

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA NO TRECHO PERENE DO RIO CAPIBARIBE

Bianca Anacleto Araújo de Sousa¹; José Adson Andrade de Carvalho Filho²; Romildo Morant de Holanda³; Marilda Nascimento Carvalho⁴

Abstract: Monitoring water quality is an essential tool for hydro-environmental management and is directly related to land use in surrounding areas. Eutrophication has become a global issue, shifting from a natural to a cultural problem due to anthropogenic activities, especially after the Green Revolution and the intensive use of phosphorus- and nitrogen-rich agrochemicals. One of the most widely used indicators for monitoring eutrophication is the Trophic State Index (TSI), which classifies water bodies based on nutrient enrichment, primarily using total phosphorus as a proxy. This study assessed water quality in the perennial stretch of the Capibaribe River, which flows through the municipalities of Paudalho, São Lourenço da Mata, and Recife, Pernambuco, Brazil. Monthly water samples were collected from three strategic points over eleven months (June 2021 to April 2022), with analyses based on standard methods. The results revealed significant levels of Biochemical Oxygen Demand (BOD), indicating organic pollution, especially in São Lourenço da Mata. Electrical conductivity exceeded reference values, suggesting anthropogenic influence. Total phosphorus concentrations frequently surpassed the limits set by Brazilian regulations (CONAMA Resolution No. 357/05), placing the river in eutrophic to hypereutrophic states. Elevated nitrogen levels also contributed to this classification. The TSI values showed a trend of increasing trophic potential over time. These findings highlight the degradation of water quality in this river stretch, underscoring the need for more effective environmental management to prevent further eutrophication and protect this important water resource.

Keywords – Water Monitoring ; Eutrophication ; Water Pollution.

Resumo: O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água no trecho perene do rio Capibaribe, que abrange os municípios de Paudalho, São Lourenço da Mata e Recife, com foco na identificação do processo de eutrofização. O monitoramento foi realizado ao longo de onze meses, entre junho de 2021 e abril de 2022, totalizando 33 coletas em três pontos distintos. Foram analisados parâmetros como Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Condutividade Elétrica (CE), Fósforo Total (PT), Oxigênio Dissolvido (OD) e Nitrogênio Total (NT), conforme os métodos estabelecidos pelo *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. Os resultados apontam para níveis elevados de DBO, principalmente em São Lourenço da Mata, com valores superiores ao limite permitido pela Resolução CONAMA n. 357/2005 para Classe II, indicando significativa carga orgânica. A CE permaneceu acima de 100 µS/cm em todos os pontos, sugerindo impactos antropogênicos. As concentrações de fósforo total, fundamentais para o cálculo do Índice de Estado Trófico (IET), revelaram tendências de aumento do potencial trófico do manancial, com valores que caracterizam estados eutrófico e supereutrófico. O nitrogênio total também apresentou concentrações elevadas, associadas à atividade agrícola e urbana. A queda no OD após os picos de DBO corrobora o comprometimento da qualidade da água. Esses resultados evidenciam um quadro de degradação.

1) Universidade Federal de Campina Grande: R. Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande - PB, biancasspb@gmail.com

2) Universidade Federal de Pernambuco: Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE, adson.carvalhojr@gmail.com

2) Universidade Federal Rural de Pernambuco: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos, Recife - PE, romildo.morant@ufrpe.br

2) Universidade Federal Rural de Pernambuco: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n - Dois Irmãos, Recife - PE, marildacarv@gmail.com

ambiental e reforçam a necessidade de medidas de controle da poluição e gestão integrada dos recursos hídricos na bacia do rio Capibaribe.

Palavras-Chave – Monitoramento Hídrico ; Eutrofização ; Poluição Hídrica

INTRODUÇÃO

O monitoramento da qualidade da água constitui-se um importante instrumento da gestão hidroambiental, e que está diretamente relacionada ao uso que se faz do ambiente em seu entorno. A eutrofização é um problema global e, segundo muitos estudos, passou de um problema natural a um problema cultural. Ao longo dos anos, o problema da eutrofização vem crescendo em todas as partes do mundo devido à revolução verde na década de 1960, que consistiu na produção de agroquímicos com alto teor de fósforo e nitrogênio (OSORIO LÓPEZ, 2020).

