEMA-MA). Disponível em: <https://www.abema.org.br/noticias/687-a-importancia-depreservar-rios-enascentes#:~:text=Os%20rios%20s%C3%A3o%20fontes%20de,graves%20consequ%C3%Aancias%20ambientais%20e%20sociais>.

Tavares, A. R. Análise Das Ilhas Fluviais nos Rios Corda e Mearim no Perimetro Urbano de Barra do Corda: Gênese, Evolução E Situação Atual. XII SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia - UGB - União da Geomorfologia Brasileira. Crato-CE, 2018.

Vasconcelos, P. E. S., Viveros, T. B., Arraz, A. de A. Caracterização da Situação Socioeconômica e Ambiental do Município de Barra do Corda após o Implemento da Construção Civil Durante os Anos 2002 à 2010. In: Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Palmas, Tocantins 2012. ISBN 978-8562830-10-5.

CAPÍTULO 2

ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO MEARIM NO TERRITÓRIO INDÍGENA BACURIZINHO

INTRODUÇÃO

Atualmente, a sociedade percebe-se diante de crescentes ameaças e riscos ambientais, muitos dos quais resultam da própria negligência humana e de uso inadequado dos recursos naturais. Para as comunidades tradicionais que dependem diretamente dos recursos hídricos para subsistência e preservação cultural, a água de boa qualidade assume importância crucial. O Rio Mearim, localizado no território indígena no município de Grajaú, no Maranhão, possui um papel importante para as aldeias Bacurizinho, Itapew, Cachoeira, IPU, Tamarindo e Arimi, não apenas como fonte de água potável, mas também como suporte as suas atividades recreativas e de subsistência.

A boa relação dos povos indígenas com os recursos hídricos não significa que monitorar a qualidade dos corpos d'água na qual se situam em terras indígenas não sejam importantes, diante de tal relevância ecológica e social. O monitoramento da qualidade da água do Rio Mearim é fundamental para sustentar a proteção desse recurso natural, e destaca-se como uma ação estratégica importante na luta pela conservação ambiental e sustentabilidade das comunidades que dele dependem para subsistência e identidade cultural. Desta forma, este trabalho visou avaliar as condições do Rio Mearim por meio da análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, na tentativa identificar potenciais riscos ambientais, e assim, indicar medidas de conservações adequadas.

METODOLOGIA

Foram realizadas coletas de água no Rio Mearim, no município de Grajaú - MA em território indígena, abrangendo as Aldeias Bacurizinho, Itapew, Arimi, Tamarindo, IPU e Cachoeira, com o objetivo de monitorar a qualidade da água em dois momentos, no dia 06 de dezembro de 2023 e no dia 18 de dezembro de 2024. Essa ação foi

motivada por uma solicitação da fiscalização ambiental do município e que visou avaliar indicadores de potencial impacto ambiental.

No primeiro momento, dia 06 de dezembro de 2023, a coleta foi realizada pela manhã, já no segundo momento, dia 18 de dezembro de 2024, a coleta aconteceu no final da tarde, utilizando recipientes de vidro de 250 mL, devidamente identificados e esterilizados em autoclave. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em recipiente térmico para análise em laboratório. As análises físico-químicas foram realizadas no laboratório de química da Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências de Grajaú, e os parâmetros analisados foram baseados nos kits de balneabilidade da Alfakit®, e seguiu-se a metodologia e o protocolo de bancada do referido kit.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises feitas no Rio Mearim nos anos de 2023 e 2024 forneceram, de forma detalhada, uma visão sobre a qualidade da água nos pontos de amostragem no território indígena. Todas as medidas citadas para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos mostradas na Tabela 2.1 foram comparadas com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005 e N° 274/2000.

A Tabela 2.1 apresenta os resultados das análises físico-químicas realizadas no dia 06 de dezembro de 2023. Ao qual foi observado que os valores de potencial Hidrogeniônico (pH) variaram de 6,0 a 7,6, em todos os pontos analisados, estando todos dentro dos limites aceitáveis (6,0 a 9,0). Isso indica, segundo Esteves (1998), que a água do rio se mantém dentro do padrão de qualidade para águas doces. Para este autor, os corpos d'água presentes nos continentes apresentam essa variância de pH.

Tabela 2.1: Média dos parâmetros físico-químicos da água do Rio Mearim, em ponto de território indígena na cidade de Grajaú – MA, 2023.

Parâmetros	P1	P2	P3	P4	CONAMA N° 357/2005
pH	6,5	6,17	6,0	7,6	6,0 a 9,0
Nitrato (mg/L N)	0,10	0,10	0,10	0,37 ± 0,12	10,0
Alcalinidade (mgL ⁻¹ CaCO ₃)	36,7	40,0	-	43,3	500
Cloretos (mgL ⁻¹ Cl ⁻)	20,3	20,3	20,0	50,0	250
Cloro Livre (mg/L Cl)	0,10	0,10	0,10	0,10	2,0
Nitrito (mg/L N)	0,01	0,01	0,01	0,01	1,0

Legenda: P1= Ponto 1 - Bacurizinho; P2= Ponto 2 = IPU; P3= Ponto 3 = Tamarindo; P4= Ponto 4 = Arimi. **Fonte:** Autor, 2024.

O nitrato apresentou valores baixos (0,10 mg/L), com um aumento no Ponto 4 (0,37 mg/L), mas ainda dentro do limite máximo de 10,0 mg/L que determina a Resolução CONAMA N° 357/2005, o que sugere uma baixa contaminação por fontes de nitrogênio. A alcalinidade que é definida por sua capacidade de neutralizar ácidos de acordo com Branco (2013), variou entre 36,7 mg/L e 43,3 mg/L de CaCO₃, mostrando que a água possui uma capacidade moderada de neutralizar ácidos. Os cloretos se mantiveram entre 20,0 mg/L e 50,0 mg/L, bem abaixo do limite de 250 mg/L, afirmando a baixa presença de sais dissolvidos. A análise dos dados físico-químicos mostrou que a água do Rio Mearim está dentro dos padrões estabelecidos para qualidade de água doce, conforme a Resolução CONAMA N° 357/2005.

