

Efeitos biológicos da poluição hídrica do rio Itapecuru na cidade de Caxias/MA

Biological effects of water pollution in the Itapecuru River in the city of Caxias/MA

Efectos biológicos de la contaminación del agua en el río Itapecuru en la ciudad de Caxias/MA

Recebido: 22/08/2023 | Revisado: 03/09/2023 | Aceitado: 04/09/2023 | Publicado: 06/09/2023

Verônica Inácio de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5995-4235>
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
E-mail: veronicainaciodeoliveira@gmail.com

Matheus Wilson Silva dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4607-0336>
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
E-mail: 1997mwss@gmail.com

Thainara Costa Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7659-4579>
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
E-mail: tcostasilva09@gmail.com

Eduardo Feitosa da Conceição

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9483-8175>
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
E-mail: eduardocxfc@gmail.com

Maria de Oliveira Braga

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6410-9206>
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
E-mail: mariabraga163@gmail.com

Dominick Ktyla dos Santos Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7963-8017>
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
E-mail: dominickktyl.uema@gmail.com

Deuzita dos Santos Freitas Viana

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1902-6505>
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
E-mail: deuzitasfv@gmail.com

Resumo

Na atualidade, vive-se uma séria crise hídrica provocada em massa por questões antropogênicas. É de suma importância entender como as atividades antrópicas influenciam a qualidade de ecossistemas aquáticos na perspectiva de restauração de ecossistemas degradados, visando restabelecer sua integridade ecológica. O objetivo desse trabalho foi analisar os efeitos biológicos da poluição hídrica do rio Itapecuru na cidade de Caxias- Ma. Para a coleta das amostras das águas, foram escolhidos cinco pontos, sendo descritos em P1, P2, P3, P4 e P5, do montante a jusante nas margens do rio Itapecuru. As coletas foram feitas em dois períodos, entre “novembro e dezembro” e período chuvoso “maio”. As amostras das águas foram levadas ao Laboratório de Físico-química do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), para as análises físico-químicas. As águas do Rio Itapecuru estão poluídas nas áreas coletadas. Apresentaram alto teor de ferro, coloração amarelada e turbidez em ambos os períodos analisados. Apesar da ausência de metais pesados na água analisada não é descartado a possibilidade de seu potencial tóxico.

Palavras-chave: Poluição; Danos ambientais; Monitoramento.

Abstract

Currently, there is a serious water crisis caused by anthropogenic issues. It is extremely important to understand how anthropic activities influence the quality of aquatic ecosystems from the perspective of restoring degraded ecosystems, aiming to restore their ecological integrity. The objective of this work research was to analyze the biological effects of water pollution in the Itapecuru river in the city of Caxias-Ma. For the collection of water samples, five points were chosen, being described in P1, P2, P3, P4 and P5, from the upstream downstream on the banks of the Itapecuru river. The collections were made in two periods, between “November and December” and the rainy period “May”. The water samples were taken to the Physical-Chemistry Laboratory of SAAE (Autonomous Water and Sewage Service) for physical-chemical analysis. The waters of the Itapecuru River are polluted in the collected areas. They had a high iron content, yellowish color and turbidity in both analyzed periods. Despite the absence of heavy metals in the analyzed water, the possibility of its toxic potential is not ruled out.

Keywords: Pollution; Environmental damage; Monitoring.

Resumen

Atualmente, existe uma grave crise hídrica provocada por questões antrópicas. Es de suma importancia comprender cómo las actividades antrópicas influyen en la calidad de los ecosistemas acuáticos desde la perspectiva de la restauración de ecosistemas degradados, con el objetivo de restaurar su integridad ecológica. El objetivo de este trabajo fue analizar los efectos biológicos de la contaminación del agua en el río Itapecuru en la ciudad de Caxias-Ma. Para la toma de muestras de agua se eligieron cinco puntos, siendo descritos en P1, P2, P3, P4 y P5, del monto aguas abajo en las márgenes del río Itapecuru. Las colectas se realizaron en dos períodos, entre “Noviembre y Diciembre” y el período lluvioso “Mayo”. Las muestras de agua fueron llevadas al Laboratorio de Fisicoquímica del SAAE (Servicio Autónomo de Agua y Alcantarillado) para su análisis físico-químico. Las aguas del río Itapecuru están contaminadas en las áreas de captación. Presentaron alto contenido de hierro, color amarillento y turbidez en ambos periodos analizados. Apesar de la ausencia de metales pesados en el agua analizada, no se descarta la posibilidad de su potencial tóxico.

Palabras clave: Contaminación; Daño ambiental; Supervisión.