Um indicador muito utilizado no monitoramento dos corpos hídricos é o Índice de Estado Trófico (IET) que classifica os corpos d'água em diferentes graus de trofia, possibilitando avaliar a qualidade da água quanto ao seu enriquecimento por nutrientes, que tem como consequência o crescimento excessivo das algas e macrófitas aquáticas (CETESB, 2018). Assim podemos entender que os resultados correspondentes ao IET, podem ser considerados como uma forma de mensuração do potencial de eutrofização. O principal parâmetro utilizado para compor esse índice é o Fósforo Total, tornando-se uma medida indireta para caracterizar o estágio de eutrofização, possibilitando a tomada de medidas preventivas e/ou corretivas (SARDINHA, 2019).

Um corpo hídrico pode apresentar diferentes estados tróficos, entre eles a oligotrofia, que é a propriedade das águas lacustres com baixo teor de nutrientes em um ecossistema aquático. Outro estado é a mesotrofia, que é definida como a propriedade das águas que contêm quantidades intermediárias de nutrientes, enquanto o estado de eutrofia é apresentado por um enriquecimento de substâncias nutritivas na água, principalmente nitrogênio e fósforo (VÁSQUEZ, et al., 2009; CIFUENTES-OSORIO, G. R. et al., 2022)

Em virtude da variabilidade sazonal dos processos ambientais que têm influência sobre o grau de eutrofização de um corpo hídrico, esse processo pode apresentar variações no decorrer do ano, havendo épocas em que se desenvolve de forma mais intensa e outras em que pode ser mais limitado. Geralmente, no início da primavera, com o aumento da temperatura da água, maior disponibilidade de nutrientes e condições propícias de penetração de luz na água, é comum observar-se um incremento do processo, após o período de inverno, em que se mostra menos intenso (CETESB, 2018).

A abrangência regional (agreste, mata e litoral) confere à bacia hidrográfica do rio Capibaribe um ambiente complexo no qual se evidenciam contrastes climáticos, de relevo, de solos e de cobertura vegetal, além de aspectos socioeconômicos, que exigem um modelo de gestão hídrico e ambiental, que atenda às suas peculiaridades subregionais e locais (SRH, 2010).

Na bacia do Capibaribe há predomínio de áreas agrícolas, sobretudo de pastos e de cana de açúcar, seguido de vegetação arbustiva, com remanescentes de vegetação arbórea nativa. No Baixo Capibaribe, situado na Zona da Mata, o balanço hídrico é positivo, já que as necessidades podem ser supridas pela produção de água. Entretanto, nessa região há a necessidade de uma adequada gestão dos recursos hídricos quanto à conservação das áreas de recarga dos aquíferos e ao controle da poluição (BRAGA et al, 2015).