A Tabela 2.2 apresenta a média dos parâmetros microbiológicos para os pontos de coletas realizadas em 06 de dezembro de 2023. Os níveis de *E. coli* variaram significativamente, com o Ponto 3 apresentando o valor mais elevado, excedendo o limite de 800 Ufc/100mL estabelecido pela Resolução CONAMA N° 274/2000. Os coliformes totais também variaram, com o Ponto 4 exibindo o valor mais alto (1120 Ufc/100mL), ligeiramente acima do limite de 1000 Ufc/100mL. Esses resultados indicam uma variação na qualidade microbiológica da água entre os pontos amostrados, com evidências de contaminação fecal especialmente no Ponto 3. O pH, novamente, manteve-se dentro dos padrões de qualidade.

Tabela 2.2: Média dos parâmetros Microbiológicos da água do Rio Mearim, em ponto de território indígena na cidade de Grajaú – MA, 2023.

Parâmetros	P1	P2	P3	P4	CONAMA N° 274/2000
<i>E. coli</i> Ufc/100mL	80	400	880	160	<800
Coliformes Totais Ufc/100mL	1.040	640	720	1.120	<1000
pH	6,5	6,17	6,0	7,6	6,0 a 9,0

Legenda: P1= Ponto 1 - Bacurizinho; P2= Ponto 2 = IPU; P3= Ponto 3 = Tamarindo; P4= Ponto 4 = Arimi. **Fonte:** Autor, 2024.

Entretanto, os dados podem ser sugestivos e revelam preocupações com a presença de *E. coli* e coliformes totais em níveis que excedem os limites regulamentares em alguns pontos, com indicativo de fontes de contaminação fecal, possivelmente devido a atividades humanas nas proximidades, o que poderia comprometer a qualidade da água para usos recreativos e consumo.

A Tabela 2.3 apresenta os resultados das análises físico-químicas realizadas no dia 18 de dezembro de 2024. As análises revelaram que a turbidez média em todos

os pontos foi de 25 NTU, dentro do limite permitido de 40 NTU, indicando boa qualidade quanto à transparência da água. A alcalinidade variou entre 42,7 e 43,3 mg/L CaCO_3 , valores no limite de 500 mg/L, demonstrando estabilidade química da água. Da mesma forma, a dureza apresentou valores entre 48,7 e 62 mg/L CaCO_3 , classificação para água com dureza baixa a moderada, compatível com padrões de potabilidade da Resolução CONAMA N° 357/2005.

Tabela 2.3: Média dos Parâmetros dos pontos do Rio Mearim em território indígena em Grajaú – MA 2024.

Parâmetros	P1	P2	P3	CONAMA N° 357/2005
Turbidez (NTU)	25	25	25	40
Alcalinidade ($\text{mgL}^{-1} \text{CaCO}_3$)	42,7	43,3	43,3	500
Dureza ($\text{mgL}^{-1} \text{CaCO}_3$)	48,7	62	60	500
Amônia ($\text{mgL}^{-1} \text{NH}_3$)	0,45	0,12	0,0	1,5
Ferro ($\text{mgL}^{-1} \text{Fe}$)	*	*	*	0,3
pH (un. de pH)	7,25	7,0	6,5	6 a 9,5
Cloretos ($\text{mgL}^{-1} \text{Cl}^-$)	20,0	21,3	21,3	250
Nitrito ($\text{mgL}^{-1} \text{N}$)	*	*	*	1,0
Nitrato ($\text{mgL}^{-1} \text{N}$)	*	*	*	10,0
Cloro Livre ($\text{mgL}^{-1} \text{Cl}_2$)	0,10	0,10	0,10	2,0

* Sem valores identificados e sujeito a análise continuada. **Legenda:** P1= Ponto 1 - Bacurizinho; P2= Ponto 2 = Itapew; P3= Ponto 3 = Cachoeira. **Fonte:** Autor, 2024.

Os níveis de amônia oscilaram entre 0,0 mg/L NH_3 (P3) e 0,45 mg/L NH_3 (P1), abaixo do limite máximo de 1,5 mg/L, sugerindo baixa contaminação por compostos nitrogenados. Elevadas concentrações de íons amônio podem causar impactos ecológicos significativos, afetando, por exemplo, a dinâmica do oxigênio dissolvido no ambiente. No ciclo do nitrogênio, a amônia, que é tóxica para os peixes, é gerada como o primeiro estágio da decomposição do nitrogênio orgânico (Costa, 1998).

O pH variou de 6,5 a 7,25, dentro da faixa normativa de 6 a 9,5, indicando condições favoráveis para a vida aquática e uso humano. Os cloretos, com valores entre 20,0 e 21,3 mg/L Cl^- , e o cloro livre, com 0,10 mg/L Cl_2 , também se encontraram muito abaixo dos limites máximos permitidos de 250 mg/L e 2,0 mg/L, respectivamente, evidenciando baixos níveis de sais dissolvidos. Não foram registrados valores para ferro, cujo limite seria 0,3 mg/L, ou para nitrito e nitrato, que possuem limites de 1,0 mg/L e 10,0 mg/L, respectivamente.

Os resultados microbiológicos, conforme a Tabela 2.4 não mostraram alterações significativas. Não havendo contaminação identificada. A temperatura da água variou de 26°C a 28°C, adequada para a região tropical e sem impacto relevante

sobre a qualidade da água. Esses resultados reforçam a adequação da água para os parâmetros avaliados.

