



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>



Determinação do Índice do Estado Trófico do rio Itanhém entre os municípios de Teixeira de Freitas e Alcobaça, Bahia

Uillian Mauricio Araújo de Jesus¹, Luanna Chácara Pires², Amanda Schneider Del Pupo³, Lázaro Simeão Campos³, Laylane Pinheiro Alves³, Bruna Rafaela Machado Oliveira², Allison Gonçalves Silva^{1,3}, João Batista Lopes da Silva^{1,2}

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais, Instituto Federal da Bahia/Universidade Federal do Sul da Bahia, Porto Seguro, Bahia, Brasil; uillianengenheiro@yahoo.com.br

² Universidade Federal do Sul da Bahia, Teixeira de Freitas, Bahia, Brasil; luanna@ufsb.edu.br; brunarafaela._@hotmail.com; silvajbl@ufsb.edu.br

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Porto Seguro, Bahia, Brasil, amanda.schneider@gmail.com; lazarocampos.13@hotmail.com; allisongoncalves@ifba.edu.br;

Artigo recebido em 06/02/2024 e aceito em 13/09/2024

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo determinar o Índice do Estado Trófico nas águas do rio Itanhém, no trecho da sub-bacia compreendida entre os municípios de Teixeira de Freitas e Alcobaça. As análises seguiram o recomendado pela American Public Health Association (APHA) descritas no Manual Prático de Análise de Água. Os resultados evidenciaram altas concentrações de fósforo total, variando de 0,84 a 2,26 mgL⁻¹ e concentrações de clorofila-a entre 5,76 e 11,9 µg L⁻¹, estando a concentração de fósforo total acima do estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Em posse das concentrações de fósforo total e clorofila-a foram calculados os Índices do Estado Trófico para fósforo e para clorofila-a, com consequente obtenção do Índice do Estado Trófico (IET). O IET obteve variação entre 82 e 99, considerado como meio hipereutrófico, onde há grande concentração de nutrientes e grau de trofia capaz de proporcionar externalidades negativas ao ecossistema aquático, bem como riscos quanto ao uso da água. Na área de influência direta da sub-bacia estudada foram identificadas captações de água para consumo industrial, humano e agropecuário, além de pontos de lançamento de efluentes sanitários, ratificados no estudo do uso e ocupação do solo, sobressaindo a presença de pastos e silvicultura de eucalipto. Dessa forma, a pesquisa se demonstrou de fundamental importância para caracterização do corpo d'água, por meio do qual será possível demonstrar a necessidade de ampliação do monitoramento dos corpos hídricos por parte dos órgãos responsáveis pela gestão de recursos hídricos.

Palavras-chave: Eutrofização; Índice do Estado Trófico; rio Itanhém; qualidade da água; uso do solo.

Determination of the Trophic State Index of the Itanhém River between the Municipalities of Teixeira de Freitas and Alcobaça, Bahia

ABSTRACT

This work aims to determine the Trophic State Index in the waters of the Itanhém River in the sub-basin between the municipalities of Teixeira de Freitas and Alcobaça. Samples were collected at seven points according to ease of access and the occurrence of possible sources of contamination by natural or anthropogenic action. The analyses followed the recommendations of the American Public Health Association (APHA) described in the Practical Manual of Water Analysis. The results showed high concentrations of total phosphorus, ranging from 0.84 to 2.26 mgL⁻¹, and concentrations of chlorophyll-a between 5.76 to 11.9 µg L⁻¹, with the concentration of total phosphorus above that established by Resolution CONAMA nº 357/2005. With the total phosphorus and chlorophyll-a concentrations in hand, the Trophic State Indexes for phosphorus and chlorophyll-a were calculated, with the consequent determination of the Trophic State Index (TSI). The TSI varied between 82 and 99, considered as a hypereutrophic environment, where there is a high concentration of nutrients and a degree of trophic capable of providing negative externalities to the aquatic ecosystem as well as risks regarding the use of water. In the area of direct influence of the studied sub-basin, water abstractions for industrial, human and agricultural consumption were identified, in addition to points for releasing sanitary effluents. In this way, the research demonstrated the fundamental importance of the characterization of the water body, through which it will be possible to demonstrate the need to expand the monitoring of water bodies by the bodies responsible for the management of water resources.

Keywords: Eutrophication; Trophic State Index; Itanhém River; water quality; use of the soil.

Introdução

A água é fundamental para a sobrevivência animal e de suma importância para o desenvolvimento econômico dos municípios, estados e nações. Porém, de forma antagônica, sua qualidade tem sido cada vez mais comprometida, devido às ações antrópicas exploratórias (Okumura et al., 2020).

Algumas dessas ações antrópicas é a urbanização, que associada às atividades agropecuárias, tem se mostrado um fator predominante na alteração da qualidade da água, que resulta na mudança dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos gerados pelo descarte irregular de efluentes sanitários e maximizados pela alta densidade populacional, uso exacerbado de nutrientes inorgânicos e o escoamento de fontes difusas ao encontro do corpo hídrico (Lopes et al., 2021).

Além disso, a eutrofização é um problema de ocorrência global, a qual consiste em um processo natural de sucessão ecológica, que é consequência do excesso de nutrientes em corpos d'água como fósforo e nitrogênio, porém catalisada pela ação antrópica, que torna o meio supersaturado, que por consequência, altera de forma expressiva a qualidade da água (Costa, 2024; Lopes et al., 2019).

Além da alta concentração de componentes inorgânicos, a clorofila-a, pigmento oriundo de vegetais, tem se mostrado também como elemento que conduz ao estado de eutrofização os corpos d'água quando em alta concentração, trazendo riscos à biota aquática e afetando o Índice de Parâmetros Mínimos para a Proteção da Vida Aquática (CETESB, 2022; Duarte-dos-Santos et al., 2017).

O Índice de Estado Trófico – IET constitui uma ferramenta matemática, a qual tem como objetivo classificar os corpos d'água em escalas de trofia, caracterizando assim, a qualidade da água de acordo com a concentração de nutrientes, bem como o efeito dessas altas concentrações com a proliferação de algas e macrófitas, o que colabora com a eficiente gestão dos corpos hídricos (CETESB, 2022).

Neste índice, 2 parâmetros são avaliados, clorofila a e fósforo total. Os resultados correspondentes ao fósforo, IET (P), devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo. A avaliação correspondente à clorofila a, IET (CL), por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas

que tem lugar em suas águas (Viscard Junior, 2019).

O monitoramento contínuo do estado trófico dos rios é de fundamental importância, já que por meio desta é possível identificar as prováveis alterações oriundas das atividades antrópicas, as quais podem proporcionar externalidades de impacto ambiental negativos, prejudicando o uso salutar da água por parte da comunidade, bem como do próprio ecossistema e suas interações ecossistêmicas (de Araújo Júnior, 2021).

A urbanização das cidades tem mostrado influência direta na qualidade da água dos rios, sobretudo devido à presença eficiente ou não de sistemas de drenagem pluvial e esgotamento sanitário, o que na maioria das vezes é inexistente, ao proporcionar altas concentrações de componentes inorgânicos, sobretudo de fósforo, o que evidencia a necessidade do planejamento urbano (Gomes e De Paula, 2019; Serra, 2024).

A degradação da qualidade da água é proporcionada tanto por pressões naturais como também por pressões antrópicas, esta última em maior escala e com consequências de difícil reversão (Rodrigues et al., 2021). No Brasil, o déficit do setor de saneamento básico é elevado, sobretudo no que se refere ao esgotamento sanitário, com maior carência nas áreas periféricas dos centros urbanos e nas zonas rurais. Nas áreas rurais se encontram, majoritariamente, as bacias hidrográficas dos pequenos municípios que utilizam de captação própria para abastecimento público (Galvão Junior e Paganini, 2009; Simões et al., 2023).

Os dados do Programa Monitora, promovido pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), responsável pelo monitoramento das águas do estado da Bahia, mostram a grande diversidade de usos dos corpos hídricos. Por outro lado, estes são submetidos a constantes despejos de efluentes, principalmente em áreas urbanas e industriais do interior do estado (INEMA, 2022).

