



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL DA BAHIA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

UILLIAN MAURICIO ARAÚJO DE JESUS

**ANÁLISE DE QUALIDADE DO RIO ITANHÉM E USO DO
SOLO EM TRECHO COMPREENDIDO ENTRE OS
MUNICÍPIOS DE TEIXEIRA DE FREITAS E ALCobaça**

PORTO SEGURO
2023

UILLIAN MAURICIO ARAÚJO DE JESUS

**ANÁLISE DE QUALIDADE DO RIO ITANHÉM E USO DO SOLO EM TRECHO
COMPREENDIDO ENTRE OS MUNICÍPIOS DE TEIXEIRA DE FREITAS E
ALCOBAÇA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais da Universidade Federal do Sul da Bahia e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, com vistas à obtenção do título de mestre(a) em Ciências e Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva
Coorientador: Prof. Dr. Allison Gonçalves Silva

PORTO SEGURO
2023

Catálogo na Publicação (CIP)
Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)
Sistema de Bibliotecas (SIBI)

- J58a Jesus, Uillian Maurício Araújo de, 1983 -
 Análise da qualidade da água do Rio Itanhém e uso do solo em trecho compreendido entre os municípios de Teixeira de Freitas e Alcobaça. / Uillian Maurício Araújo de Jesus. – Porto Seguro, 2023.
 61 f.
- Orientador: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva
 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Sul da Bahia. Centro de Formação em Ciências Ambientais. Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais. Campus Sosígenes Costa.
1. Qualidade da Água. 2. Uso e Ocupação do Solo. 3. Índice de Qualidade da Água. 4. Índice do Estado Trófico. 5. Rio Itanhém. I. Silva, João Batista Lopes da. II. Título.

CDD – 628.16

UILLIAN MAURICIO ARAÚJO DE JESUS

**ANÁLISE DE QUALIDADE DO RIO ITANHÉM E USO DO SOLO EM TRECHO
COMPREENDIDO ENTRE OS MUNICÍPIOS DE TEIXEIRA DE FREITAS E
ALCOBAÇA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais da Universidade Federal do Sul da Bahia e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, com vistas à obtenção do título de mestre em Ciências e Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Allison Gonçalves Silva

Este trabalho foi submetido à avaliação e julgado aprovado em: 28/04/2023.

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 JOAO BATISTA LOPES DA SILVA
Data: 28/04/2023 16:56:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
 MARCOS EDUARDO CORDEIRO BERNARDES
Data: 28/04/2023 17:11:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. João Batista Lopes da Silva
(UFSB/PPGCTA)
Orientador e Presidente da banca

Dr. Marcos Eduardo Cordeiro Bernardes
(UFSB/PPGCTA)

Membro interno

Documento assinado digitalmente
 FLAVIA MARIANI BARROS
Data: 28/04/2023 17:38:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
 OLANDIA FERREIRA LOPES
Data: 01/05/2023 09:18:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Flávia Mariani Barros
(UESB)
Membra externa

Dra. Olandia Ferreira Lopes
(IFBA – Campus Jequié)
Membra externa

Documento assinado digitalmente
 UILLIAN MAURICIO ARAUJO DE JESUS
Data: 28/04/2023 18:58:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Uillian Mauricio Araújo de Jesus
Discente do PPGCTA

ORIENTADOR

Documento assinado digitalmente
 JOAO BATISTA LOPES DA SILVA
Data: 28/04/2023 16:55:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. João Batista Lopes da Silva
(UFSB/PPGCTA)
Presidente da banca

PORTO SEGURO
2023

“Dedico este trabalho a meu querido pai Urbano Mauricio de Jesus (in memoriam), o qual nunca deixou faltar aos seus filhos: amor, sustento e educação”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois Dele, por Ele e para Ele são todas as coisas. À minha família, representada por minha esposa Melina e meus filhos Guilherme e Davi. 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) nas pessoas do Professor João Batista e Allison Gonçalves. Aos amigos Jair Novais que acompanhou de forma solícita todas as coletas realizadas e Laylane Pinheiro pela parceria. 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. À Prefeitura Municipal de Teixeira de Freitas pelo apoio, na pessoa da Secretária de Meio Ambiente Sabrina Reuter.

JESUS, Uillian Mauricio Araújo de. **Avaliação espaço-temporal de parâmetros físicos e químicos de qualidade da água do rio Itanhém, entre os municípios de Teixeira de Freitas e Alcobaça, Bahia.** Orientador: João Batista Lopes da Silva. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal do Sul da Bahia; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Porto Seguro, 2023.