Tabela 2.4: Média dos parâmetros microbiológicos dos pontos analisados.

Parâmetros	P1	P2	P3	CONAMA N° 274/2000
<i>E. coli</i> Ufc/100mL	*	*	*	<800
Coliformes Totais Ufc/100mL	*	*	*	<1000
pH	7,25	7,0	6,5	6,0 a 9,0
Temperatura	28°C	27°C	26°C	

* Sem valores identificados e sujeito a análise continuada. **Legenda:** P1= Ponto 1 - Bacurizinho; P2= Ponto 2 = Itapew; P3= Ponto 3 = Cachoeira. **Fonte:** Autor, 2024.

A ausência de dados completos sobre coliformes totais e *E. coli* impede uma conclusão definitiva sobre a balneabilidade dos pontos analisados para a análise de 2024. Embora os parâmetros físico-químicos estejam em conformidade com a legislação, a classificação de balneabilidade, essencial para determinar a segurança do contato direto com a água, ainda depende da finalização dos testes microbiológicos.

CONCLUSÃO

Os estudos sobre a qualidade da água do Rio Mearim, ocorrido nos anos de 2023 e 2024, ofereceram respostas sobre as condições físico-químicas e microbiológicas da água, que atende as normas estabelecidas pela legislação vigente, embora alguns pontos apresentem variações que exijam atenção. O pH da água manteve na faixa de limite aceitável em todos os pontos analisados, o que evidencia a estabilidade química do rio, enquanto os valores de parâmetros como alcalinidade, nitrato e cloretos indicaram uma qualidade boa da água, com níveis baixos de contaminação. Entretanto, a presença de *E. coli* e coliformes totais na análise microbiológica, especialmente no ano de 2023 indicando contaminação fecal, podendo assim impactar a qualidade da água foi um ponto importante para esse estudo, ver-se a necessidade de um monitoramento constante.

Os resultados gerados neste trabalho contribuem para uma compreensão mais ampla da saúde ambiental do Rio Mearim, ofertando subsídios relevantes para a inserção de medidas de mitigação e gestão ambiental. O monitoramento da qualidade da água é importante para as comunidades indígenas que dependem do rio para suas atividades cotidianas, e exige ações e adoção de práticas sustentáveis. O trabalho

indaga a importância de um gerenciamento responsável dos recursos hídricos, quanto para preservar os ecossistemas aquáticos, como para garantir a subsistência das comunidades tradicionais que habitam tal região. Por fim, ressalta-se que o monitoramento constante e a conscientização, aliados a intervenções de forças públicas adequadas, são cruciais para preservação desse recurso hídrico.

REFERÊNCIAS

BRANCO, S. M. et al. Hidrologia ambiental. São Paulo: Edusp, 1991. 411 p.

CONAMA. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 jan. 2001. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2000/r_conama_274_2000_aguasbalneabilidade.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2024.

CONAMA. Resolução 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. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2024.

COSTA, O. O. Perfil sanitário do Rio Maranguapinho, no Estado do Ceará. 1998. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Fortaleza, 1998.

ESTEVES, Francisco de Assis. Fundamentos de Limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, FINEP, 1998.

CAPÍTULO 3

MONITORAMENTO DAS ÁGUAS DO RIO GRAJAÚ EM PONTOS DE BALNEABILIDADE NO PERÍMETRO URBANO DE GRAJAÚ, MARANHÃO.

INTRODUÇÃO

O rio Grajaú, um dos principais afluentes do rio Mearim, desempenhou um papel crucial tanto no surgimento da cidade de Grajaú/MA quanto na manutenção econômica e de subsistência de sua população. Este rio foi cenário de histórias significativas e fundamental na ocupação espacial do Maranhão, promovendo a integração entre o centro-sul e o norte maranhense através de suas vias fluviais (Pachêco Filho, 2011). Durante muito tempo, a relação da população com o rio Grajaú foi marcada por respeito e interesse, sendo o único elo entre Grajaú e as cidades vizinhas e a capital, antes da existência de rodovias, essencial para a subsistência local (Rodrigues, 2015).

Atualmente, Grajaú enfrenta o desafio de conciliar desenvolvimento socioeconômico com preservação ambiental. Segundo Pacheco Filho (2011), o rio Grajaú, outrora navegável e vital para o transporte de pessoas e alimentos, teve sua vazão e profundidade reduzidas, inviabilizando a navegação. A urbanização tem causado diversos impactos no sistema ambiental do rio, com mudanças físicas perceptíveis nos últimos anos devido ao desenvolvimento de atividades econômicas como lazer, extração de areia e frigoríficos, além dos problemas com lixo e esgoto urbanos (Lima e Silva, 2019). A criação de balneários às margens do rio tem gerado impactos graves, como assoreamento, poluição e retirada da vegetação ciliar, alterando a paisagem e a qualidade da água (Rodrigues, 2015).

A água, apesar de ser um composto simples, formado por dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio (H_2O), é essencial para todas as formas de vida no planeta Terra, onde todo ser vivo consiste principalmente de água (Carvalho e Zanardo, 2010). Entretanto, obter água de boa qualidade tem se tornado cada vez mais difícil devido à degradação dos mananciais e ao manejo inadequado, impulsionado pelo aumento do uso desse recurso nos últimos anos (Souza, 2015).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2020), o Brasil possui cerca de 12% da água doce do planeta. Apesar de representar uma quantidade

significativa, os recursos hídricos brasileiros não são inesgotáveis e o acesso a este recurso é desigual nas regiões do país. A poluição das águas no Brasil é alarmante, com uma quantidade significativa de esgoto não sendo tratada adequadamente, gerando sérios riscos para a qualidade ambiental e a saúde pública. A presença de *Escherichia coli* (*E. coli*) na água é uma indicação específica de contaminação fecal recente e a eventual presença de organismos patogênicos, validando seu papel como indicador de contaminação tanto em águas naturais quanto tratadas (BRASIL, 2013).