Estudos anteriores realizados por Rocha et al. (2021) mostram que o trecho avaliado no rio Itanhém apresenta diferentes zonas de contaminação causadas por diferentes fontes, sendo as áreas no entorno dos aglomerados urbanos, principalmente a jusante das cidades/povoados, as áreas mais afetadas pelos lançamentos de efluentes urbanos. Farias et al. (2021) traz que atividades antrópicas mal manejadas, tem influenciado a diminuição das vazões mínimas, que pode comprometer a

qualidade e quantidade de água disponível para uso.

Assim o rio Itanhém é um corpo hídrico nacional, componente da Região Hidrográfica de Planejamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu (PIJ), de grande importância socioeconômica, na região extremo sul da Bahia bem como na porção norte do estado de Minas Gerais. Apresenta área de drenagem de 6.042 km², com população estimada em 230 mil habitantes, com área de drenagem nos municípios de Medeiros Neto, Teixeira de Freitas e Alcobaça (fz) no estado da Bahia e no estado de Minas Gerais, os municípios de Bertópolis, Santa Helena de Minas, Fronteira dos Vales e Machacalis, este último município onde ocorre a nascente do corpo d'água (de Souza e Martins, 2020).

Os municípios de Teixeira de Freitas e Alcobaça representam a maior densidade demográfica do extremo sul da Bahia, com uma área de 2.643.551 km² e uma população aproximada de 350 mil habitantes, a qual constitui uma região de forte apelo comercial e agropecuário, com destaque para as produções de melancia, pimenta do reino, urucum, banana e silvicultura de eucalipto, sendo o Itanhém o principal rio que drena a região, no qual é obtido o abastecimento de água do município de Teixeira de Freitas (IBGE, 2021).

Quanto a caracterização do bioma a região de estudo está inserida na extensão da hileia baiana, nicho da Mata Atlântica, que se estende do norte do estado do Espírito Santo ao Sul do estado da Bahia (Carilo Filho et al., 2021).

Os efluentes sanitários e pluviais da região de estudo, bem como as fontes de captação de água para abastecimento público, industrial e para fins de irrigação tem o rio Itanhém como principal fonte de recurso hídrico. Visto isto, é importante destacar que estudos que visem a conservação dos rios são essenciais para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos, tornando possível inferir sobre a disponibilidade e produtividade hídrica, tornando-se ferramenta essencial no estabelecimento de medidas visando o desenvolvimento sustentável.

Além disso, Farias et al. (2021) traz que atualmente no rio Itanhém encontra-se com exploração desordenada e intensa dos recursos naturais, expansão urbana sem planejamento e com maior substituição da vegetação nativa por culturas agrícolas e agropecuárias. Assim a nossa hipótese é que há alteração nas características tróficas do rio Itanhém devido a ações antrópicas de urbanização.

Dessa forma, o presente estudo possui como objetivo analisar as características tróficas do rio Itanhém, na sub bacia compreendida entre os

municípios de Teixeira de Freitas e Alcobaça, por meio da determinação do Índice do Estado Trófico (IET), obtido por meio da análise das concentrações de fósforo e clorofila-a no corpo hídrico supracitado.

Material e métodos

Área de estudo

O presente trabalho foi realizado na sub bacia hidrográfica do rio Itanhém, em trecho compreendido entre os municípios de Teixeira de Freitas e Alcobaça, conforme apresentado na Figura 1, os quais estão inseridos na região econômica do Extremo Sul da Bahia (BAHIA, 2015).

A bacia hidrográfica do rio Itanhém possui dimensão interestadual, sendo sua nascente no estado de Minas Gerais e sua foz no estado da Bahia, conforme apresentado na Figura 1.

Foram definidos sete pontos de amostragem ao ponderar a facilidade ao acesso ao local e sobretudo às possíveis fontes pontuais e/ou difusas de contaminação, aporte de afluentes e efluentes domésticos, bem como pontos de captação para abastecimento público de água, variando de P1 a P7, conforme apresentado na tabela 1, onde o ponto P6 representa o corpo hídrico denominado rio Itanhentinga, este a única contribuição hídrica superficial ao rio Itanhém no trecho amostrado localizado a montante da foz, já dentro dos limites do município de Alcobaça.

Uso e ocupação do solo

Com o objetivo de obter informações quanto ao uso do solo na área de estudo foi realizado o levantamento das atividades desenvolvidas em cada parte da sub-bacia estudada, levando em consideração a área de influência de cada ponto.

Para tanto foram utilizados dados no formato shapefile do Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia, obtidos através da classificação supervisionada de imagens do sensor RadipEye adquiridas na plataforma "Geo Catálogo" do Ministério do Meio Ambiente. Neste banco de dados os usos são divididos em 20 classes, a saber: área urbana, desmatamento recente, eucalipto, agricultura perene, café, campo úmido degradado, floresta estágio inicial, floresta estágio médio, campos de restinga, citrus, instalações rurais, manguezal, mineração, mussununga, pasto limpo, pasto sujo, restinga arbustiva, seringal, represa, sistema viário, lagos e rios.