RESUMO

Os corpos d'água são fundamentais para o bem-estar da população, sobretudo quanto à necessidade hídrica do corpo humano, bem como da biota. A bacia hidrográfica do PIJ (Peruípe, Itanhém e Jucuruçu) banha o Extremo Sul da Bahia, onde o rio Itanhém constitui o corpo hídrico mais extenso, também chamado de rio Alcobaça, cuja nascente está no Estado de Minas Gerais e sua foz no Oceano Atlântico, em Alcobaça – BA. Objetiva-se com o presente trabalho avaliar a qualidade da água, determinar o Índice de Qualidade das Águas – IQA e índice do Estado Trófico - IET, no trecho do rio Itanhém, compreendido entre os municípios de Teixeira de Freitas e Alcobaça, bem como sua condição de qualidade em consonância com a Resolução CONAMA nº 357/2005. Ademais foi analisada a classificação quanto ao uso e ocupação do solo em cada sub-bacia. As coletas ocorreram nos meses de junho, agosto, outubro, novembro e dezembro de 2022, compreendendo os períodos de estiagem e alta pluviosidade. Para tanto foram realizadas análises físico-químicas necessárias para obtenção do IQA, (pH, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio, sólidos totais dissolvidos, temperatura, oxigênio dissolvido, fósforo total e nitrogênio total) e microbiológico (coliformes termotolerantes), seguindo os métodos analíticos descritos no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. Foi realizado o levantamento de uso e ocupação do solo, através de dados do Fórum Florestal, que utilizou imagens de satélite e sensor do RapidEye na área de influência direta (buffer) dos pontos amostrados para obtenção da caracterização quanto ao uso e ocupação do solo. Os usos preponderantes do solo foram pastos sujo e limpo, bem como silvicultura de eucalipto. Os valores de IQA variaram de ruim a bom. Já o IET obteve a classificação de hipereutrófica. Os valores de fósforo total e coliformes termotolerantes obtiveram as maiores médias, os quais estiveram acima do limite determinado na Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios de classe 2. Por meio da análise estatística dos dados foi possível verificar que o rio Itanhém pode influenciar negativamente a qualidade da água do rio Itanhém. Assim, o presente trabalho demonstra a importância do monitoramento constante do rio Itanhém, aliado à tomada de decisões por parte dos gestores hídricos, destacando a fundamental sensibilização junto à comunidade quanto a importância do uso sustentável dos recursos, bem como das atividades econômicas exercidas na região.

Palavras-chave: qualidade da água; uso e ocupação do solo; Índice de Qualidade da Água; Índice do Estado Trófico; rio Itanhém.

JESUS, Uillian Mauricio Araújo de. **Quality analysis of the Itanhém river and land use in a section between the municipalities of Teixeira de Freitas and Alcobaça.** Advisor: João Batista Lopes da Silva. 2023. Dissertation (Master's in Environmental Science & Technology) – Universidade Federal do Sul da Bahia; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Porto Seguro, 2023.

ABSTRACT

Water bodies are fundamental for the well-being of the population, especially regarding the water needs of the human body, as well as the biota. The PIJ hydrographic basin (Peruípe, Itanhém and Jucuruçu) bathes the extreme south of Bahia, where the Itanhém river constitutes the most extensive water body, also called the Alcobaça river, whose source is in the State of Minas Gerais and its mouth in the Atlantic Ocean, in Alcobaça – BA. The objective of this work is to evaluate the water quality, determine the Water Quality Index - IQA and Trophic State Index - TSI, in the stretch of the river Itanhém, between the municipalities of Teixeira de Freitas and Alcobaça, as well as its quality condition in line with CONAMA Resolution nº 357/2005. Furthermore, the classification regarding the use and occupation of the soil in each sub-basin was analyzed. The collections took place in the months of June, August, October, November and December 2022, comprising periods of drought and high rainfall. For this purpose, physical-chemical analyzes necessary to obtain WQI (pH, turbidity, biochemical oxygen demand, total dissolved solids, temperature, dissolved oxygen, total phosphorus and total nitrogen) and microbiological (thermotolerant coliforms) were performed, following the analytical methods described in the Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. A survey of land use and occupation was carried out, using data from the Forestry Forum, which used satellite images and a RapidEye sensor in the area of direct influence (buffer) of the sampled points to obtain characterization regarding land use and occupation. The predominant land uses were dirty and clean pastures, as well as eucalyptus forestry. The WQI values ranged from bad to good. The IET was classified as hypereutrophic. The values of total phosphorus and thermotolerant coliforms obtained the highest averages, which were above the limit determined in CONAMA Resolution nº 357/2005 for class 2 rivers. The water quality of the Itanhém River. Thus, the present work demonstrates the importance of constant monitoring of the Itanhém River, combined with decision-making by water managers, highlighting the fundamental awareness of the community regarding the importance of the sustainable use of resources, as well as the economic activities carried out in the region.