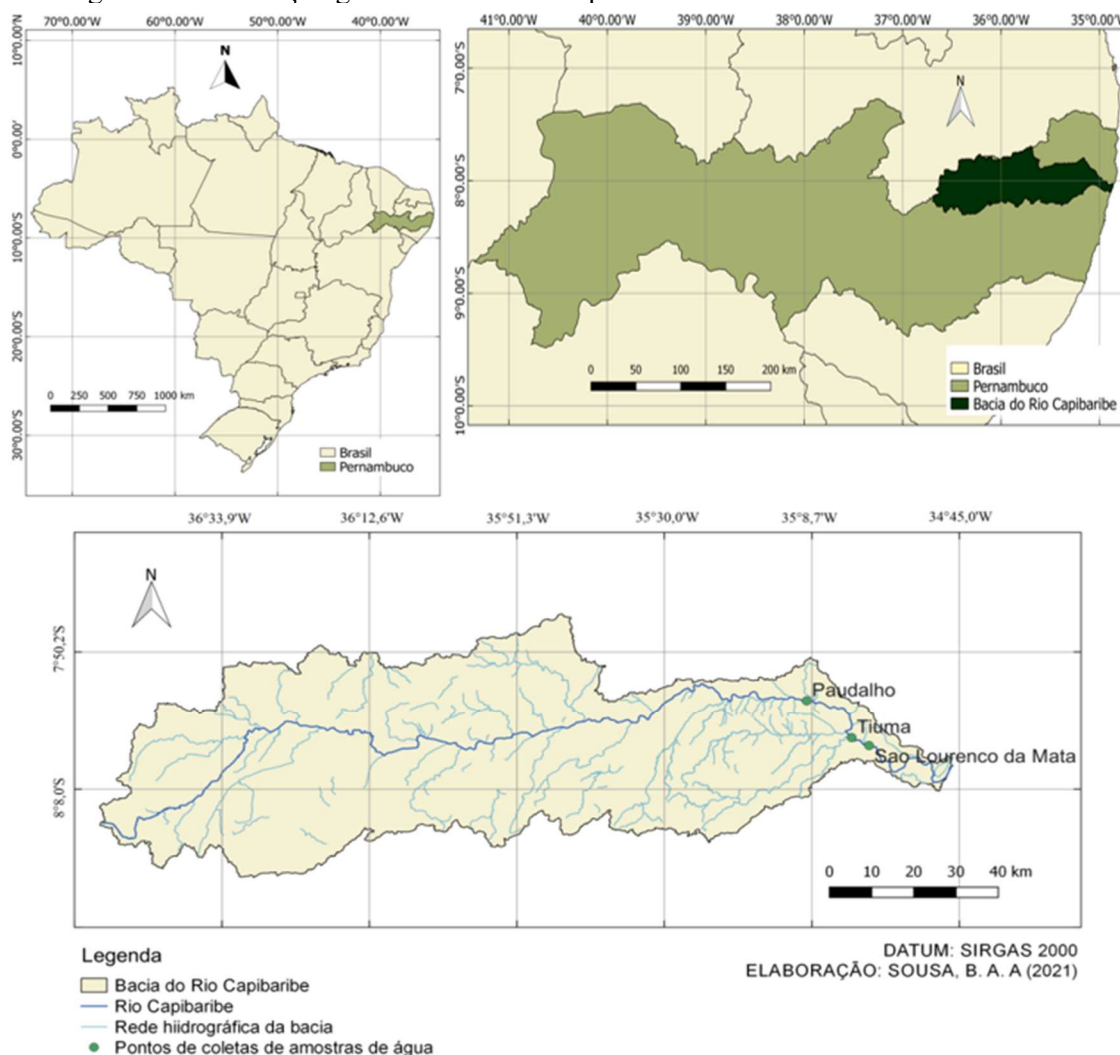
Neste contexto, o presente trabalho realizou uma avaliação da qualidade da água no trecho perene do rio Capibaribe, que atravessa os municípios de Paudalho, São Lourenço da Mata e Recife. Para isso, foram realizadas coletas e análises da água em pontos estratégicos, especialmente em áreas

próximas a zonas urbanas, com o objetivo de avaliar o nível de poluição hídrica do manancial, com ênfase no processo de eutrofização.

METODOLOGIA

A bacia hidrográfica do rio Capibaribe está localizada na porção norte-oriental do Estado de Pernambuco. O rio Capibaribe foi monitorado em três pontos, localizados nos municípios Paudalho e São Lourenço da Mata (Centro e Tiúma), como mostra a Figura 1. Essas regiões foram selecionadas por observância de intensas atividades antropogênicas e que se configuram como potenciais poluidoras. Segundo a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) (2022), o rio Capibaribe apresenta regime fluvial intermitente nos seus alto e médio cursos, tornando-se perene somente a partir do município de Limoeiro, no seu baixo curso, ou seja, na região escolhida o trecho do rio é perene, possibilitando a coleta em todas as estações do ano. As amostras para análise de qualidade da água foram coletadas mensalmente por onze meses, as coletas se iniciaram em de junho de 2021 sendo finalizadas em abril de 2022, totalizando 33 amostras.

Figura 1 - Localização georreferenciada dos pontos onde as amostras foram coletadas.



Fonte: Autores (2024)

Os ensaios analíticos foram realizados conforme os métodos para análises de águas potáveis e residuais constantes no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (A. P. H. A. et al 2012) usando as metodologias descritas na Tabela 1. Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Análise de Minerais, Solo e Água (LAMSA) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Tabela 1 – Parâmetro avaliado e seu método de aferição.