O Maranhão, com seu grande potencial hídrico, distingue-se por suas bacias hidrográficas e rios permanentes, que mantêm expressivo volume de água durante todo o ano. Essa característica permitiu a expansão das fronteiras agrícolas, pecuária e de produção mineral, destacando o estado nacional e internacionalmente (Porto, Motta & Souza, 2019). Dada a importância do rio Grajaú como fonte de desenvolvimento socioeconômico e cultural, é essencial um projeto que vise sua preservação para futuras gerações, despertando a consciência ética e promovendo a mudança de mentalidades e paradigmas que fundam a conduta humana.

Em resposta a esses desafios, o grupo PET Ciências Naturais Interdisciplinar desenvolve atividades de monitoramento da qualidade da água do rio Grajaú. Essas atividades visam repensar a condição humana na sociedade, garantindo a existência tanto da fauna e flora quanto da população local. Este trabalho teve como objetivo realizar análises da qualidade da água do rio Grajaú para prever indicadores de impactos ambientais e minimizar seus efeitos.

METODOLOGIA

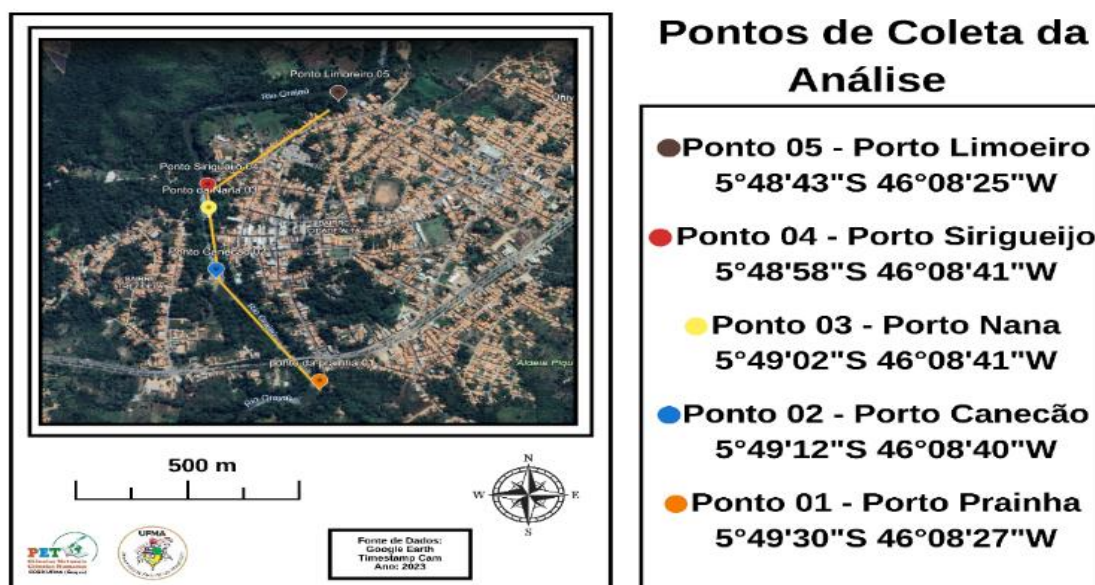
O estudo foi realizado no rio Grajaú, no município de Grajaú/MA e selecionados cinco pontos para coleta da água: Prainha, Canecão, Porto da Nanana, Sirigueijo e Limoeiro (Figura 3.1). As coletas foram realizadas no mês de junho de 2022 e 2023, e em julho de 2024, as amostras de água foram coletadas em recipientes de vidro de 250 mL, devidamente identificados e esterilizados em autoclave. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em recipiente térmico para posterior análise em laboratório. As análises foram realizadas no laboratório de química da Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências de Grajaú, e os parâmetros analisados foram baseados nos kits de balneabilidade da Alfakit®, e seguiu-se a metodologia e o protocolo de bancada do referido kit.

Para a análise de Coliformes Totais e *Escherichia coli* foi utilizada a cartela Colipaper, que contém um meio de cultura em forma de gel desidratado. No processo de análise, a amostra é filtrada e a cartela é hidratada com água destilada estéril (Santos, 2020). A membrana filtrante, que retém as possíveis bactérias contaminantes da amostra, é então colocada sobre a superfície da cartela, permitindo o contato dos microrganismos com os nutrientes. A cartela é incubada em estufa microbiológica a uma temperatura de 34 a 36°C por 15 a 18 horas. Após a incubação, realiza-se a leitura dos resultados.

A interpretação dos resultados da técnica do Colipaper é feita com base nas cores observadas na cartela. Pontos com cores que variam de violeta a azul indicam a presença de *Escherichia coli*. Pontos com cores que vão de rosa a vermelho indicam a presença de Coliformes Totais (Lima *et. al*, 2023). Os valores de Coliformes Totais devem ser multiplicados pelo fator de correção 80, conforme a metodologia. Os resultados são expressos em Unidades Formadoras de Colônias por mililitro (UFC/100mL) (Santos, 2020).

As coordenadas geográficas de todos os pontos foram coletadas com a utilização do GPS, como mostra a Figura 3.1.

Figura 3.1: Localização geográfica dos pontos de coleta de água no rio Grajaú/MA.



Fonte: Autor, 2024.