Keywords: water quality; land use and occupation; water quality index; trophic state index; Itanhem river.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	10
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo geral	13
2.2	Objetivos específicos	13
3	CAPÍTULO 1 – Avaliação da qualidade da água do rio Itanhém e uso do solo, entre os municípios de Teixeira de Freitas e Alcobaça, Bahia	14
	Resumo	15
	Abstract	16
	Introdução	17
	Materiais e métodos	26
	Resultados e discussão	17
	Considerações finais	40
	Referências	41
4	CAPÍTULO 2 – Determinação do Índice do Estado Trófico do rio Itanhém entre os municípios de Teixeira de Freitas e Alcobaça, Bahia	44
	Resumo	45
	Abstract	45
	Introdução	46
	Material e métodos	47
	Resultados	50
	Conclusões	55
	Agradecimentos	55
	Referências	56
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
6	PERSPECTIVAS	60
	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO GERAL

Nas últimas décadas não apenas no Brasil, mais também em todo o mundo a sociedade tem sentido os efeitos dos danos ambientais, onde a preocupação com o meio ambiente é encarada como um fator primordial para a manutenção da sobrevivência humana. É necessário que haja mudanças de hábitos e culturas, bem como desenvolvimento de uma relação de equilíbrio entre a modernidade e o meio ambiente (SPAARGAREN, G. & MOL, 1995).

O crescimento econômico e tecnológico tem impulsionado o uso e ocupação do solo de forma desordenada, com surgimento de problemas como o desmatamento e a urbanização descontrolada, os quais podem provocar diversos danos ao ambiente. Tais efeitos adversos são refletidos pelas alterações dos ecossistemas, que vem a ocasionar grande preocupação quanto à disponibilidade e à preservação dos recursos naturais, dentre eles a água, o que torna a gestão sustentável um desafio no presente século (Pinto et al., 2013).

A água pode ser encontrada na natureza sob diversas formas, o que faz desta uma das substâncias mais comuns existentes. Cerca de 70% do planeta é constituído por este elemento essencial para a sobrevivência de todos os seres vivos. Do total de 264.400 trilhões de toneladas de água no planeta, apenas 0,5% representam água doce explorável sob o ponto de vista tecnológico e econômico, no qual pode ser ainda extraída deste quantitativo a parcela de água doce que se encontra em difícil acesso ou não possui condições satisfatórias para o consumo devido à poluição, restando apenas 0,003% do volume total de água do planeta (BRAGA et al., 2005).

A qualidade da água não só está ligada diretamente às ocorrências naturais, mais também à atuação antrópica, sendo função das condições naturais e do uso e ocupação do solo (SPERLING, 2014).

O estudo do uso e ocupação do solo é fundamental para manutenção salutar dos recursos hídricos, ao colaborar com a proteção e restauração da qualidade ambiental, a qual tem a educação ambiental como elo propulsor na sensibilização da comunidade quanto a importância da preservação ambiental e adoção de manejo sustentável (Santos et al., 2021).

A água constitui um recurso natural preponderante para manutenção dos seres vivos, assim como para as ações antrópicas, que ocorrem sobretudo em áreas urbanas, onde os recursos hídricos são os mais afetados. Assim, a obtenção do Índice de Qualidade da Água de colabora com a gestão hídrica ao demonstrar qualitativamente o quanto degradado estar o corpo d'água analisado (de Freitas et al., 2020).

A eutrofização constitui uma externalidade negativa à qualidade da água causada sobretudo devido a ação antrópica, fruto da urbanização desorganizada, onde ocorre o enriquecimento do meio aquático por nutrientes inorgânicos como o fósforo e o nitrogênio, com a consequente proliferação de algas e alteração das características físico-químicas da água (de Oliveira Santos et al., 2020).

O Índice do Estado Trófico (IET) constitui uma ferramenta matemática capaz de avaliar os danos causados à qualidade da água, por meio da mensuração da concentração de nutrientes que podem provocar o estado eutrófico, como o fósforo, bem como a mensuração de agentes que surgem diante da consequência da eutrofização, destacando-se aí a concentração de clorofila (Pinheiro et al., 2019).