Parâmetro	Método
Oxigênio Dissolvido	Potenciométrico (Sonda multiparâmetro)
Condutividade Elétrica	Potenciométrico (Sonda multiparâmetro)
Nitrogênio	Espectrofotométrico
Fósforo	Espectrofotométrico
DBO	DBO5(20)

O Índice de Estado Trófico (IET) para o fósforo total (P) é calculado conforme a Equação 1 e o seu comportamento ambiental é apresentado na Tabela 2. O fósforo total é um dos nutrientes que atuam como agente causador de interferências para os usos desejáveis da água. Portanto, torna-se uma medida indireta para caracterizar o estágio de eutrofização em que se encontra um corpo d'água, possibilitando a tomada de medidas preventivas e/ou corretivas, para as quais é interessante a adoção de um sistema classificatório, como o IET (SARDINHA, 2019).

$$IET (PT) = 10 \left(6 - \left(\frac{0,42 - 0,36(\ln PT)}{\ln 2} \right) \right) - 20$$

Onde:

P: concentração de fósforo total em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

Ln: logaritmo natural.

Tabela 2: Classificação para o IET(PT).

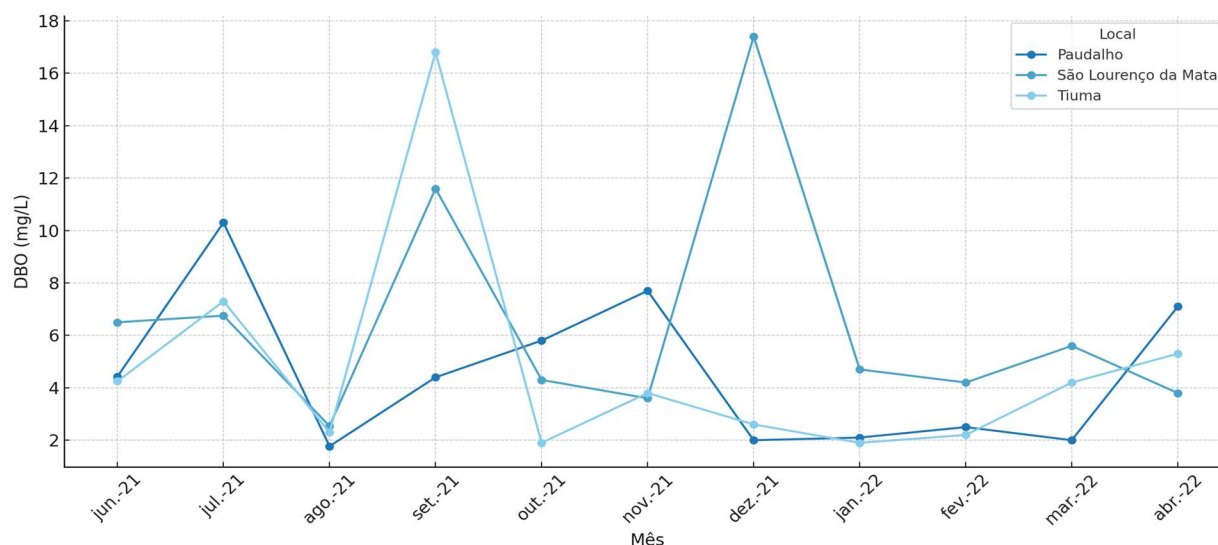
Estado Trófico	Fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	IET
Ultraoligotrófico	PT 13	IET 47
Oligotrófico	13 < PT 35	47 < IET 52
Mesotrófico	35 < PT 137	52 < IET 59
Eutrófico	137 < PT 296	59 < IET 63
Supereutrófico	296 < PT 640	63 < IET 67
Hipereutrófico	PT > 640	IET > 67

Fonte: Autores (2022), adaptado de CETESB (2018).

RESULTADOS

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é um significativo indicador de contaminação em águas devido à presença de matéria orgânica (VON SPERLING, 2014). Esse parâmetro representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Aumento de DBO no corpo d'água é provocado principalmente por despejos de origem predominantemente orgânica, como os esgotos sanitários (CETESB, 2018). A Figura 2 mostra o comportamento das concentrações de DBO, com valores de pico nos meses de setembro e dezembro.

Figura 2 – Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO (mg/L).



A Resolução n.357/05 do CONAMA que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelece limites de DBO para cada classe mostrada na Tabela 3. Confrontando esses valores com os resultados obtidos para este trabalho nota-se que o manancial, antes indicado para a Classe II, não mais se enquadra nessa classificação.