A escolha dos pontos de coleta foi estratégica, visando abranger diferentes áreas do rio com características distintas de uso e ocupação. A Prainha, Canecão,

Porto da Nanana, Sirigueijo e Limoeiro foram selecionados por representarem locais de uso recreativo, residencial e áreas mais preservadas, permitindo uma avaliação abrangente da qualidade da água ao longo do rio Grajaú. Os resultados dessas análises fornecerão dados essenciais para avaliar a qualidade ambiental do rio Grajaú, identificar possíveis fontes de contaminação e subsidiar ações de preservação e recuperação ambiental, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da região.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Físico-Química

Os dados obtidos constantes na Tabela 3.1 são referentes as avaliações das águas nos locais de lazer de contato direto no entorno da área urbana de Grajaú/MA para os diferentes pontos do Rio Grajaú nos anos de 2022, 2023 e 2024 e permitiram uma avaliação abrangente da qualidade da água, conforme os parâmetros definidos pela Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Essa legislação estabelece os limites de qualidade para diferentes usos da água, garantindo a proteção da saúde humana e ambiental.

Tabela 3.1: Média dos Parâmetros dos pontos do Rio Grajaú, junho de 2022.

Parâmetro	P1	P2	P3	P4	P5	CONAMA Nº 357/2005
Turbidez (NTU)	25	25	25	25	25	40
Amônia ($\text{mgL}^{-1}\text{NH}_3$)	0,10	0,15	0,11	0,12	0,15	1,5
pH (un. de pH)	7,6	7,6	7,6	7,6	8,0	6 a 9,5
Oxigênio Consumido ($\text{mgL}^{-1}\text{O}_2$)	7,5	7,6	3,9	5,8	6,0	5,0
Ortofosfato (mgL^{-1})	0,0	0,010	0,0	0,0	0,0	0,025
Nitrato (mgL^{-1})	0,90	0,10	0,10	0,16	0,10	10,0
Nitrito (mgL^{-1})	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1,0

Legenda: P1= Ponto 1 – Prainha; P2= Ponto 2 – Canecão; P3= Ponto 3 – Porto da Nanana; P4 = Ponto 4 – Sirigueijo; P5= Ponto 5 – Limoeiro. **Fonte:** Autor, 2024.

Na Tabela 3.1, os parâmetros analisados em junho de 2022 demonstraram que a maioria dos valores estava dentro dos limites estabelecidos pela legislação. A turbidez manteve-se constante em 25 NTU, dentro do limite máximo de 40 NTU. O pH variou entre 7,6 e 8,0, permanecendo dentro da faixa recomendada de 6 a 9,5.

O pH reflete o equilíbrio entre os íons H^+ e OH^- , variando de 0 a 14. Um pH de 7,0 é considerado neutro, pois a concentração de íons H^+ é igual à de íons OH^- . Valores de pH abaixo de 7,0 indicam uma maior presença de íons H^+ , caracterizando

uma solução ácida. Já quando há predominância de íons OH^- , o pH será superior a 7,0, definindo uma solução básica (Derisio, 2000).

O oxigênio consumido apresentou valores elevados em alguns pontos, atingindo 7,5 mg/L em P1, excedendo o limite de 5,0 mg/L. Esses resultados sugerem uma possível presença de matéria orgânica em decomposição, que pode estar comprometendo a qualidade da água ao reduzir a disponibilidade de oxigênio dissolvido, essencial para a vida aquática, segundo os estudos de Faustino *et al.* (2013).

Os resultados obtidos para as amostras testadas nos cinco pontos do rio Grajaú em junho de 2023 estão representados na Tabela 3.2. Para o parâmetro químico alcalinidade total nenhum dos pontos de coleta apresentaram valores acima de 500 mg/L⁻¹ de CaCO_3 , ficando na faixa de 86,66 a 126,66 mg/L⁻¹ de CaCO_3 , sendo o ponto P4 o que apresentou maior nível.

Tabela 3.2: Média dos Parâmetros dos pontos do Rio Grajaú, junho de 2023.

Parâmetros	P1	P2	P3	P4	P5	CONAMA N° 357/2005
Temperatura (°C)	24	23	23	23	24	*
Turbidez (NTU)	25	25	25	25	25	40
Alcalinidade (mgL ⁻¹ CaCO_3)	86,66	86,66	90,0	126,66	100,0	500
Dureza (mgL ⁻¹ CaCO_3)	14	12	14	9,33	15,33	500
Amônia (mgL ⁻¹ NH_3)	0,50	0,25	0,50	0,25	0,25	1,5
Cor (mgL ⁻¹ Pt/CO)	2,66	4,33	3,0	4,33	4,33	15
pH (un. de pH)	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	6 a 9,5
Ferro (mgL ⁻¹ Fe)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3
Oxigênio Consumido (mgL ⁻¹ O_2)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cloretos (mgL ⁻¹ Cl)	18,66	19,33	24,0	15,33	20,0	250
Ortofosfato (mgL ⁻¹)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,025
Nitrato (mgL ⁻¹)	0,10	0,10	0,10	0,30	0,30	10,0
Nitrito (mgL ⁻¹)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1,0
Cloro (mgL ⁻¹ Cl_2)	2,0	2,0	0,1	2,0	1,0	2,0

Legenda: P1= Ponto 1 – Prainha; P2= Ponto 2 – Canecão; P3= Ponto 3 – Porto da Nanana; P4 = Ponto 4 – Sirigueijo; P5= Ponto 5 – Limoeiro. **Fonte:** Autor, 2024.

O resultado configura que os pontos analisados não têm nenhum significado sanitário e está dentro dos limites de referência para águas naturais na faixa de 30 a 500 mg/L⁻¹ de CaCO_3 (Brasil, 2005). No geral, todos os parâmetros analisados para água estão de acordo com a Resolução CONAMA N° 357/2005 (Brasil, 2005).

Em seguida, na Tabela 3.3 estão contidos os resultados de julho de 2024 obtidos nos testes realizados. Que mostram uma melhora na turbidez, que reduziu para 20 NTU em todos os pontos. A alcalinidade apresentou um leve aumento, variando de 123,33 a 157,3 mg/L de CaCO_3 , ainda dentro do limite estabelecido. O

pH permaneceu estável em torno de 8,0, indicando uma água consistentemente alcalina.