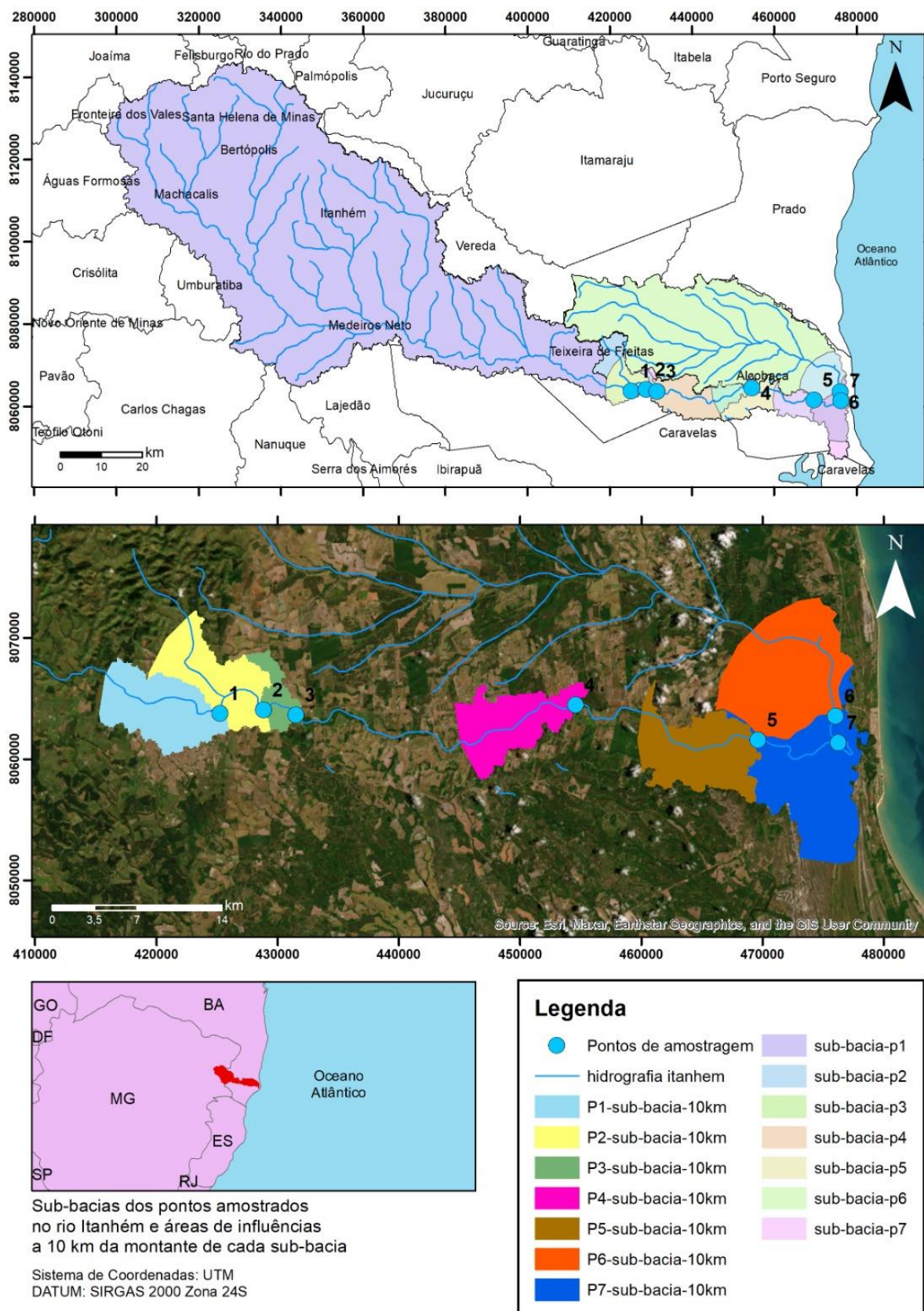


Figura 1. Pontos de amostragem de água ao longo da bacia do rio Itanhém, com as áreas de contribuição a 10 km à montante das sub-bacias de cada ponto amostrado, em trecho compreendido entre os municípios de Teixeira de Freitas a Alcobaca, estado da Bahia.

Tabela 1. Localização e descrição dos pontos de coleta estudados no rio Itanhém entre Teixeira de Freitas e Alcobaça-BA.

Ponto	Latitude	Longitude	Descrição
01	8.063.763,74 S	425.271,44 L	Jusante ao ponto de descarga de efluentes industriais de um frigorífico e da ETA; montante à ETE de Teixeira de Freitas
02	8.063.425,26 S	429.153,82 L	Jusante ao aglomerado urbano de Teixeira de Freitas e lançamentos da ETE
03	8.063.632,73 S	431.520,89 L	Estação de coleta de dados da ANA (Ponta da Fazenda Cascata)
04	8.064.484,03 S	454.633,64 L	Área a jusante do Distrito de São José de Alcobaça
05	8.061.544,78 S	469.663,84 L	Área a jusante do Distrito de Pedra D'água
06	8.063.563,94 S	476.054,16 L	Ponto localizado no rio Itanhentinga, afluente do Rio Itanhém, a montante da sede do município de Alcobaça
07	8.061.340,64 S	476.261,22 L	Ponto a jusante do Rio Itanhentinga e a montante do exutório

Para delimitação da sub-bacia a montante de cada ponto foi empregado dados do Modelo Digital de Elevação - MDE do sensor AlosPalsar, com resolução espacial de 12,5 m. Com a sub-bacia do ponto delimitada, foi determinada a área de influência de cada ponto. Para isto foi implementada por um “buffer” em um raio de 10 km a partir do ponto de delimitação da sub-bacia, com abrangência a uma área representativa em que o uso antrópico venha propiciar externalidades negativas à qualidade da água. Após determinação do “buffer” fez-se o recorte da sub-bacia à montante do ponto para a área de contribuição. Todos os passos foram executados com o uso do software livre QGIS, versão 3.22. A Figura 1 apresenta, assim, a área de contribuição encontrada relacionada a cada ponto de amostragem.

Amostragem

As amostragens ocorreram entre os meses de junho a dezembro de 2022, onde agosto foi o mês de menor precipitação (40,7 mm) e novembro se apresentou como o mês de maior pluviosidade anual (157,6 mm), conforme informações da *Weather Spark*, especializada em emissão de balanços climatológicos (Weather Spark, 2023), com colheita de três amostras da água. Não ocorreram coletas nos meses de julho e setembro, totalizando, assim, cinco coletas (reproduções).

As amostras foram encaminhadas em recipientes previamente higienizados, herméticos, sob ausência de luz e refrigeradas até o Laboratório de Química do Instituto Federal Baiano, Campus de Porto Seguro, Bahia, seguindo o determinado no

Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 2011).

Assim foram realizadas as análises de fosfato (PO_4 , mgL^{-1}), fósforo total (P_{total} , mgL^{-1}) e clorofila-a (Cl-a , μgL^{-1}), com base nas orientações da *American Public Health Association* (APHA) descritas no Manual Prático de Análise de Água (FUNASA, 2013).

Determinação das concentrações de fósforo total e clorofila-a

Para as análises das concentrações de fósforo total e clorofila-a foram preparadas previamente as amostras, sendo separadas em triplicatas.

As amostras foram submetidas aos comprimentos de ondas de 630, 645 e 663 nm para aferição de clorofila-a e ao comprimento de onda de 880 nm para identificação da concentração de fósforo total.

Todas as análises seguiram as diretrizes do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* publicada pela APHA.

Determinação do Índice do Estado Trófico (IET)

O Índice do Estado Trófico tem como objetivo classificar os corpos hídricos em distintos graus de trofia, por meio de fundamentação matemática dos Índice do Estado Trófico para o fósforo e o Índice do Estado Trófico para a clorofila-a, adaptados por (Lamparelli, 2006).

O índice do Estado Trófico para o fósforo – IET (PT) corresponde a magnitude do potencial de eutrofização ocorrida pela concentração de fósforo no meio, encarado como um fator causador

do processo. Já o Índice do Estado Trófico para a clorofila-a – IET(CL) pode ser considerada como uma resposta à ação dos componentes responsáveis pela eutrofização do meio, o agente causador, demonstrando, assim, o nível de crescimento de algas ocasionadas pelo excesso de nutrientes (CETESB, 2022).

Dessa forma, o IET compila de forma eficiente o agente causador e os efeitos do processo de eutrofização de um corpo hídrico. Assim, em um corpo d'água eutrofizado o índice do estado trófico associado à clorofila deverá corresponder ao índice do estado trófico correspondente a concentração de fósforo no meio.

A análise do IET (CL) certamente deverá ser afetada em casos que ocorra limitação por fatores ambientais, tais como valores extremos da temperatura em relação à temperatura ambiente local, bem como do grau de transparência da água, a qual limitará a reflexão da luz solar e consequentemente a diminuição da concentração da clorofila na água. Tal fato poderá ocorrer também caso haja alguma interferência por parte de agentes algicidas, que porventura alcancem o corpo d'água estudado.

O Índice do Estado Trófico para fósforo – IETPT pode ser classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico ou hipereutrófico (Tabela 2), onde ele é obtido por meio da equação modificada por (Lamparelli, 2006):

$$IETPT = \frac{10 \cdot (6 - (0,42 - 0,36 \cdot \ln PT))}{\ln 2} - 20$$

Em que: IETPT: índice do estado trófico para o fósforo; e PT: concentração de fósforo total no corpo d'água de estudo (mgL⁻¹).

Tabela 2. Classificação do IETPT para rios.

CLASSIFICAÇÃO DO IETPT – RIOS	
Estado Trófico	Ponderação P TOTAL
Ultraoligotrófico	PT ≤ 13
Oligotrófico	13 < PT ≤ 35
Mesotrófico	35 < PT ≤ 137
Eutrófico	137 < PT ≤ 296
Supereutrófico	296 < PT ≤ 640
Hipereutrófico	640 < PT

O Índice do Estado Trófico para clorofila – IETCL pode ser classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico ou hipereutrófico (Tabela 3), onde ele é obtido por meio da equação modificada por Lamparelli (2006):

$$IETCL = \frac{10 \cdot (6 - (0,7 + 0,6 \cdot \ln CL))}{\ln 2} - 20$$

Em que: IET(CL): índice do estado trófico para a clorofila-a; e PT: concentração de clorofila-a no corpo d'água de estudo (mgL⁻¹).

Tabela 3. Classificação do IET(CL) para rios.