1. Introdução

A água doce é um recurso natural finito, cuja qualidade vem piorando devido ao aumento da população e à ausência de políticas públicas voltadas para a sua preservação. Estima-se que aproximadamente doze milhões de pessoas morrem anualmente por problemas relacionados com a qualidade da água Stein et al. (2014). Muito se tem escrito sobre poluição de águas superficiais, principalmente no que concerne a rios urbanos. Embora seja um bem imprescindível à vida na Terra, a maior parte da sociedade brasileira, há tempos, vem fazendo uso da água de forma inadequada, desenvolvendo hábitos de consumo caracterizados pelo desperdício, provocando a degradação ambiental de corpos de água e comprometendo a disponibilidade desse recurso natural.

Desde os primórdios, o ser humano vem causando impactos negativos aos recursos hídricos do planeta e as ações antrópicas têm trazido graves problemas. Quando se pensa ou se fala em poluição, logo vem à mente os diversos tipos de poluição, como lixões a céu aberto, rios e mares poluídos com plásticos, poluentes industriais, fuligem de escapamentos de carros e motos, fertilizantes, agrotóxicos, entre outros. O fato é que a temática poluição abrange uma dimensão muito maior do que se imagina, e que está relacionado a um grande problema ambiental que ameaça o futuro da humanidade (Lima et al., 2018; Mello & Olivo, 2016).

Os principais impactos do desenvolvimento de uma área urbana sobre as redes hidrográficas estão ligados à sua forma de ocupação, mais precisamente no que se refere à falta de infraestrutura de saneamento básico, no processo de implantação (Sampaio & Gomes, 2020). As ações antrópicas podem ser causas de grandes prejuízos no ambiente e influenciam diretamente na qualidade das águas naturais e na perda da biodiversidade aquática. Os fatores urbanos, tais como poluição industrial e doméstica, elevam gradualmente o impacto ambiental e, por sua vez, acabam por comprometer a qualidade do recurso hídrico Ferreira et al. (2019).

Muitos poluentes no meio ambiente, como as substâncias ou materiais para os quais a água pode ser a principal via de transporte ou transmissão, e em um estado ecológico poluído ou contaminado, podem fazer com que a água represente problemas à saúde Boelee et al. (2019). Vale ressaltar, também, que o uso da água para fins de lazer e higiene pela população é um grande fator da degradação dos recursos hídricos.

Na atualidade, vive-se uma séria crise hídrica provocada em massa por questões antropogênicas. É de suma importância entender como as atividades antrópicas influenciam a qualidade de ecossistemas aquáticos na perspectiva de restauração de ecossistemas degradados, visando restabelecer sua integridade ecológica.

Doenças como amebíase, esquistossomose, diarreias, cólera e infecção bacteriana com *Escherichia coli* já foram descritas na literatura como patologias transmitidas por águas não tratadas, especialmente em regiões de baixa renda, nas quais a ausência de saneamento e mau gerenciamento dos recursos hídricos são eminentes. Para Pruss-Ustun et al. (2008) melhorias na qualidade do ambiente aquático, no saneamento básico e nas condições de higiene da sociedade poderiam atenuar os casos

de doenças relacionadas à poluição da água.

Com o exagerado aumento de poluição, resultante das ações do homem, no ambiente aquático é evidente a importância do uso de meios biológicos para a verificação de agentes que possam causar alterações, tóxicas e genotóxicas, no ambiente. Dessa forma, um dos meios biológicos para a análise dessas alterações é o biomonitoramento.

Há diversos modos de verificação da poluição dos corpos aquáticos, dos quais podemos citar as análises físico-químicas, as microbiológicas e genotóxicas, que buscam mostrar de forma precisa os valores dos metais, microrganismos, alterações celulares e moleculares presentes na água e a qualidade da água.

O monitoramento da qualidade da água é um dos principais meios de sustentação de planejamento e gestão de recursos hídricos, tendo em vista o seu funcionamento como um sensor que possibilita o acompanhamento do processo de uso dos corpos hídricos, apresentando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas, com o intuito de subsidiar as ações de controle ambiental Guedes, Da Silva, et al. (2012).

Tais estudos são importantes para que a análise dos impactos provocados pelas atividades antrópicas seja mais ampla, bem como para proporcionar a possibilidade de mostrar o potencial tóxico da água e as reais condições do ecossistema e possibilitar medidas estratégicas de intervenções para a melhoria deste recurso hídrico.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivos analisar os efeitos biológicos da poluição hídrica do rio Itapecuru na cidade de Caxias- MA; monitorar a qualidade das águas da Bacia Fluvial do Rio Itapecuru; analisar metais tóxicos na água.