Tabela 3.3: Média dos Parâmetros dos pontos do Rio Grajaú, julho de 2024.

Parâmetro	P1	P2	P3	P4	P5	CONAMA N° 357/2005
Turbidez (NTU)	20	20	20	20	20	40
Alcalinidade (mgL ⁻¹ CaCO ₃)	123,33	157,3	133	141,3	140	500
Dureza (mgL ⁻¹ CaCO ₃)	160	180	179	*	*	500
Amônia (mgL ⁻¹ NH ₃)	0,50	0,30	0,25	0,25	0,42	1,5
Ferro (mg/L ⁻¹ Fe)	25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,3
pH (un. de pH)	8,0	8,0	7,0	8,0	8,0	6 a 9,5
Cloretos (mgL ⁻¹ Cl ⁻)	10	13,33	13,3	250	250	250
Nitrito (mgL ⁻¹ N)	0,038	0,0328	0,0328	0,0328	0,0328	1,0
Nitrato (mgL ⁻¹ N)	0,2005	0,072	0,072	0,0672	0,0672	10,0
Cloro Livre (mgL ⁻¹ Cl ₂)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0
Ortofosfato	0,75	0,25	0,37	*	0,25	?

Legenda: P1= Ponto 1 – Prainha; P2= Ponto 2 – Canecão; P3= Ponto 3 – Porto da Nanana; P4 = Ponto 4 – Sirigueijo; P5= Ponto 5 – Limoeiro. **Fonte:** Autor, 2024.

Porém, o cloro livre atingiu 3,0 mg/L em todos os pontos, ultrapassando o limite recomendado. A avaliação ao longo dos três anos indica uma qualidade da água do Rio Grajaú geralmente em conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005. No entanto, alguns parâmetros, como o oxigênio consumido e o cloro livre, mostraram desvios pontuais que podem indicar fontes de poluição localizadas ou variações sazonais na qualidade da água.

O monitoramento constante e detalhado é essencial para garantir a segurança da água, especialmente em áreas utilizadas para lazer e consumo humano. Além disso, a educação ambiental e o envolvimento da comunidade são cruciais para promover práticas sustentáveis e a conservação dos recursos hídricos.

Análise Microbiológica

Conforme estabelecido na Resolução CONAMA nº 274/2000, os critérios de balneabilidade são distintos para águas doces (salinidade ≤ 0,5%), salobras (0,5% > salinidade < 30%) e salinas (salinidade ≥ 30%), sendo a água classificada nas categorias PRÓPRIA e IMPRÓPRIA pelos parâmetros microbiológicos (Coliformes Fecais, *Escherichia coli* e *Enterococos*), presença ou despejo de resíduos sólidos e líquidos (lixo e esgoto), pH, floração de algas ou organismos nocivos entre outros

fatores que impossibilitem a recreação de contato primário temporariamente ou permanentemente. Foi verificada de forma visual a presença ou ausência de materiais flutuantes e substâncias que produzem odor nos pontos analisados. Na Tabela 3.4 estão relacionados os resultados dos parâmetros utilizados para análises de balneabilidade conforme resolução vigente (CONAMA 274/2000), realizado em junho de 2022.

Tabela 3.4: Média dos Parâmetros microbiológicos dos pontos do Rio Grajaú – MA (junho de 2022).

Parâmetro	P1	P2	P3	P4	P5	CONAMA Nº 274/2000
pH (un. de pH)	7,6	7,6	7,6	7,6	8,0	6 a 9,5
<i>E. coli</i> (Coliformes termotolerantes) Ufc/100mL	600	1.300	800	1.100	2.100	<800
Coliformes Totais Ufc/100mL	1.200	1.800	1.400	1.400	2.700	<1000

Legenda: P1= Ponto 1 – Prainha; P2= Ponto 2 – Canecão; P3= Ponto 3 – Porto da Nanana; P4 = Ponto 4 – Sirigueijo; P5= Ponto 5 – Limoeiro. **Fonte:** Autor, 2024.

Nos pontos P1, P2, P3, P4 a qualidade de balneabilidade da água é caracterizada como satisfatória, porém, é importante ressaltar que a média dos parâmetros microbiológicos desses pontos se encontra no limite dos padrões que as classificam como própria para banho. A legislação estabelece um valor <1000 para coliformes fecais e <800 para *Escherichia coli* por 100 mL. Os pontos P5 e P4 apresentaram a presença de despejo de resíduos líquidos diretamente no rio. O ponto P5 é definido como impróprio para banho, pois apresentou resultado microbiológico superior a 2000 *Escherichia coli* por 100 mL de acordo com os parâmetros de balneabilidade proposto pela resolução CONAMA 274/2000. A Tabela 3.5 a seguir mostra as médias destas mesmas análises no ano seguinte, em 2023:

Tabela 3.5: Média dos Parâmetros microbiológicos dos pontos do Rio Grajaú – MA (junho de 2023).

Parâmetro	P1	P2	P3	P4	P5	CONAMA Nº 274/2000
pH (un. de pH)	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	6 a 9,5
<i>E. coli</i> (Coliformes termotolerantes) Ufc/100mL	0	400	400	*	800	<800
Coliformes Totais Ufc/100mL	2000	2400	3200	*	4000	<1000

Legenda: P1= Ponto 1 – Prainha; P2= Ponto 2 – Canecão; P3= Ponto 3 – Porto da Nanana; P4 = Ponto 4 – Sirigueijo; P5= Ponto 5 – Limoeiro. **Fonte:** Autor, 2024.