CLASSIFICAÇÃO DO IET(CL) – RIOS	
Estado Trófico	Ponderação CL TOTAL
Ultraoligotrófico	CL ≤ 0,74
Oligotrófico	0,74 < CL ≤ 1,31
Mesotrófico	1,31 < CL ≤ 2,96
Eutrófico	2,96 < CL ≤ 4,70
Supereutrófico	4,70 < CL ≤ 7,46
Hipereutrófico	7,46 < CL

Assim, após obtenção dos resultados em cada ponto amostrado para o índice do estado trófico para o fósforo (IETPT) e o índice do estado trófico para a clorofila-a (IETCL) é possível determinar o Índice do Estado Trófico (IET), que se dá pela média entre estes, conforme fórmula a seguir:

$$IET = \frac{(IETPT + IETCL)}{2}$$

Dessa forma, o Índice do Estado Trófico (IET) poderá ser classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico ou hipereutrófico conforme Tabela 4.

Conforme Lamparelli (2006), o uso do IET foi desenvolvido sobretudo para a monitorização de ambientes lênticos, já que esses são mais propícios a eutrofização, porém cada vez mais estão sendo utilizados para ambientes aquáticos lóticos, uma vez que a alta relação entre o acumulado de água e as margens, assim como a vazão de água nos corpos d'água, proporcionam maiores concentrações de fósforo.

Resultados e discussão

Com posse dos dados obtidos, foram identificadas nas áreas das sub-bacias as seguintes classificações (Tabela 5 e Figura 2). Assim, as classes de uso e ocupação do solo apresentaram as seguintes porcentagens: 20,59% de campo úmido degradado, 0,15% de área urbana, 0,80% de agricultura perene, 0,05% de floresta em estágio inicial de regeneração, 16,49% de campos de restinga, 0,07% de desmatamento recente, 9,13% de eucalipto, 1,12% de floresta em estágio médio de regeneração, 0,01% de instalações rurais,

19,86% de pasto sujo, 0,39% de corpos hídricos,
1,65% de manguezal, 0,39% de mussununga,

8,62% de pasto limpo, 0,26% de sistema viário e
20,43% de restinga arbustiva.

Tabela 4. Classificação do IET para rios

CLASSIFICAÇÃO DO IET – RIOS		
Estado Trófico	Ponderação CL TOTAL	Características
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	Corpos d'água limpos, produtividade muito baixa e concentrações mínimas de nutrientes que não originam prejuízo ao uso da água.
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	Corpos d'água limpos, com baixa produtividade, onde não há interferências indesejáveis sobre os usos da água, relacionados à presença de nutrientes.
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	Corpos d'água com produtividade intermediária; apresentam possíveis implicações sobre a qualidade da água, todavia geralmente com níveis aceitáveis, em grande parte dos casos
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	Corpos d'água com produtividade alta em relação às condições naturais, com diminuição da transparência, sobretudo por atividades antrópicas. Ocorrem transformações indesejáveis na qualidade da água, fruto da elevação do aumento da concentração de nutrientes, bem como das ingerências nos seus diversos usos.
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	Corpos d'água com elevada produtividade em relação às condições naturais, com baixa transparência, frutos de ações antrópicas, com alterações indesejáveis frequentes na qualidade da água e episódios de floração de algas, bem como das ingerências nos seus diversos usos.
Hipereutrófico	$IET > 67$	Corpos d'água grandemente afetados por elevados teores de matéria orgânica e nutrientes, com seu uso comprometido. Ocorrência de florações de algas e mortandade de peixes, com efeitos indesejáveis para seus diversos usos, até mesmo sobre as atividades pecuárias nas áreas ribeirinhas.

Fonte: (CETESB, 2007).

Tabela 5. Distribuição dos usos e ocupação do solo da área de influência a 10 km à montante das sub-bacias de cada ponto amostrado para o ano de 2018

Classes	Áreas das classes de cada ponto (km ²)						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Área Urbana	7,81	7,01	2,87	0,56	-	0,04	0,23
Agricultura Perene	-	0,15	0,23	5,47	0,15	1,02	1,26
Café	2,14	2,14	0,69	-	-	-	--
Campo Úmido Degradado	-	0,70	0,31	5,64	2,94	19,64	32,43
Campos de Restinga	-	-	-	-	2,68	7,58	25,98
Citrus	-	0,33	0,33	-	-	-	-
Desmatamento Recente	1,29	1,16	0,32	-	-	0,11	0,11
Eucalipto	7,33	9,59	2,51	2,95	11,03	22,74	14,38
Floresta Estágio Inicial	1,22	1,61	1,32	0,46	0,59	-	0,08
Floresta Estágio Médio	2,74	4,56	5,78	8,53	14,40	1,94	1,77
Instalações Rurais	0,22	0,32	0,52	0,01	-	0,02	0,02
Manguezal	-	-	-	-	-	-	2,60
Mineração	-	0,09	0,22	-	-	-	-
Mussununga	-	-	-	-	-	0,70	0,61
Pasto Limpo	18,88	35,58	29,98	14,75	10,67	-	13,58
Pasto Sujo	7,51	10,92	12,58	4,60	9,46	11,38	31,29
Represa, lagos e rios	0,71	1,11	1,20	0,64	0,57	0,10	0,62
Restinga Arbustiva	-	-	-	-	2,33	16,53	32,18
Seringal	-	-	0,15	-	-	-	-
Sistema Viário	0,07	0,24	0,29	0,23	0,16	0,12	0,42
TOTAL:	49,90	75,51	59,30	43,83	54,98	81,92	157,54

(Fórum Florestal Da Bahia, 2018)