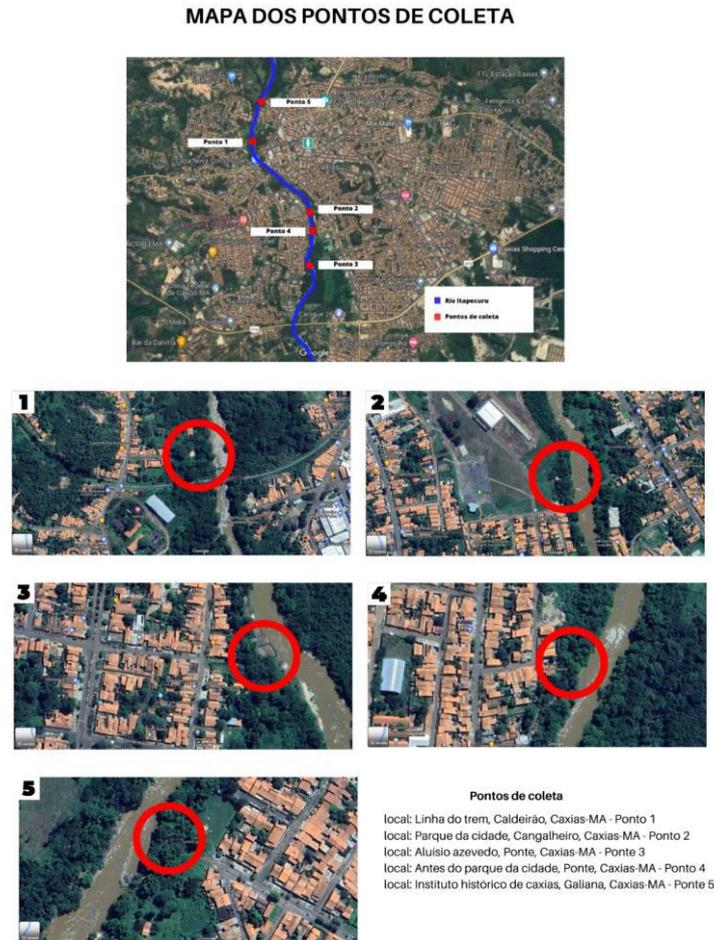
2. Metodologia

Os pontos de coleta foram selecionados baseando-se no grau de poluição e fator antrópico presente nas proximidades do rio Itapecuru (Figura 1), sendo somente na zona urbana de Caxias- MA, sendo uma pesquisa de estudo misto tanto de campo como laboratorial, tendo um estudo de natureza quali- quantitativa. Sendo assim, foram identificados cinco pontos para as coletas, os quais foram dois períodos diferentes para serem colhidas as amostras, considerando um período intermediário e chuvoso. Desse modo, as amostras de água foram coletadas com aproximadamente 30 cm de profundidade.

Os cinco pontos foram nomeados de P1, P2, P3, P4 e P5, cada ponto analisado possuía características relevantes em relação ao grau de poluição. O ponto 1 apresentava um grau de poluição menor que os outros pontos, visto que nas suas margens não existia lixo, nem queda de esgoto e ausência de residências tão próximas. O ponto 2 já apresentava características mais distintas, visto que também não havia residências tão próximas, nem um alto grau de poluição, sendo considerado um ponto também menos poluído.

O ponto 3 se caracterizou como um ponto equilibrado, possuía um certo grau de poluição, mas as margens do rio se mostravam, ainda assim, conservadas, apesar de residências bastante próximas ao rio. Já os pontos 4 e 5 foram considerados os mais poluídos, pois possuíam um alto grau de poluição antrópica, além de dejetos de animais, esgotos domésticos e entre outras características.

Figura 1 - Rio Itapecuru, Caxias- MA. **P1**- Grau de poluição menor. **P2**- Menos poluído. **P3**- Ponto equilibrado. **P 4 e 5**- Mais poluídos.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Análises Físico-Químicas

As análises físico-químicas das amostras de águas da bacia do rio Itapecuru foram realizadas no laboratório de Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). O procedimento de análise da água seguiu os protocolos analíticos descritos no manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água da Embrapa elaborado por Parron et al. (2011).

Esta etapa do projeto consistiu na identificação e quantificação de elementos e espécies iônicas presentes na água do rio, através dos métodos: potencial Hidrogeniônico (pH), alcalinidade total, Oxigênio Dissolvido (OD), Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), turbidez, Carbono Orgânico Total (COT), Demanda Biológica do Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Fósforo total (P_{total}), determinação de Fosfatos (PO_4^-), determinação de nitrogênio (molecular, orgânico, nitrato, nitrito, amônia e nitrogênio total), dureza total, determinação de enxofre (sulfato, sulfito, sulfeto, etc.), cloreto, fluoreto e ferro. A coleta e a escolha dos frascos estarão de acordo com os dados da (Tabela 1) abaixo.

Tabela 1 - Preservação e armazenamento das amostras de água de acordo com o tipo de análise.