O ponto P5 apresentou nível de *E. coli* no limite definido como impróprio para banho, pois apresentou resultado microbiológico igual a 800 para *Escherichia coli* por 100 mL de acordo com os parâmetros de balneabilidade propostos pela resolução CONAMA 274/2000. Os pontos P1, P2, P3 e P5 apresentaram níveis de *coliformes totais* superiores a 1000 UFC/100 mL, indicativo de contaminação por fezes humanas ou animais. O P4 não apresentou resultado, o que sugere a repetição da análise.

As análises dos indicadores de excelência da água nesses locais apresentaram dados relevantes para o controle e acompanhamento da água no rio Grajaú, contribuindo para a tomada de providências e a adoção de medidas apropriadas para a conservação e salvaguarda desse recurso natural. Na Tabela 3.6 estão contidos os resultados obtidos nos testes microbiológicos no ano de 2024.

Tabela 3.6: Média dos Parâmetros microbiológicos dos pontos do Rio Grajaú – MA (julho de 2024).

Parâmetro	P1	P2	P3	P4	P5	CONAMA Nº 274/2000
pH (un. de pH)	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	6 a 9,5
<i>E. coli</i> (Coliformes termotolerantes) Ufc/100mL	160	560	640	640	800	<800
Coliformes Totais Ufc/100mL	160	560	1.040	720	1.040	<1000

Legenda: P1= Ponto 1 – Prainha; P2= Ponto 2 – Canecão; P3= Ponto 3 – Porto da Nanana; P4 = Ponto 4 – Sirigueijo; P5= Ponto 5 – Limoeiro. **Fonte:** Autor, 2024.

Os valores de *E. coli* em todos os pontos, exceto no ponto P5, estão abaixo do limite estabelecido (<800 UFC/100mL), sugerindo que a água é própria para banho nesses locais, conforme os critérios de balneabilidade. No entanto, o ponto P5, com um valor de 800 UFC/100mL, atinge exatamente o limite superior, o que pode indicar um risco potencial à saúde e torna necessário um monitoramento mais frequente e intervenções para melhorar a qualidade da água nesse ponto específico. Os pontos P3 e P5 apresentaram valores de coliformes totais superiores ao limite estabelecido (<1000 UFC/100mL), indicando contaminação por fezes humanas ou animais. Isso é um indicativo de contaminação significativa e potencial presença de outros patógenos, o que compromete a qualidade da água nesses pontos.

Em todos os anos analisados, os valores de pH estiveram dentro do intervalo permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (6 a 9,5). Isso indica uma consistência na qualidade da água em termos de acidez/alcalinidade. Em 2022, todos

os pontos, exceto P1, apresentaram valores superiores ao limite (<800 UFC/100mL), com destaque negativo para P5. Em 2023, os níveis de *E. coli* diminuíram significativamente, exceto no ponto P5 que ainda estava no limite. Em 2024, observamos um aumento novamente, com P5 atingindo o limite. Isso sugere uma variabilidade anual na contaminação por *E. coli*, necessitando de intervenções e monitoramento contínuo.

Referente aos coliformes termotolerantes, em 2022 todos os pontos apresentaram valores acima do limite (<1000 UFC/100mL). Em 2023, os valores aumentaram ainda mais, especialmente no ponto P5. Em 2024, houve uma redução significativa nos níveis de coliformes totais, exceto em P3 e P5, que ainda estão acima do limite. A redução em 2024 pode indicar a eficácia de alguma intervenção ou uma mudança nas condições ambientais, mas a persistência dos níveis elevados em P3 e P5 indica a necessidade de ações adicionais.

CONCLUSÃO

O estudo realizado no rio Grajaú, no município de Grajaú/MA, ao longo dos anos de 2022, 2023 e 2024, forneceu informações valiosas sobre a qualidade da água em diferentes pontos do rio, destacando as variações nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos que determinam a balneabilidade da água. Os valores de pH das amostras de água se mantiveram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, variando entre 7,6 e 8,0. Isso indica uma estabilidade na acidez/alcalinidade da água ao longo dos anos, contribuindo para um ambiente aquático mais estável.

No entanto, observou-se uma variabilidade nos níveis de *E. coli* nos diferentes pontos ao longo dos anos. Em 2022, os níveis estavam acima do limite estabelecido em quase todos os pontos, com exceção de P1. Em 2023, houve uma redução significativa, exceto no ponto P5, que ainda estava no limite. Em 2024, os níveis aumentaram novamente, com P5 atingindo o limite máximo permitido. Os níveis de coliformes totais apresentaram valores acima do limite em 2022 e 2023 em todos os pontos analisados. Em 2024, houve uma redução significativa, mas os pontos P3 e P5 ainda apresentaram valores superiores ao limite estabelecido, indicando uma contaminação persistente. Esses resultados indicam que, embora algumas melhorias tenham sido observadas ao longo dos anos, a qualidade da água do rio Grajaú ainda

enfrenta desafios significativos, especialmente em relação à contaminação microbiológica.

Esses resultados ressaltam a necessidade de ações contínuas e intensificadas para monitorar e melhorar a qualidade da água do rio Grajaú. É crucial implementar medidas de saneamento básico e controle de poluição para reduzir a contaminação por coliformes fecais e *E. coli*, especialmente nos pontos mais críticos como P5. Além disso, é essencial promover a conscientização da comunidade local sobre a importância da preservação dos recursos hídricos e o impacto das atividades humanas na qualidade da água.

O monitoramento contínuo, associado a ações educativas e intervenções de saneamento, são fundamentais para garantir a sustentabilidade ambiental do rio Grajaú e a saúde da população que depende desse recurso. Assim, o estudo contribui significativamente para o entendimento das dinâmicas de qualidade da água no rio Grajaú e oferece uma base sólida para futuras intervenções e políticas públicas direcionadas à preservação e recuperação desse importante recurso hídrico.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água. 2013a. Disponível em:

[[http://www.funasa.gov.br/site/wp\[1\]content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp[1]content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf)].