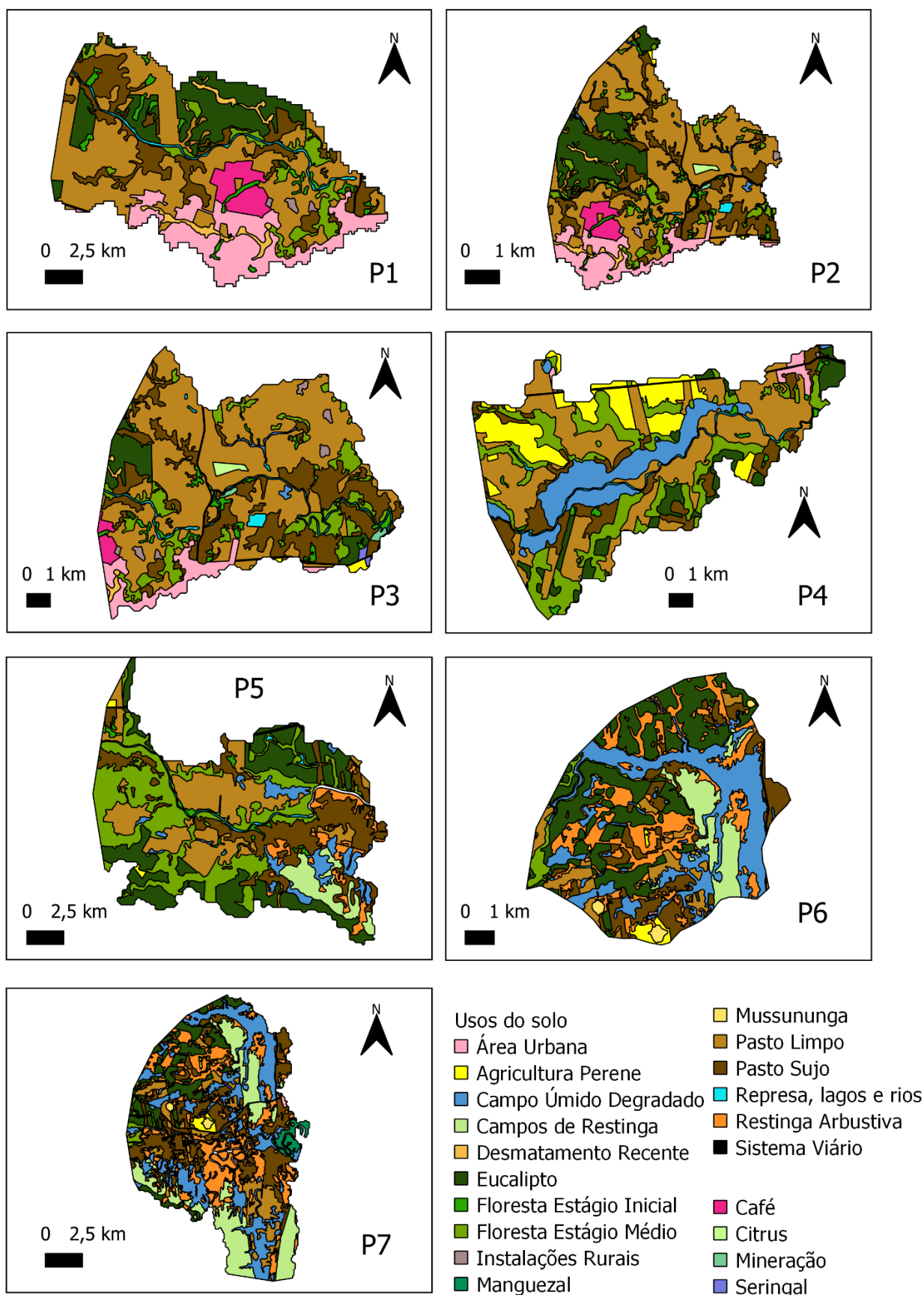


Figura 2. Distribuição dos usos e ocupação do solo da área de influência a 10 km à montante das sub-bacias de cada ponto amostrado para o ano de 2018.

Destacaram na área estudada a apresentação de pastos sujos e limpos, típicos da pecuária, bem como agricultura perene. Em trabalho similar com análise temporal, Farias et al. (2021) traz que as pastagens, desde o ano inicial do estudo, 1990, já ocupavam a maior parte da área de drenagem das estações fluviométricas pertencentes à bacia do rio Itanhém, correspondendo a 66,9% de ocupação da área total da estação Medeiros Neto (IT1), equivalente a 1.147,1 km², e 59,5% de ocupação da área total da estação Fazenda Cascata (IT2), equivalente a 1.906 km². Em 2018, com uma taxa de crescimento de 24% (Medeiros Neto – IT1) e 34% (Fazenda Cascata – IT2), as pastagens passaram a ocupar 1.423,6 km² e 2.568,1 km², respectivamente, correspondentes a 82,8% da área total da estação Medeiros Neto (IT1), e 80,3% da área total da estação Fazenda Cascata (IT2).

De acordo com Pina et al. (2018) e Santos et al. (2021) as pastagens degradadas desencadeiam processos físicos na paisagem com significativas consequências, podendo ocasionar, inicialmente, impactos expressivos no solo, e, profundamente, nos recursos hídricos, na fauna e flora de diversos ecossistemas, uma vez que os efeitos da erosão em pastagens podem afetar mananciais de abastecimento, interferindo na qualidade de vida de comunidades rurais e urbanas.

Importante destacar também a presença de quase 20% de florestas em estágio médio de recuperação, fruto da pequena ação antrópica em áreas estritamente rurais, as quais possuem exigências legais fomentadas pelo Novo Código Florestal (BRASIL, 2012), quanto à obrigatoriedade de recuperação áreas de preservação permanentes e reservas legais.

Após análise de todos os dados relativos ao uso e ocupação do solo foi possível identificar que as classes que tiveram maiores concentrações em área foram silvicultura de eucalipto com 13,49%,

pasto sujo com 16,78% e pasto limpo com 23,6%. A classificação de pasto é característica da atividade de pecuária de corte e de leite, a qual é desenvolvida de forma ampla em toda a região, sobretudo devido a característica plana do relevo em boa parte da região. Tal ação promove o aumento do desmatamento e impactos sobre o solo e a biodiversidade. Nesta ótica, é importante ressaltar que os processos de mudança da paisagem, como o desmatamento ocorre em um nível mais acelerado que o ciclo natural dos ecossistemas, na manutenção de sua biodiversidade (Adami et al., 2015). Além disso, bacias florestadas são, geralmente, associadas a água de elevada qualidade face a outras ocupações como pastagens ou atividades agrícolas (incluindo eucalipto) (Baillie e Neary, 2015; Neary et al., 2016). Silveira et al. (2022) em trabalho com a água do reservatório Nilo Coelho também observou um aumento expressivo de 26,38%, com a classe passando de 10,75 km² para 34,72 km² de áreas agricultura e pastagem.

Farias et al. (2021) traz que de maneira geral, é perceptível que a paisagem das estações analisadas passou por modificações significativas, de modo que a redução das áreas de vegetação nativa está diretamente relacionada ao aumento das áreas antrópicas, destinadas principalmente a pecuária. Além disso, outro agravante é que a redução das áreas de vegetação nativa contribui para o aumento da vulnerabilidade à erosão (Santos et al., 2021).

Fósforo Total (PT) e Clorofila-a (CL)

Os resultados das análises obtidas, em todas as coletas realizadas, para as concentrações dos parâmetros de fósforo total e clorofila-a estão apresentados na Tabela 6, valores esses utilizados para os cálculos de IETPT, IETCL e IET.

Tabela 6. Apresentação dos resultados das variáveis alcançadas durante o período de análise.

	Coleta 1		Coleta 2		Coleta 3		Coleta 4		Coleta 5	
P	Cl-a	Ptotal	Cl-a	Ptotal	Cl-a	Ptotal	Cl-a	Ptotal	Cl-a	Ptotal
1	8,109	0,842	8,723	1,235	8,083	0,968	7,084	1,321	6,109	1,709
2	8,615	1,260	9,229	1,507	8,770	1,527	7,106	1,649	7,603	1,285
3	7,829	1,931	8,443	1,744	7,759	1,553	5,758	1,306	6,987	1,734
4	7,863	2,264	8,477	0,917	8,513	1,285	7,207	0,857	8,181	1,467
5	9,984	1,971	10,598	1,865	10,423	1,906	6,329	2,087	7,981	1,462
6	11,147	1,652	11,756	1,154	11,883	1,366	6,797	1,598	6,955	1,326
7	8,552	1,342	9,166	1,865	9,168	1,628	8,822	2,062	10,404	1,568

Os resultados obtidos para fósforo total obtiveram uma média de $1,52 \text{ mgL}^{-1}$, com variação de $0,84$ a $2,26 \text{ mgL}^{-1}$, ou seja, todas as amostras coletadas nos sete pontos estiveram acima do determinado pela Resolução CONAMA nº 357/2005, a qual 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. A legislação supracitada define que para rios de classe 2 o limite máximo deverá ser de $0,050 \text{ mgL}^{-1}$ (Conama, 2005).

O fósforo (P) é um dos nutrientes vitais para o crescimento de algas e é um componente essencial na conversão da luz solar em formas de energia utilizáveis. No entanto, quantidades elevadas de fósforo em um corpo de água podem causar crescimento excessivo de algas e levar a problemas de eutrofização. O fósforo é o nutriente limitante em muitos sistemas de água doce, ou seja, o nutriente com menor concentração em relação à razão estequiométrica necessária para o crescimento de plantas aquáticas. Portanto, a concentração de fósforo pode ser muito influente no crescimento destas (Ji, 2017).

O aumento de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, se dá pela entrada de grande quantidade de dejetos de efluentes domésticos e industriais, os quais contaminam os recursos hídricos e alteram as características químicas (como a diminuição de concentração dos níveis de oxigênio, e aumento das de gás carbônico, fósforo e nitrogênio dissolvidos) e físicas (aumento de partículas finas suspensas e da condutividade elétrica) (Lopes et al. 2020).

Em trabalho com qualidade da água do reservatório Nilo Coelho, Silveira et al. (2022) concluíram que os parâmetros coliformes termotolerantes, fósforo total e DBO estiveram fora dos limites impostos pela legislação em alguns resultados, o que aponta para possíveis focos de poluição difusa no reservatório.

Ao estudar a qualidade da água dos rios Jardim e Mutari, no Extremo Sul da Bahia (Bifano et al., 2020) verificaram que os valores para fósforo total estiveram acima dos limites padrões determinados pela Resolução Conama nº. 357 de 2005 para as águas Classe 2, devido à influência do uso e ocupação da terra, sobretudo relacionada às atividades agrícolas e urbanização desordenada da região.