Parâmetro	Tipo de frasco*	Volume por amostra (mL)	Acondicionamento para transporte**	Preservação da amostra	Prazo do ensaio
Alcalinidade	P ou V	200	CT + BG	Refrigeração a 4 °C	24 horas
Ânions	P	100	CT + BG	Filtração de congelamento	90 dias
Cátions	P	100	CT + BG	Filtração e congelamento	90 dias
Dureza	P ou V	200	CT + BG	Adicionar 1,0 mL de HNO ₃ ou H ₂ SO ₄	60 dias
Fósforo total	P	50	CT + BG	Filtração e congelamento	24 horas
Metais	P	100	CT + BG	Adicionar 1,0 mL HNO ₃	180 dias
Turbidez	P	50	CT + BG	Armazenar no escuro por até 24 horas sobre refrigeração	24 horas

*Plástico (P) e Vidro (V). **Caixa Térmica (CT) + Bolsa Gel (BG). Fonte: Paron (2011).

3. Resultados e Discussão

3.1 Análises Físico- químicas - período de novembro e dezembro de 2022

Na Figura 2 observa-se um alto índice de ação antrópica na maioria dos pontos de coletas de água no rio Itapecuru, como perda da mata ciliar, lixo, escoamento de esgotos, dejetos de animais. Segundo Silva e Conceição (2011) um dos fatores que levam ao desmatamento da mata ciliar no rio Itapecuru relaciona-se com o crescimento urbano e consequente lançamento em seus afluentes de resíduos sólidos sem terem passado por nenhuma etapa de tratamento.

Figura 2 - Análise física dos pontos P1 ao P5 que mostram resíduos e esgotos próximos as margens do Rio Itapecuru.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

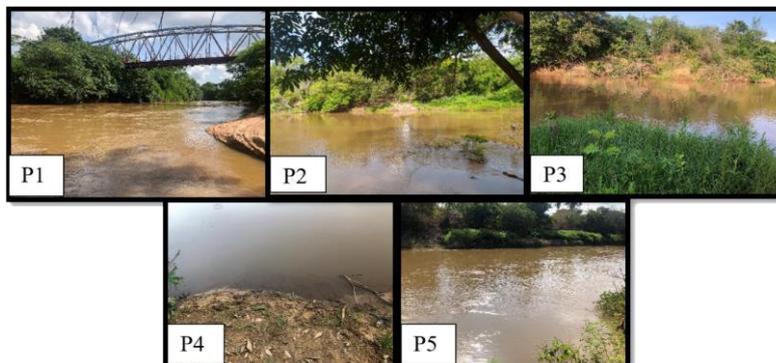
O inadequado descarte dos resíduos nesse ecossistema afeta diretamente a qualidade da água e contribui, também, para os grandes riscos à saúde da população, principalmente para o aparecimento das principais bactérias presentes na água, dentre as principais estão os coliformes totais, coliformes fecais, *Escherichia coli* e até mesmo fungos.

Muitos tipos de doenças podem ser transmitidos pela água, que podem ser causados por organismos ou outros contaminantes disseminados diretamente por meio da água, tais como: Amebíase, giardíase, gastroenterite, febres tifóides e paratifoide, hepatite infecciosa, cólera, dengue, dentre outras, que são as principais doenças de veiculação hídrica Rita et al. (2016).

Para as análises químicas as águas, como consta na figura 3, foram analisadas conforme a Portaria do Ministério da Saúde de N° 888 de 04/05/2021, mostrando desconformidades. Muitos fatores antrópicos, como o lixo, são uma grande ameaça

à saúde das pessoas, pois quando um resíduo é armazenado a céu aberto, este se acumula e se torna um ambiente prolífero para vetores transmissores de doenças Silva (2014).

Figura 3 - Pontos de coletas no Rio Itapecuru em Caxias- MA.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

De acordo com os parâmetros analisados, observou-se que Turbidez, Cor e Ferro sofrem algumas desconformidades em todos os pontos analisados, sendo os únicos parâmetros a apresentarem essas alterações. Para Pereira e Morais (2022), as bacias hidrográficas estão expostas de forma constante às transformações que podem ser decorrentes de fenômenos naturais ou mesmo aquelas derivadas das ações antrópicas.

Tabela 2 - Resultados das análises físico-químicas coletadas no Rio Itapecuru em Caxias- MA.

PARÂMETRO	P1	P2	P3	P4	P5	PORTARIA Nº 888 (V.M.P)
TURBIDEZ	46,00	44,00	46,00	44,00	25,00	1,0 (uT)
COR	250,00	240,00	245,00	240,00	230,00	15,0 (uH)
FERRO	2,78	2,70	2,43	2,68	3,00	0,3 mg/L

V.M.P (Valor máximo permitido). Fonte: Laboratório de físico-química do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), 2022.

De acordo com os parâmetros analisados, observou-se que Turbidez, Cor e Ferro sofrem algumas alterações em todos os pontos analisados. Para Pereira e Morais (2022), as bacias hidrográficas estão expostas de forma constante às transformações que podem ser decorrentes de fenômenos naturais ou mesmo aquelas derivadas das ações antrópicas.