CARVALHO, A. P. L.; ZANARDO, V. P. S. Consumo de água e outros líquidos em adultos e idosos residentes no município de Erechim – Rio Grande do Sul. *Perspectiva*, v. 34, n. 125, p. 117-126, 2010.

CONAMA. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define critérios de balneabilidade em águas brasileiras. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 25 jan. 2001. Disponível em:

<https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2000/r_conama_274_2000_aguasbalneabilidade.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2024.

CONAMA. Resolução 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. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2024.

DERÍSIO, J. C. Introdução ao controle de poluição ambiental. São Paulo: CETESB, 1992.

Faustino, E., Vanzella, M., Jesus, M. A., Meneguetti, D. U. O., & Zan, R. A. (2013). Avaliação da qualidade de águas de poços rasos ou comuns da cidade de Ariquemes, Rondônia, Brasil. *Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente*.

LIMA, Moisés Moura et al. Análise da qualidade da água do Rio Grajaú: Parâmetros microbiológicos. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 7, p. e12012742578-e12012742578, 2023.

LIMA, C. A. S.; SILVA, M. N. S. A paisagem do perímetro urbano do rio Grajaú (Maranhão) analisada a partir de indicadores de qualidade visual. *Research, Society and Development*, vol. 8, núm. 5, 2019.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Água. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/agua.html>>.

PACHÊCO FILHO, A. K. G. Varando mundos: navegação no vale do rio Grajaú. 2011. 264f. Tese (Doutorado em História)-Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011.

PORTO, L. L.; MOTTA, E. J. O.; SOUZA, C. C. Plano Nascente Itapecuru: plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia hidrográfica do rio Itapecuru. Brasília: Codevasf, 2019. 180 p.

RODRIGUES, I. J. A dialética rio-cidade: uma análise das potencialidades dos impactos ambientais sobre o Rio Grajaú no perímetro urbano do município de Grajaú-MA. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Maranhão. Grajaú-MA, 2015. 92fs.

SOUZA, Claudineia de Souza. Estudo da qualidade da água e das condições de abastecimento para consumo humano na comunidade de Gravatá de Baixo – Muritiba – Bahia. 2015. 62f. (Monografia) Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia. 2015.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo, desenvolvido ao longo de três capítulos, abordou a análise da qualidade da água dos rios Corda, Mearim e Grajaú em diferentes contextos e regiões, esclarecendo a importância do monitoramento constante, da educação ambiental e da conscientização das comunidades locais e de todos que dependem dos corpos hídricos, sobre os efeitos negativos das atividades humanas, realizadas de maneira a negligenciar a saúde ambiental.

O capítulo 1 trouxe a proposta de extensão universitária por meio de uma atividade de educação ambiental com alunos da UEMA, em Barra do Corda, na qual foi fundamental para integrar a prática de cuidados ecológicos com a teoria, oportunizando aos alunos o envolvimento nas análises dos parâmetros físico-químicos do rio Corda. Esta interação se mostrou eficaz para a disseminação de conhecimento e para construção de uma conscientização coletiva, sendo isto essencial para a preservação da saúde ambiental e pública.

O capítulo 2 focou na análise da qualidade da água do rio Mearim dentro de um contexto indígena, abordando os impactos diretos da degradação dos recursos hídricos para as comunidades tradicionais. A pesquisa voltada para identificar possíveis fontes de contaminação e/ou substâncias tóxicas, revelaram a importância de políticas públicas alinhadas a proteção e preservação dessas águas. O capítulo destacou a urgência em respeitar os direitos territoriais das comunidades assegurando que tais recursos sejam cuidados e monitorado de forma constante, garantindo sua subsistência.

Já no capítulo 3, focou no monitoramento da qualidade da água no rio Grajaú, em pontos de balneabilidade no perímetro urbano do município. Este monitoramento contínuo além de fornecer dados importantes sobre a qualidade da água, alertou a relevância da existência desse controle, havendo a necessidade do emprego de medidas de correção, para que o rio continue sendo uma fonte segura para os moradores, preservando também os ecossistemas aquáticos. A contínua vigilância da qualidade da água e a análise de resultados ao longo do tempo permitem prever a necessidade de ações de saneamento e gestão dos recursos hídricos, cuidando para que não ocorra futuras contaminações e comprometimento com os pontos de recreação e balneabilidade do rio.

De modo geral, a integração dos três capítulos deste estudo evidencia a relevância de um olhar de cuidado sobre os recursos hídricos, que integre aspectos ecológicos, sociais e culturais. Cada capítulo traz diferentes posições da poluição e degradação das águas, evidenciando que, além da análise técnica da qualidade da água, é importante envolver a comunidade neste processo de cuidado ao meio ambiente, para na prática conscientizar-se.

Assim, as considerações feitas aqui reforçam a urgências das políticas públicas mais eficazes sobre os corpos d'águas. Além disso, incentivar a educação ambiental que emerge como uma ferramenta de sensibilização da sociedade. O monitoramento constante das águas, como evidenciado no estudo dos rios Corda, Mearim e Grajaú, é de cunho imprescindível para a preservação da qualidade da água e da saúde da sociedade que delas dependem.

Por fim, a partir dos resultados obtidos, a continuidade dessas pesquisas é necessária, com a expansão do monitoramento para outras regiões e a criação de programas que integrem a educação ambiental com práticas de manejo sustentável dos recursos hídricos. A responsabilidade sobre a qualidade da água é de todos, e o trabalho conjunto entre governos, universidades e comunidades locais é a chave para garantir que os rios, como o Corda, Mearim e Grajaú, continuem a ser fontes de vida, cultura e bem-estar para as gerações futuras.