Tabela 3 – Valores máximos de DBO estabelecidos pela Resolução CONAMA n. 357/05.

Águas Doces	Classe I	Classe II	Classe III
DBO - 5 dias a 20°C	3 mg/L	5 mg/L	10 mg/L

A Tabela 4 apresenta os valores notáveis de DBO para cada ponto de coleta, o valor mínimo encontrado foi de 1,77 mg/L medido no mês de agosto em Paudalho, já o valor máximo foi mensurado em São Lourenço da Mata, que apresentou um valor de 17,4 mg/L de DBO.

Tabela 4 – Valores notáveis de DBO por ponto.

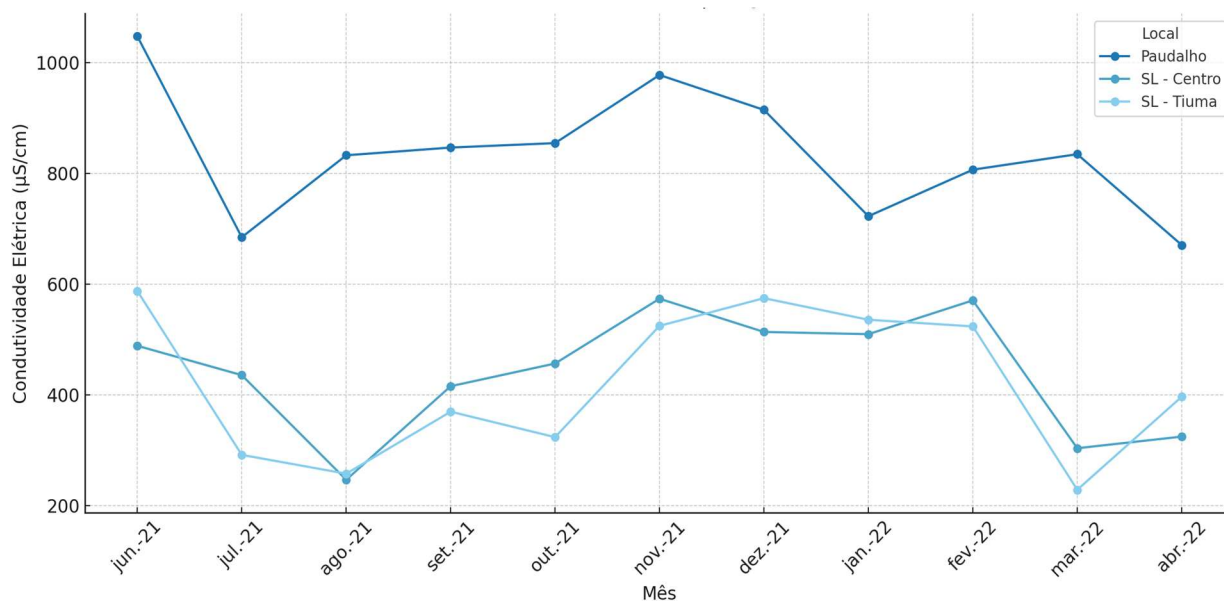
DBO (mg/L)	Paudalho	São L. da Mata	Tiuma
máxima	10,30	17,40	16,80
média	4,55	6,45	4,78
mínima	1,77	2,54	1,90

A condutividade elétrica (CE) é uma medida da capacidade de uma solução aquosa de transportar uma corrente elétrica, é um atributo químico que mantém relação com a concentração iônica da solução, estando diretamente relacionada com as características geoquímicas e com as condições climáticas do local, cuja alteração, na água, está associada aos elementos de sódio, cálcio e magnésio, por esse motivo é frequentemente usada como uma medida indireta da salinidade (VON SPERLING, 2014).

No ponto de coleta em Paudalho a condutividade apresentou valores muito elevados, sendo o mínimo encontrado 651 $\mu\text{S}/\text{cm}$ chegando até 1050 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 3). A Resolução CONAMA nº 357/2005 não determina valores para o parâmetro condutividade elétrica, no entanto, a CETESB considera que valores acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ são indicativos de ambientes impactados. Como pode ser

observado nos três pontos de coleta do rio Capibaribe a CE ficou acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o que de acordo com a CETESB, indica que esse ambiente foi impactado por ações antropogênicas.