A turbidez indica a não transparência da água, isso se deve à presença de substâncias em suspensão ou coloidais e as medidas são feitas baseando-se na intensidade luminosa que atravessa a água. Do ponto 1 ao 5 observa-se 44 uT, 46 uT, 25 uT, considerando a água imprópria para consumo humano, ultrapassando o valor padrão permitido pela portaria. A alta turbidez da água não a torna inviável somente para o consumo por parte do ser humano e dos animais, mas também pode desencadear muitos problemas ao funcionamento do ecossistema natural (Roberto, 2017, p. 10).

Assim como a turbidez, a cor também apresentou inconformidades, apresentando médias entre 250 uH e 230 uH, ultrapassando bastante seu valor padrão permitido. Sendo assim, a cor traz indicadores de alterações no meio que possa estar influenciando a propriedade da água, como a lavagem do solo e carreamento de sólidos dissolvidos para água, influenciando na transparência da água Souza et al. (2020). Contudo, as ações humanas acabam sendo um dos muitos fatores causadores dessas alterações, visto que essas ações antrópicas interferem na quantidade e qualidade química desses recursos hídricos.

O ferro também apresentou grandes alterações, apresentando médias entre 2,78 mg/l e 3,00 mg/l, tornando a água totalmente imprópria para o consumo ou outros usos diários. A presença de ferro em elevadas concentrações se caracteriza como o principal problema de qualidade de água Franco et al. (2009).

Nos dias atuais sabe-se que o ambiente urbano pode ser considerado como fonte de poluição, pois concentra atividades totalmente dinâmicas (Brunner, 2008; Poletto & Martinez, 2011). Contudo, é notório que a poluição nesses determinados ecossistemas nem sempre provém somente das atividades humanas, mas sim de várias fontes de poluição que, agindo todas em conjunto, acabam contribuindo drasticamente para a degradação desse ambiente.

Parâmetros como Nitrato, Dureza e Cobre também foram analisados, apresentando valores de acordo com os dados da Portaria de Nº 888. Constatamos que esses parâmetros continuam instáveis em todos os pontos analisados (Tabela 3).

Tabela 3 - Resultados das análises físico-químicas coletadas no Rio Itapecuru em Caxias- MA.

PARÂMETRO	P1	P2	P3	P4	P5	PORTARIA Nº 888 (V.M.P)
NITRATO	0,12	0,08	0,07	0,07	0,78	10,0 mg/L
DUREZA	18,00	18,00	17,00	18,00	62,00	300 mg/L
COBRE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,0 mg/L

V.M.P (Valor máximo permitido). Fonte: Laboratório de físico-química do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), 2022.

Dureza e Nitrato foram os parâmetros que não apresentaram alterações, mas com valores abaixo do limite máximo permitido pela Portaria, assim como Cobre, Manganês, Sulfeto, Zinco e outros parâmetros não apresentaram inconformidades em nenhuma das cinco amostras.

3.2 Análises Físico-químicas – período chuvoso 2023

Nos períodos de coleta de água, foi observada no entorno dos pontos a ação antrópica, especificamente nos pontos 4, onde foi percebido um crescente aumento em relação à poluição do solo (Figura 4). Nos pontos 1, 2, 3 e 5 foi observado uma menor degradação ambiental. Como causador de todo o impacto ambiental foi perceptível a ação do homem, devido ao despejo dos mais variados resíduos sólidos, principalmente o doméstico.

Ao analisar a poluição nas margens do rio Itapecuru, o ponto 4 citado foi o que mais se destacou na poluição do solo, considerando a disposição de várias latas de cerveja, sacos plásticos, restos de bacias quebradas, cacos de vidros, entre outras coisas. Tendo em mente que esses componentes demoram milhares de anos para se decompor, coloca-se em pauta a proliferação de pestes causadores de doenças.

Figura 4 - Resíduos dispostos nas proximidades da margem do rio Itapecuru no ponto 4.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A resolução CONAMA N°357/ 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. Este documento determina as condições necessárias em que a água doce precisa estar para o consumo humano, entre outras perspectivas, como a percepção das regras, para a não contaminação desses locais.

Durante as coletas, observou-se que os pontos 1 e 5 se destacaram em relação à poluição hídrica, percebendo que os esgotos domésticos estão sendo canalizados direto para o rio, e não tendo saneamento básico adequado para seu escoamento (Figura 5). A água contaminada é capaz de colocar em risco a saúde da população devido à presença de vários agentes patogênicos, sendo esses as bactérias, protozoários, substâncias tóxicas e microrganismos diversos. Diferentemente da água potável, não se deve utilizá-la para consumo humano e nem mesmo para fins recreativos.