Semelhante (Quinelato et al., 2021) ao estudar a qualidade de água do rio Caraíva verificaram valores de fósforo total acima do limite, também relacionados ao danoso uso e ocupação do solo.

Em outro estudo, agora realizado na mesma bacia do presente trabalho, bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, (Quinelato et al., 2020) identificaram vários parâmetros físico-químicos acima da legislação vigente, dentre eles a concentração de fósforo total, ocasionados sobretudo pelo indevido uso e ocupação do solo, acrescidos da ausência de acompanhamento de infraestrutura básica e esgotamento sanitário, que atendessem de forma adequadas as comunidades localizadas próximas à bacia.

Os resultados obtidos para clorofila-a obtiveram uma média de $8,47 \text{ } \mu\text{gL}^{-1}$, com variação de $5,76$ a $11,9 \text{ } \mu\text{gL}^{-1}$, ou seja, todas as amostras coletadas nos sete pontos estiveram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, a qual define que para rios de classe 2 o limite máximo deverá ser de $30 \text{ } \mu\text{gL}^{-1}$ (Conama, 2005).

Os maiores valores de clorofila-a ocorreram no ponto 6, no rio Itanhentinga, único contribuinte superficial do rio Itanhém no trecho amostrado. Tal região é considerada lântica e essencialmente rural, porém alvo de deposição de resíduos devido sua proximidade com a área urbana do município de Alcobaça, foz do rio Itanhém.

A clorofila-a consiste no principal pigmento referente a fotossíntese, indicando a resposta do corpo hídrico para as atividades antrópicas que ocasionam o acúmulo de nutrientes, onde pode-se referir ao nível de crescimento de algas nas águas (Júnior Rodrigues et al., 2020).

A concentração de clorofila-a poderá ser influenciada de acordo com o índice pluviométrico, conforme evidenciado por (Okumura et al., 2020), onde períodos mais chuvosos apresentaram maior concentração de clorofila-a, inclusive em índices superiores ao estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005.

O aumento na concentração de clorofila-a em períodos chuvosos evidencia a tendência de carreamento de nutrientes por meio do escoamento superficial, conforme apresentado por (de Araújo Júnior, 2021).

Segundo Raulino et al. (2021) e Shuvo et al. (2021), embora o PT seja frequentemente o nutriente mais influente nas concentrações de clorofila-a, em muitos casos, o impacto combinado de outros fatores, tais como variáveis hidro climáticas, são igualmente importantes.

Os valores obtidos após análise, que foram utilizados para o cálculo do IET (CL) e IET (PT) são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Apresentação dos resultados alcançados e o estado trófico do corpo d'água estudado.

Coleta/Ponto	IETPT	IETCL	IET	Estado Trófico	Coleta/Ponto	IETPT	IETCL	IET	Estado Trófico
CP11	35	143	89	Hipereutrófico	CP35	39	155	97	Hipereutrófico
CP12	37	146	92	Hipereutrófico	CP36	37	161	99	Hipereutrófico
CP13	39	142	90	Hipereutrófico	CP37	38	149	94	Hipereutrófico
CP14	40	142	91	Hipereutrófico	CP41	37	137	87	Hipereutrófico
CP15	39	153	96	Hipereutrófico	CP42	38	137	88	Hipereutrófico
CP16	38	158	98	Hipereutrófico	CP43	37	128	82	Hipereutrófico
CP17	37	146	92	Hipereutrófico	CP44	35	138	86	Hipereutrófico
CP21	37	147	92	Hipereutrófico	CP45	40	132	86	Hipereutrófico
CP22	38	149	94	Hipereutrófico	CP46	38	135	87	Hipereutrófico
CP23	39	145	92	Hipereutrófico	CP47	40	147	93	Hipereutrófico
CP24	35	145	90	Hipereutrófico	CP51	39	130	84	Hipereutrófico
CP25	39	156	97	Hipereutrófico	CP52	37	140	89	Hipereutrófico
CP26	37	160	98	Hipereutrófico	CP53	39	136	88	Hipereutrófico
CP27	39	149	94	Hipereutrófico	CP54	38	144	91	Hipereutrófico
CP31	36	143	89	Hipereutrófico	CP55	38	143	90	Hipereutrófico
CP32	38	147	92	Hipereutrófico	CP56	37	136	87	Hipereutrófico
CP33	38	141	90	Hipereutrófico	CP57	38	155	96	Hipereutrófico
CP34	37	146	91	Hipereutrófico					

Índice do Estado Trófico (IET)

Através da determinação das concentrações de fósforo e clorofila-a foi possível obter os valores para o Índice do Estado Trófico para Fósforo e o Índice do Estado Trófico para Clorofila, assim, consequentemente por meio das médias destes foi obtido o IET para a sub-bacia estudada, conforme apresentado na Tabela 7.

Os valores do IET para o trecho estudado variaram entre 82 e 99, estando classificada quanto ao grau trófico como hipereutrófico, ou seja, corpos d'água contendo elevados teores de matéria orgânica e nutrientes, que podem ocasionar florações de algas e mortandade de peixes, com efeitos nocivos ao seu uso. Em ecossistemas aquáticos, o aumento no grau de trofia é um processo que pode ocorrer naturalmente. Porém, nos últimos anos, as atividades humanas têm contribuído para o aumento das concentrações de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, resultando no processo de eutrofização (Araújo, 2018).

Ao observar as características próximas aos pontos de amostragem é possível verificar que ocorrem diversas pressões antrópicas sobre o ecossistema, como por exemplo presença de culturas agrícolas, pecuária, silvicultura de eucalipto, áreas de mineração e lançamento de efluentes sanitários.

Todos os pontos analisados possuíam também sinais do uso consuntivo e não consuntivo da água, destacando-se o uso para irrigação,

indústria, abastecimento humano, lazer, navegação em alguns trechos, bem como pesca comercial e de subsistência, inclusive nas imediações da descarga de lançamento de efluentes da estação de tratamento de esgoto (ponto 2).

No Brasil, observam-se processos acelerados de eutrofização em reservatórios polivalentes, onde vários fatores contribuem para a sua exacerbação, nomeadamente a liberação de nutrientes nos corpos hídricos, a urbanização e as flutuações do volume de água (Pacheco e Lima Neto, 2017; Figueiredo et al., 2020).

Além disso, diversos estudos recentes demonstram que o Índice do Estado Trófico dos rios brasileiros estão cada vez mais chegando ao estado eutrófico, sobretudo devido às altas descargas de nutrientes oriundos da ineficiente oferta de tratamento de efluentes sanitários, assim como ao uso indiscriminado de substâncias ricas em fósforo e nitrogênio utilizados principalmente nas atividades agropecuárias.

Ao estudar a qualidade da água da Bacia do rio Paraíba do Meio, presente nos estados de Alagoas e Pernambuco, Santos e Medeiros (2023) verificaram que o processo de eutrofização se apresentava expressivo variando entre mesotrófico, onde o estágio de trofia é mediano e moderadamente produtivo, e eutrófico, onde o estado de trofia, onde o estágio de trofia é alto e altamente produtivo. Foi evidenciado que a região de estudo apresentava características de uso antrópico, dentre eles por culturas como

agricultura, pecuária, além de ocupação irregular ribeirinha e a presença de efluentes domésticos.

Em estudo realizado no rio Paraíba, estado de mesmo nome, Silva Cardoso et al. (2022) analisaram os parâmetros físico-químicos da água constatando altas concentrações de fósforo total, sólidos dissolvidos totais, demanda bioquímica de oxigênio e nitrogênio total, acima do permitido pela legislação brasileira e acentuando o estado de trofia, o qual variou de boa a eutrófica, com piora quando da redução da vazão.

As principais consequências da eutrofização são: perda de biodiversidade alteração no padrão de oxigenação da água; floração de algas, de cianobactérias e de macrófitas aquáticas; restrições aos usos da água; efeitos sobre a saúde humana e aumento dos custos para o tratamento de água (Lima e Surlo, 2020).