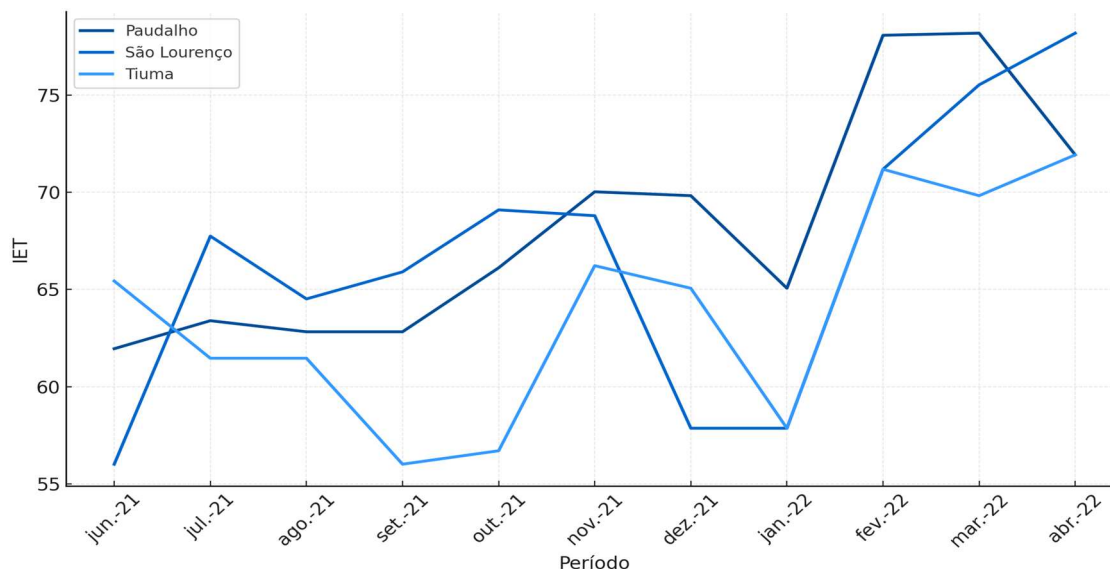
Figura 3: Aferição da Condutividade Elétrica.



Segundo Von Sperling (2014) a condutividade é frequentemente usada como uma medida indireta da salinidade por ser um indicativo da presença de sódio, cálcio e magnésio, associado a altas taxas de evaporação e geralmente condições hidrogeológicas favoráveis a teores elevados de sais nos corpos d'água.

Um dos indicadores capazes de verificar alterações antropogênicas nas águas naturais é a concentração de fósforo total, usada como base no cálculo do índice IET. Com isso, a fim de verificar aportes de fósforo total que possam resultar na deterioração dessa importante fonte de água e levá-la ao processo de eutrofização, foi calculado o IE conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 - Valor do IET para cada ponto amostral.



Observando a Figura 4 para os três pontos amostrais indicando uma tendência de aumento do potencial trófico no manancial, considerando o valor do IET inicial em jan/21 para abr/22. Apesar da redução em jan/22 os meses seguintes apresentaram aumentos consideráveis do índice.

Analisando as concentrações de Fósforo Total apresentadas na Tabela 5 com seus valores notáveis nos meses analisados podemos verificar valores maiores que os máximos permitidos (Tabela 6) na Resolução n.357/05 do CONAMA. As águas naturais que ainda não foram submetidas a processos de poluição, a quantidade de fósforo varia de 0,005 mg/L a 0,020 mg/L. Geralmente, a presença de fósforo nos mananciais, em concentrações superiores a 0,01 mg/l, determina proliferações de algas, o que pode causar problemas quanto à utilização desses locais (USEPA 2022; SARDINHA, 2019).

Tabela 5 – Valores notáveis de PT por ponto de coleta.