Figura 5 - Ponto 1: substância desconhecida na margem do rio, ponto 2;3;4;5: esgoto que são despejados no rio Itapecuru.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Com a segunda leva de testes foi possível observar resultados distintos em relação ao teste anterior, como o aumento de alguns dos parâmetros e o surgimento de parâmetros novos, visto que as amostras foram coletadas em um período chuvoso, o que, de certa forma, pode ter contribuído para essas alterações. Na Tabela 4 são mostrados os seguintes parâmetros presentes em cada ponto coletado.

Tabela 4 - Resultados das análises físico-químicas coletadas no Rio Itapecuru em Caxias- MA.

PARÂMETRO	P1	P2	P3	P4	P5	PORTARIA N° 888 (V.M.P)
TURBIDEZ	23,00	69,00	29,00	23,00	26,00	1,0 (uT)
COR	120,00	150,00	90,00	90,00	90,00	15,0 (uH)
PH	7,49	7,48	7,47	7,46	7,45	6,0 a 9,5
ALCALINIDADE TOTAL	32,00	28,00	32,00	30,00	26,00	Mg/L
CO2	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	Mg/L
CLORETOS	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	250 mg/L
ALUMÍNIO	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,2 mg/L
FERRO	1,47	2,32	1,66	1,38	1,33	0,3 mg/L
AMÔNIA	0,25	0,10	0,10	0,10	0,50	1,2 mg/L
NITRATO	0,08	0,07	0,06	0,05	0,09	10,0 mg/L
SULFATO	0,95	1,15	1,18	1,4	1,5	250 mg/L
FENOL	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,1 mg/L

V.M.P (Valor máximo permitido). Fonte: Laboratório de físico-química do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), 2023.

Dentre todos os parâmetros analisados foi possível observar que a turbidez, cor e ferro estão em desconformidades em relação ao valor máximo permitido pela portaria de N° 888 de 04/05/2021. Cor apresentou medidas entre 120 uH, 150 uH, 90 uH, confirmando novamente a toxicidade dessa água, a turbidez também apresentou medidas entre 69 uT e 29 uT, ultrapassando

o valor máximo permitido. O ferro, assim como nas coletas anteriores, se mostrou com grande presença nesses pontos de coletas, talvez por conta das chuvas ele foi encontrado em menores quantidades, apresentando medidas entre 1,47 mg/L a 2,32 mg/L. É importante ressaltar que outros parâmetros se encontraram presentes nessas análises como fenol, amônia, alumínio, sulfato e outros, sendo que esses não ultrapassaram o valor máximo permitido pela portaria.

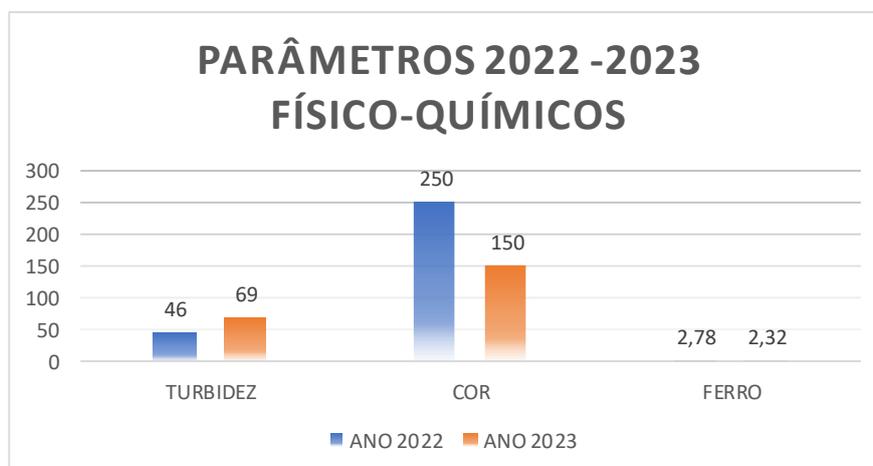
Contudo, com esses parâmetros com valores elevados confirma-se a impossibilidade de consumo dessa água. Metais na água como o ferro, em uma grande quantidade, podem trazer problemas à saúde, visto que são absorvidos pelo organismo humano através do trato gastrointestinal, se apresentando de forma aguda ou crônica. A água, em condições de má qualidade, passa a trazer riscos à saúde, servindo de veículo para vários agentes biológicos e químicos Sousa, Santana et al. (2016).

A cor e turbidez são índices de potabilidade da água, visto que se estiverem em quantidades elevadas podem ser um risco para quem irá consumi-la, por ser um grande índice de contaminação. Este parâmetro fornece indícios de contaminação, como a presença de sólidos dissolvidos em suspensão ou material em estado coloidal (orgânicos e/ou inorgânicos); além de poder estar relacionado com a elevada concentração de ferro Scorsafava et al. (2010).