A alta concentração de nutrientes leva o corpo d'água a uma situação de vulnerabilidade ambiental, sobretudo pela forte pressão antrópica proporcionada por fontes de poluição pontuais, como despejo de resíduos sólidos da construção civil e residencial, além do lançamento de efluentes domésticos, conforme demonstrado por Santos Corrêa et al. (2019), ao analisar a qualidade da água do rio Paciência, estado do Maranhão.

Assim, a eutrofização é um processo de enriquecimento de nutrientes em corpos d'água, podendo ser de origem natural sendo causada por temperatura, evaporação, mudanças climáticas (como períodos de seca e chuva) e podendo ser de origem artificial sendo causada por efluentes urbanos, urbanização, desmatamento, ambos os tipos de eutrofização carregam e transportam elementos como fósforo (P) e nitrogênio (N) para os corpos d'água causando alterações nos ecossistemas aquáticos, afetando a qualidade de água para consumo e as comunidades que habitam os ambientes aquáticos (Costa, 2022).

Sendo então o estudo dos parâmetros físico-químicos da qualidade da água uma ferramenta potencial para monitoramento da qualidade da água, de fundamental importância para a tomada de medidas relacionadas à gestão dos recursos hídricos.

Conclusões

1 - O presente estudo demonstrou que a bacia do rio Itanhém, no trecho estudado obteve o parâmetro de fósforo total acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, o que aponta para possíveis focos de poluição difusa que reflete diretamente na qualidade da água.

2 - O uso e ocupação do solo foi representado de forma predominante por pastos sujos e limpos, característicos da pecuária, bem como da presença de culturas de silvicultura de eucalipto, cujos usos antrópicos podem influenciar diretamente no carreamento de nutrientes ricos em fósforo e nitrogênio aos corpos hídricos. Logo, o manejo adequado e uma integração com as políticas públicas ambientais de gestão do uso solo são ferramentas fundamentais para a garantia da qualidade de vida da população.

3 - O Índice do Estado Trófico (IET) se apresentou com alto grau de trofia, considerado como hipereutrófico, onde há grande concentração de nutrientes e possibilidade de eutrofização acentuada, o que compromete o uso da água bem como a sobrevivência salutar do ecossistema do rio Itanhém.

4 - Os resultados dessa pesquisa guiarão a realização de novos estudos, bem como um maior investimento em medidas protetivas, para que no futuro próximo haja uma menor eutrofização e contribuir para uma melhor qualidade água como garantia de saúde humana e desenvolvimento sustentável. Além disso, estratégias eficazes de políticas públicas voltadas para o planejamento urbano devem ser implementadas para assegurar a preservação e o uso sustentável desses elementos naturais, otimizando os benefícios socioeconômicos e culturais oriundos da interação entre as cidades pequenas e seus corpos d'água.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais da Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB) e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA – Campus Porto Seguro). Ao amigo Jair Novais que acompanhou de forma solícita todas as coletas realizadas. À equipe da coordenação de laboratórios da UFSB, Campus Paulo Freire, bem como ao Laboratório de Química do IFBA – Campus de Porto Seguro, os quais colaboraram diretamente com a eficiência na obtenção de resultados das análises físico-químicas realizadas. A CAPES pela concessão dos recursos.

Referências

- Adami, M., Gomes, A. R., Coutinho, A. C., Esquerdo, J. C. D. M., Almeida, C.A.; Valeriano, D.M., Escada, M.I.S., Rennó, C.D. (2010). Estimativa de área de vegetação secundária na Amazônia Legal Brasileira. *Acta Amazonica*, 40 (2) 289-302.
- Araújo, D. R., Mendonça, A. S. F., Reis, J. A. T. (2018). Análise de variação e comparação de

- índices de estado trófico: reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos de rio bonito e suíça. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 23 (1) 55-62.
<http://dx.doi.org/10.1590/s141341522018162462>.
- BAHIA (2015). Regiões Econômicas do Estado da Bahia. Lei Nº 6.349 de 17/12/1991; Divisão Político-Administrativa Do Estado Da Bahia. SEI, Versão - 30 de Junho de 2015.
https://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/regioes_economicas_2015.pdf
- Baillie, B.R., Neary, D.G. (2015). Water quality in New Zealand's planted forests: A review. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 45 (7).
<https://doi.org/10.1186/s40490-015-0040-0>
- Bifano, R. B. A., Marcolin, C. R., Crepaldi, M. O. S., Quinelato, R. V, Okumura, A. T. R., Silva, A. G., Bandeira, M. L. S. (2020). Avaliação da Qualidade da Água em Microbacias Hidrográficas do Extremo Sul da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 13(5), 2447–2461.
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.5.p2447-2461>
- BRASIL (2012). (testimony of BRASIL).
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm
- Carilo Filho, L. M., Sena, M., Souza, C., Delabie, J., Solé, M. (2021). Diet and observations on natural history of *Gabohyla pauloalvini* (Bokermann 1973) (Amphibia: Hylidae), a poorly known species from cacao agroforestry in southern Bahia, Brazil. *Tropical Ecology*, 62.
<https://doi.org/10.1007/s42965-021-00143-8>
- CETESB (2007). Relatório De Qualidade Das Águas Interiores No Estado De São Paulo 2006/CETESB. São Paulo: Série Relatórios-Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 1 (2) 327. Relatório Anual.
- CETESB (2011). Guia nacional de coleta e preservação de amostras.
<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2021/10/Guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras-2012.pdf>
- CETESB (2022). Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo.
<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2023/09/Relatorio-de-Qualidade-das-Aguas-Interiores-no-Estado-de-Sao-Paulo-2022.pdf>
- CONAMA (2005). Resolução n 357, 18 de março de 2005. Diário Oficial, 053, 58–63.
- Corrêa, E. L. S., Feitosa Pinheiro, K. S., de Sousa, C. J., da Silva Dias, L. J. (2019). Qualidade das águas e nível trófico da bacia do rio Paciência na ilha do Maranhão, Brasil. *Revista Da Casa Da Geografia de Sobral*, 21 (2), 437–453.
<https://doi.org/10.35701/rcgs.v21n2.521>
- Costa, V. A. (2024) Eutrofização em regiões semiáridas e potenciais efeitos na qualidade da água. [TCC:UFPB/CCA], 2024. 41 f.
- de Araújo Júnior, J. C. M. (2021). Variação temporal e sazonal do estado trófico do rio Maracápe, litoral sul do estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, 9 (1), 051-064.
<https://revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/646/278>
- de Souza, F. R., Martins, H. T. (2020). Governança dos comuns e conflitos na gestão da bacia do Rio Itanhém no extremo sul da Bahia. *Argumentos*, 17 (1), 28–46.
<https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/argumentos/article/view/939>
- Duarte-dos-Santos, A. K., Cutrim, M. V. J., Ferreira, F. S., Luvizotto-Santos, R., Azevedo-Cutrim, A. C. G., Araújo, B. O., Oliveira, A. L. L., Furtado, J. A., Diniz, S. C. D. (2017). Índice de proteção da vida aquática em uma bacia urbana do rio Bacanga no norte do Brasil, São Luís - MA. *Brazilian Journal of Biology*, 77 (3), 602–615.
<https://doi.org/10.1590/1519-6984.01016>
- Farias, E. da S., Silva, J. B. L. da, Pires, L. C., Brito, J. M. S. de, Quinelato, R. V. (2021). Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14, (2), 1175-1193.
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p1175-1193>
- Figueiredo, O.R., Simioli, M.M., Jesus, T.V.U.C., Cruz, P.P.N.C., Bayma, G., Nogueira, S.F., Green, T.R., Camargo, P.B. (2020). Hydrobiogeochemistry of two catchments in Brazil under forest recovery in an Environmental Services Payment Program. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193 (1), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08773-6>
- Fórum Florestal da Bahia, (2018).
<https://forumflorestalbahia-worldresources.hub.arcgis.com/>
- FUNASA (2013). Manual Prático de Análise de Água 4ª edição Brasília, 2013. Fundação Nacional de Saúde. 1–153.
- Galvão Junior, A. C., Paganini, W.S. (2009). Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 14 (1), 79-88.
<https://doi.org/10.1590/S1413-41522009000100009>