DBO (mg/L)	Paudalho	São L. da Mata	Tiuma
Média	1,40	1,16	0,53
Mínimo	0,22	0,07	0,07
Máximo	1,50	5,00	1,50

Tabela 6 – Valores máximos de PT estabelecidos para águas doces, pela Resolução CONAMA n. 357/05

Fósforo Total (mg/L)	Classe I	Classe II	Classe III
Ambiente lântico	0,020	0,030	0,050
Ambiente intermediário	0,025	0,050	0,075
Ambiente lótico	0,100	0,100	0,150

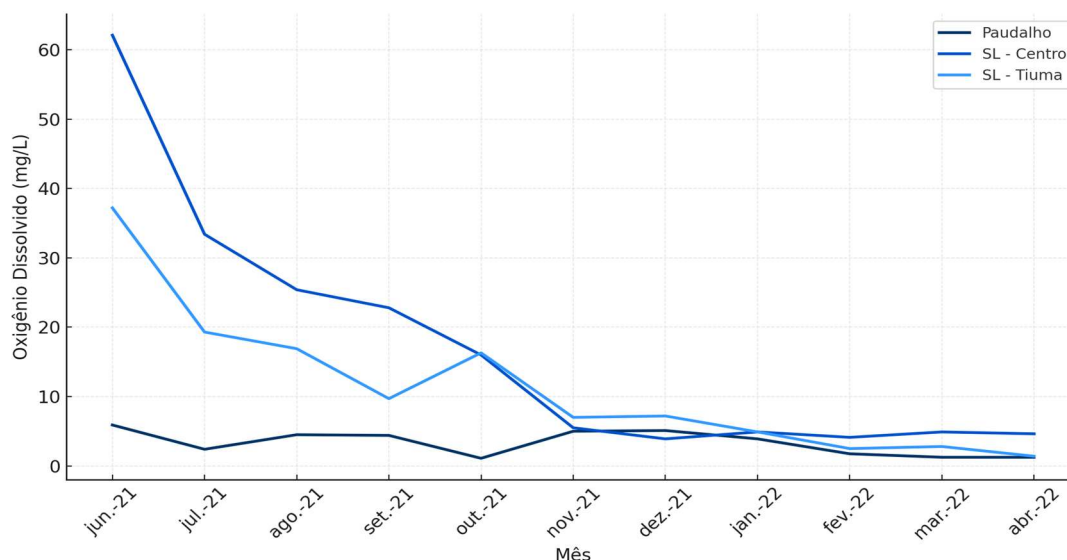
O nitrogênio também é um elemento químico interveniente no processo de eutrofização. Compostos nitrogenados são comumente encontrados em fertilizantes, herbicidas, esgotos sanitários, entre outras substâncias advindas de atividades antropogênicas. De modo que, a análise do nitrogênio total também funciona com indicador de eutrofia nos corpos hídricos. A Tabela 7 mostra os valores mais significativos obtidos na pesquisa.

Tabela 7 – Valores notáveis de Nitrogênio por ponto de coleta.

Nitrogênio Total (mg/L)	Paudalho	São L. da Mata	Tiuma
Mínimo	1,90	5,00	0,50
Média	5,02	11,56	2,91
Máximo	10,50	15,00	10,40

Segundo Von Sperling (2014), o principal efeito ecológico da poluição orgânica em um curso d'água é o decréscimo dos teores de OD e aumento da DBO. A DBO representa uma medida indireta de compostos orgânicos, que são depurados gerando o consumo de OD. Na Figura 5 podemos observar que após os picos de DBO entre setembro e dezembro houve uma queda na concentração de OD, indicando que no balanço de OD o consumo para depuração da matéria orgânica foi superior aos mecanismos de reaeração do manancial.

Figura 5 - Valor de Oxigênio Dissolvido medido em cada ponto.



Os baixos valores mantidos ao longo dos meses finais do monitoramento indicam um estado de degradação ambiental contínua, especialmente preocupante em locais como Paudalho, onde os níveis já eram críticos desde o início da série. Esses resultados reforçam a necessidade de ações de controle da poluição hídrica.

Uma das principais preocupações do monitoramento da qualidade da água é obter orientação pra designar os usos adequados para a água mantendo o equilíbrio do meio hídrico e garantido a saúde de seus usuários. O Rio Capibaribe segundo a CPRH (2019) no trecho compreendido desde a localidade de Limoeiro até a foz, ficam enquadradas na Classe 2. No entanto, é verificado neste trabalho que as concentração de alguns parâmetros medidos não mais se enquadram no que estabelece a Resolução 357/05 do CONAMA, responsável por essa classificação.