A média dos parâmetros apresentados nos anos de 2022 e 2023 (Gráfico 1) mostra que os resultados tiveram mudanças significativas em todas os parâmetros analisados, visto que no período chuvoso apresentaram-se valores inferiores ao período intermediário, talvez porque o volume de água estivesse maior, o que pode ter interferido nas alterações dos parâmetros. Isso, de certa forma, justifica também o surgimento de parâmetros novos, como a amônia, alumínio, nitrato e fenol, mesmo que estes não tenham ultrapassado o valor estabelecido. Contudo, se estes mesmos metais estiverem em excesso, eles podem alterar as atividades vitais dos organismos Patra et al. (2004).

A contaminação por metais pesados no ambiente tem aumentado drasticamente nos últimos anos, seja pelo surgimento de indústrias ou ações antrópicas em geral. Apesar do aparecimento de alguns metais nas amostras, não foi possível observar metais pesados na água, o que de certa forma é algo positivo, pois um dos efeitos mais sérios da contaminação ambiental por metais pesados é a bioacumulação dos poluentes nos organismos vivos. Animais e plantas podem concentrar os metais em níveis extremamente superiores aos encontrados no ambiente, possibilitando o transporte dos contaminantes para diversos níveis da cadeia alimentar Papagiannis et al. (2004).

Gráfico 1 - Média dos Parâmetros Físico-Químicos nos anos de 2022 e 2023.



Média dos Parâmetros Físico-Químicos nos anos de 2022 e 2023. Fonte: Laboratório de físico-química do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto, 2023).

4. Conclusão

As águas do Rio Itapecuru mostraram potencial poluição nas áreas coletadas, além do alto teor de ferro, cor e turbidez em ambos os períodos analisados durante a pesquisa. Nas águas analisadas do período chuvoso ocorreu o surgimento de alumínio em quantidades equilibradas. Apesar de ser um parâmetro considerado metal, é um metal leve, mas em quantidades maiores pode vir a ocasionar problemas a saúde. Não houve a presença de metais pesados em nenhum dos períodos em que as amostras foram coletadas e analisadas.

Por isso o biomonitoramento precisa ser continuado, pois as substâncias poluentes aumentam e se alteram a cada período e as ações antrópicas aumentam a cada dia. Como a ação antrópica é a principal forma de degradação de corpos hídricos, é importante a sensibilização das autoridades e da comunidade para a preservação e conservação do rio Itapecuru.

Ao final do trabalho ficou claro a necessidade e importância do biomonitoramento contínuo nesses ecossistemas, e que novas perspectivas surgem como novas pesquisas, cursos, oficinas e estímulos para que os alunos possam perceber a importância do biomonitoramento e assim realizar trabalhos futuros. É de grande importância que a comunidade em geral entenda como o homem interfere negativamente na natureza, principalmente nos recursos hídricos, e saibam que certos hábitos podem acabar contribuindo para a degradação desses ecossistemas.

Referências

- Andrade, M. C. K., & Ferreira, R. L. (2017) Determinação de contaminantes emergentes no Rio Barigui em Curitiba/Paraná. *Revista Saúde e Desenvolvimento*, 11(8), 27-28.
- Boelee, E., Geerling, G., Van Der Zaan, B., Blauw, A., & Vethaak, A. D. (2019) Water and health: From environmental pressures to integrated responses. *Acta Tropica*, (193), 217-226.
- Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Programação Pactuada Integrada – *parâmetros de programação para ações de epidemiologia e controle de doenças*. Brasília: Funasa/MS, 2000.
- Da Silva Sousa, S. et al. (2016) Análise físico-química e microbiológica da água do rio Grajaú, na cidade de Grajaú-MA. *Ciência e Natura*, 38(3), 1615-1625.
- Da Silva, R. N. M. et al. (2017) Caracterização Preliminar da Bacia Hidrográfica do rio Itapecuru.
- De Paula Carvalho, A. et al. (2016) Avaliação da poluição em rios utilizando índices de qualidade da água: um estudo de caso no Ribeirão São João em Porto Nacional-TO. *Geosciences= Geociências*, 35(3), 472-484.
- Faria, J. A. P., Ligeiro, R., Callisto, M., & Juen, L. (2017) Response of aquatic insect assemblages to the activities of traditional populations in eastern Amazonia. Springer International Publishing Switzerland. *Hydrobiologia*.
- Ferreira, A. S., Gonçalves, G. H., Bizeto, L., Moura, C., & Rocha-Lima, A. B. C. (2019) Análise de águas destinadas à recreação de contato primário (cachoeira Guaxinduva) utilizando *Tradescantia pallida* como bioindicador de genotoxicidade. *Unisanta Bioscience*, 8(3), 262-270.
- Franco, R. A. M., & Hernandez, F. B. T. (2009) Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13, 772-780.
- GUedes, H. A. S. et al. (2012) Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 558-563.
- Jørgensen D. (2015) Ecological restoration as objective, target, and tool in international biodiversity policy. *Ecol Soc* 20(43).
- Kaboré, I., Moog, O., Alp, M., Guenda, W., Koblinger, T., Ouéda, A., Ouédraogo, R., Trauner, D., & Melcher, A. H. (2016) Using macroinvertebrates for ecosystem health assessment in semi-arid streams of Burkina Faso. *Hydrobiologia*, 766: 57.
- Lima, A. M., Rodrigues, J. R. S., & Souza, R. R. (2018) Poluição e monitoramento ambiental. In: Lima, A. M., Rodrigues, J. R. S., Souza, R. R. (org.). *Poluição & sustentabilidade ambiental: diversas abordagens. Criação*. 185- 198.
- Mello, F. A., & Olivo, A. M. (2016) Recursos hídricos: poluição, escassez, qualidade microbiológica e química da água. *Colloquium Vitae, Presidente prudente*, 8, 36-42.
- Morais, P. A. de. (2022) Poluição Hídrica no contexto brasileiro: uma análise de produções da Revista Química na nova escola. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química), Florianópolis, Santa Catarina.
- Mugnai, R., BaptistA, F. D., & Barbosa, V. J. (2010) Transferência didática como problema pedagógico para o ensino em programas de formação em biomonitoramento ambiental. *Educação & Tecnologia*, 15(2).