- Gomes, F. B. M., De Paula, D. P. (2019). Determinação e avaliação do Índice de Estado Trófico (IET) em rio urbano localizado no estado do Ceará, Brasil. *Revista Da Casa Da Geografia de Sobral*, 21 (2), 730–744. <https://doi.org/10.35701/rcgs.v21n2.487>
- IBGE (2021). <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/teixeira-de-freitas.html>
- INEMA (2022). Relatório Anual de Qualidade das Águas do Estado da Bahia - Ano 2016. <http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2022/03/RELAT%C3%93RIO-MONITORA-ANUAL-2016.pdf>
- Ji, Z. (2017). Hydrodynamics and Water Quality: modeling rivers, lakes and estuaries. 2. ed. Hoboken: Wiley.
- Junior Rodrigues, J.C., Tavares, D.M.F., Leonardo, H.R.A.L., Paiva, A.L.R., Montenegro, S.M.G.L. (2020). Índice de estado trófico com base em clorofila-a e fósforo total em uma estação no Rio Tapacurá em Vitória de Santo Antão/PE. *XV Simpósio De Recursos Hídricos Do Nordeste*.
- Lamparelli, M. C. (2006). Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. [Tese: Universidade de São Paulo- USP]. <https://doi.org/10.11606/T.41.2004.TDE-20032006-075813>
- LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. (2012, 26 de maio). Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2012/lei-12651-25-maio-2012-613076-publicacaooriginal-136199-pl.html>
- Lima, G.B., Surlo, M.B. (2020). Avaliação de eutrofização no Rio São José para fins de abastecimento de água. *UNESC Em Revista*, 4(1), 21–30. <http://revista.unesc.br/ojs/index.php/revistaunesc/article/view/191>
- Lopes, O. F. de Jesus, R. M., Sousa, L. F., Rocha, F. A., Silva, D. M. L., Amorim, A. F., Silva, V. H. C., Navoni, J. A. (2021). Comparison between water quality indices in watersheds of the Southern Bahia (Brazil) with different land use. *Environmental Science and Pollution Research*, 28 (10) 12944–12959 doi: 10.1007/s11356-020-10941-7.
- Lopes, O. F., Rocha, F. A., Sousa, L. F., Silva, D. M. L., Amorim, A. F., Gomes, R. L., Silva Junior, A. L. S., de Jesus, E. M. (2019). Influence of land use on trophic state indexes in northeast Brazilian river basins. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191 (2) doi: 10.1007/s10661-019-7188-7.
- Neary, D.G. (2016). Long-Term Forest Paired Catchment Studies: What Do They Tell Us That Landscape-Level Monitoring Does Not? *Forests* 7, 164.
- Okumura, A. T. R., Silva, A. G., Silva, N. R. S., Lopes, E. R. N., Bifano, R. B. A., Quilenato, R. V. (2020). Determinação da qualidade da água de um rio tropical sob a perspectiva do uso. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 13(4), 1835–1850. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.4.p1835-1850>
- Pacheco, C., Lima Neto, I. (2017). Effect of Artificial Circulation on the Removal Kinetics of Cyanobacteria in a Hypereutrophic Shallow Lake. *Journal of Environmental Engineering*, 143 (12) 1-8. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.19437870.0001289](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.19437870.0001289)
- Pina, I.J., Silva-Neto, C. M., Silva Andersson, F., Pulido, C. D. R., Souza, J. D. (2018). Transição Agroecológica no Município de Goiás/GO. *Cadernos de Agroecologia*, 13 (2), 1-10. <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/2333>
- Quinelato, R. V., Okumura, A. T. R., Bifano, R. B. A., Farias, E. S., Brito, J. M. S., Ferreira, C. S. V. A., Silva, J. B. L., Bernardes, M. E. C., Silva, A. G., (2021). Determinação da qualidade da água superficial e sua compatibilidade com os múltiplos usos: estudo de caso do estuário do rio Caraíva. *Revista Brasileira de Geografia Física* 14, (1) 037-057 <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgf>
- Quinelato, R. V., Farias, E. da S., Brito, J. M. S. de, Virgens, W. A., Pires, L. C. (2020). Análise espaço temporal da qualidade da água dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia. *Scientia Plena*, 16 (7). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.071701>
- Raulino, J., Silveira, C., Lima Neto, I. (2021). Assessment of climate change impacts on hydrology and water quality of large semi-arid reservoirs in Brazil. *Hydrological Sciences Journal*, 66, (8), 1321-1336. <https://doi.org/10.1080/02626667.2021.1933491>
- Rocha, E. S., Pires, L. C., Silva, J. B L., Silva, A. G., Fortuna, J. L., Santos, I.C. (2021) Diagnóstico da qualidade da água do rio Itanhém entre os municípios de Medeiros Neto e Teixeira de Freitas, Bahia. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14, (2), 1009 -1024. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p1009-1024>
- Rodrigues, G. da C., Flexa, L. de N. A., Sousa, C. C. D. de, Saldanha, E. C., Flexa, G. da S.,

- Souza, A. C. G. S. (2021). Qualidade da água e índice de estado trófico em rio amazônico: o caso do rio Pará do Uruará. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 12 (11), 204–215. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.011.0018>
- Simões, R., Moura, J.M.B.M., Silva, A.C. de (2023). Pesquisa documental: uma técnica para a identificação de problemas na captação de recursos federais no setor de saneamento básico. *Revista GeSec*, 14, (6), 9196-9218. <http://doi.org/10.7769/gesec.v14i6.2289>
- Santos, E. O., Medeiros, P. R. P. (2023). A Ação Antrópica e o Processo de Eutrofização no Rio Paraíba do Meio. *Sociedade & Natureza: Revista Do Departamento de Geografia Da Universidade Federal de Uberlândia*, 35 (1). <https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-66441>
- Santos, L. A., Pina, I., Brito, T. R. C., Souza, M. M. O., Ferreira, M. E., Silva-Neto, C. M. (2021). Dinâmica de ocupação e passivos ambientais nos assentamentos rurais do município de Goiás-GO. *Revista Brasileira De Geografia Física*, 14(3), 1429–1442. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.3.p1429-1442>
- Serra, L. A. (2024) Análise espaço-temporal das áreas de influência do terminal portuário do Itaquí, São Luís - MA: estudo de caso acerca dos sistemas hídricos e das Áreas de Preservação Permanente. [Dissertação:UFMA] 2024. 89 p.
- Shuvo, A., O'Reilly, C., Blagrove, K., Ewins, C., Filazzola, A., Gray, D., Mahdiyan, O., Moslenko, L., Quinlan, R., Sharma, S. (2021). Total phosphorus and climate are equally important predictors of water quality in lakes. *Aquatic Sciences*, 83, (1), 16. <https://doi.org/10.1007/s00027-021-00776-w>
- Silva Cardoso, A., Alves Tavares Marques, É., Luiz Nunes Ferreira, A., Martins Sobral, M. do C., Vieira Mélo Junior, A., Epifanio Alves, A. (2022). Water quality monitoring as a tool for sustainable management of the upper Paraíba river course. *Revista Acta Ambiental Catarinense*, 19 (1), 1–19. <https://doi.org/10.24021/raac.v19i1.6678>
- Silveira, N. T., Silveira, H. T., Tibúrcio, I. M., Galvêncio, J. D. (2022). Avaliação da qualidade da água do reservatório Nilo Coelho, Terra Nova, Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15, (6), 2866-2877. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.6.p2866-2877>
- Viscard Junior, K. O. (2019). Estudo da evolução da qualidade das águas da bacia do rio Joanes. [Dissertação: UFBA – Salvador], 2019. 83 f.