Durante as visitas aos pontos de coleta foram registrados usos da água por parte da população ribeirinha para, dessedentação animal, pesca amadora, navegação, recreação de contato direto e irrigação. Tais usos são previstos para enquadramento na classe 2, no entanto, como o Rio Capibaribe apresenta parâmetros com concentração acima dos limites permitidos para essa classe, podemos indicar que ele se enquadra na classe 3, para qual não são aceitáveis os usos na irrigação de contato e recreação de contato primário.

CONCLUSÕES

Os resultados desse estudo mostraram que foi possível observar significativas mudanças das condições naturais água do Rio Capibaribe através da análise de parâmetros físico-químicos no trecho de estudo. Os valores altos de DBO e baixo OD podem ser vistos como indicativo de poluição do manancial, pois retratam a deterioração da qualidade da água no trecho de estudo. Porém, recomenda-se um aprofundamento no estudo do IET(PT) e a influência de outros fatores, além do fósforo no processo de eutrofização. De acordo com os parâmetros analisados, a trecho do Rio Capibaribe em análise foi fortemente afetado pelos tipos de uso e ocupação do solo, que indicam valores dos parâmetros de qualidade da água maiores e/ou muito próximos ao máximo permitido pela legislação vigente.

Sugere-se estabelecer mais pontos de monitoramento ao longo dos trechos do Rio Capibaribe. Fortalecer parcerias entre as esferas, governamental e ambiental, a exemplo das prefeituras, APAC e a ANA, é fundamental para viabilizar esse monitoramento de forma eficiente. Devido aos usos identificados durante a pesquisa não estarem adequados a condição de qualidade da água faz-se

necessário um monitoramento dessas atividades juntamente a uma política de conscientização voltada à população. Partindo dessa ótica no sentido de minimizar custos com análises laboratoriais de qualidade da água, recomenda-se utilizar métodos espaciais exploratórios, como os modelos de sensoriamento remoto, para avaliar apenas parâmetros potencialmente modificados pelas atividades antropogênicas desenvolvidas no entorno ou pela pluviometria. Nos pontos mais prejudicados pela ação do homem seria indicada também a realização de análises de contaminação do solo nas margens do manancial.

REFERÊNCIAS

A.P.H.A, Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC, 2012.

BRAGA, R. et al. Gestão e educação socioambiental na Bacia do Capibaribe. Recife: Editora Clã, v.140, 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução - CONAMA n. 357, 18 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Diário Oficial da União, Brasília – DF, março de 2005.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de qualidade das águas superficiais. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade. 2018. Disponível em: cetesb.sp.gov.br. Acesso em: 28 dez. 2022.

CIFUENTES-OSORIO, G. R. et al. Estudio de las concentraciones de nitrógeno y fósforo en aguas del embalse de la copa. Toca - Boyacá. Revista I3+, v.4, n.2, p.9-22, 2022.

OSORIO LÓPEZ, I. L.; NAVARRO RODRÍGUEZ, S. & CUELLAR ARANCIBIA, C. S. (2020). Estado actual de eutrofización utilizando el modelo matemático del índice de estado trófico (IET). Revista de la UNCP. v. 17, n.1, p.139-142, 2020.

SARDINHA, D. S. et al. Índice de estado trófico para fósforo total (IET-PT) aplicado em afluente da Represa Bortolan em Poços de Caldas (MG). Revista DAE, v.67, n.216, p.95-105, 2019.

SRH-PE. Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco. Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do Rio Capibaribe: Tomo I-diagnóstico hidroambiental. 2010.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. National Strategy for the Development of Regional. Disponível em: <https://www.epa.gov/nutrient-policy-data/national-strategy-development-regional-nutrient-criteria-factsheet>. Acesso em: 10 de junho 2022.

VÁSQUEZ, C. ARIZA Y A. PINILLA, G. Descripción del estado trófico de diez humedales del altiplano cundiboyacense. Revista de la Facultad de Ciencias Pontificia Universidad Javeriana, v.11, p.9-22, 2009.

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

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pelo apoio técnico e institucional para o desenvolvimento deste trabalho, realizado com o objetivo de obtenção do título de Mestre da primeira autora, por meio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. À Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), em especial ao Laboratório de Análise de Minerais, Solo e Água – LAMSA, pelo suporte na realização das análises físico-químicas. À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), agência de fomento responsável pelo apoio financeiro que viabilizou esta pesquisa.