- Nascimento, C. V. (2015) Poluição das águas e doenças relacionadas: *Educar para a prevenção*.
- Papagiannis, I., Kagalou, I., Leonardos, J., Petridis, D., & Kalfakakou, V. (2004) Copper and zinc in four freshwater fish species from Lake Pamvotis (Greece). *Environment International*, 30(3), 357-362.
- Patra, M., Bhowmik, N., Bandopadhyay, B., & Sharma, A. (2004) Comparison of mercury, lead and arsenic with respect to genotoxic effects on plant systems and the development of genetic tolerance. *Environmental and Experimental Botany, Elmsford*, 52, 199-223.
- Parron, L. M., Muniz, H. de F., & Pereira, C. M. (2011) Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.
- Passos, G. A. (2016) Bioindicadores de qualidade da água: uma ferramenta para perícia ambiental criminal. *Acta de Ciências e Saúde*, 1(5), 135-139.
- Pruss-Ustun, A. et al. (2008) Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health. World Health Organization.
- Roberto, M. C., Guimarães, A. P. M., Ribeiro, J. L., Carvalho, A. V., Neres, J. C. I., & Cerqueira, F. B. (2017) Avaliação do pH, turbidez e análise microbiológica da água do córrego Guará Velho em Guaraí, estado do Tocantins. *Desafios – Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, 4(4), 3-14.
- Sampaio, S. A., & Gomes, R. L. (2020) O saneamento básico de ipiaú e sua influência na qualidade das águas do rio de contas. *Caminhos de Geografia*, 21(74), 68-86.
- Santos, C. S. dos., Pereira, I. F. M., Motta, L. S., Silva, P. T. S., Vidal, A. C. B., Silva, D. C., & Bortoleti, K. C. A. Bioensaio com o sistema-teste *Allium cepa* L. sugere toxicidade em amostras de água coletadas no rio São Francisco (Petrolina/PE). In: *I Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco –5 a 9 junho de 2016 –Juazeiro –Ba*.
- Scorsafava, M. A., Souza, A., Stofer, M., Nunes, C. A., & Milanez, T. V. (2010) Avaliação físico-química da qualidade de água de poços e minas destinada ao consumo humano. *Rev Inst Adolfo Lutz*. [Internet]. 69 (2): 229-32. <http://ses.sp.bvs.br/lildbi/docsonline/get.php?id=1801>
- Silva, D. de J., & Conceição, G. M. (2011) Rio Itapecuru: Caracterização Geoambiental e Socioambiental, Município de Caxias, Maranhão, Brasil. *Scientia. Plena*. 7(1).
- Silva, R. C. da. (2014) Identificação de Impactos Ambientais e sociais de uma área de disposição inadequada de resíduos sólidos na qualidade de vida dos moradores. 2014. 43f. Monografia (Especialização). – *Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Paraná*.
- Stein, P. et al. (2014) A qualidade das águas subterrâneas do município de Baraúnas/RN. *Carpe Diem: Revista Cultural e Científica do UNIFACEX*, 12(1), 90-103.
- Souza, C. B. G., Campos, A. S., Sousa, F. B. B., Santos, A. M. A., & Carvalho, G. P. (2020) O uso de indicadores ambientais na avaliação de unidades de conservação: o caso do Parque Estadual do Utinga em Belém/PA (PEUT). *Nature and Conservation*, 13(1), 86-94.