Assim, através das problemáticas supracitadas o presente trabalho mostra-se de fundamental importância para o auxílio a gestão dos recursos hídricos, bem como orientação ao tipo de uso, que se apresente plenamente executável e representativo para tomada de decisões pelos órgãos ambientais das diversas esferas, seja municipal, estadual ou federal.

REFERÊNCIAS

- A.P.J. SPAARGAREN, G. & M. Modernização ecológica: uma teoria de mudança social - Google Acadêmico. 1995.
- BRAGA, B. et al. Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável. 2005.
- de Freitas, L. V. P., dos Santos, L. D. R., Freitas, B. E. P., & Braga, M. D. (2020). Assessment of surface water quality using the water quality index (WQI) in a river located in northern Minas Gerais (Brazil) / Avaliação da qualidade de água superficial usando o índice de qualidade da água (IQA) em um rio localizado no norte de Minas Gerais (Brasil). *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, 8(4).
- de Oliveira Santos, J. P., dos Santos Silva, J., de Andrade Pessoa, G. G. F., Pereira, M. C. S., de Araújo Alves, R. M., & Barbosa, L. G. (2020). Influência da urbanização no índice de estado trófico de um ecossistema lêntico na bacia do Rio Mamanguape, Paraíba, Brasil. *Acta Biológica Catarinense*, 7(1), 113–122.
- Pinheiro, D. C., Saldanha, E. C., & Monte, C. do N. (2019). Índice de estado trófico e a proveniência do fósforo e clorofila-a em diferentes estações do ano em uma microbacia Amazônica. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 10(5), 89–100.
- Pinto, L. C., de Mello, C. R., Ferreira, D. F., & Avila, L. F. (2013). WATER QUALITY INDEX IN TWO LAND USE SITUATIONS IN THE MANTIQUEIRA RANGE. *Ciência e Agrotecnologia*, 37(4), 338–342.

Santos, P. S. dos, Santos, M. E. de G. dos, & Santos, R. dos. (2021). USO E OCUPAÇÃO DO SOLO: REFLEXÃO SOBRE IMPACTO AMBIENTAL. AGRI-ENVIRONMENTAL SCIENCES, 7(1), 10.

SPERLING, M. V. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. 2014. 2. ed.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a qualidade da água do rio Itanhém e sua correlação com o uso e ocupação do solo em trecho compreendido entre os municípios de Teixeira de Freitas e Alcobaça.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar se o corpo d'água em estudo está em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005, quanto a rios de classe 2;
- Realizar classificação das áreas de influência diretas dos pontos analisados quanto ao uso e ocupação do solo;
- Obter o Índice de Qualidade da Água – IQA do rio Itanhém;
- Obter o Índice do Estado Trófico – IET do rio Itanhém.

3 CAPÍTULO 1¹ – Avaliação da qualidade da água do rio Itanhém e uso do solo, entre os municípios de Teixeira de Freitas e Alcobaça, Bahia

¹ Este capítulo está organizado conforme o estilo do periódico Urban Water Journal, ao qual será submetido para avaliação e possível publicação.

Resumo

Os corpos d'água são fundamentais para o bem-estar da população, sobretudo quanto a necessidade hídrica do corpo humano, bem como de outros indivíduos. As bacias hidrográficas do PIJ (Peruípe, Itanhém e Jucuruçu) banham diversos municípios do Extremo Sul da Bahia, sendo o corpo hídrico mais extenso o rio Itanhém, também chamado de rio Alcobaça, cuja nascentes mais extremas estão no Estado de Minas Gerais e sua foz no Oceano Atlântico, em Alcobaça – BA. O uso e ocupação do solo é determinante para manutenção ou alteração das propriedades físicas e químicas da água, sendo a ação antrópica o principal agente de degradação, interferindo no uso salutar dos corpos hídricos. Objetiva-se com o presente trabalho determinar o Índice de Qualidade das Águas – IQA, Índice de Estado Trófico (IET) e a classificação quanto ao uso e ocupação do solo (pelos dados do Fórum Florestal do Brasil) no trecho do rio Itanhém, compreendido entre os municípios de Teixeira de Freitas e Alcobaça, bem como a condição de qualidade, em consonância com a Resolução CONAMA nº 357/2005. Para tanto foram coletadas amostras em sete pontos de coleta escolhidos estrategicamente, de acordo com a facilidade de acesso e possíveis fontes de poluição e contaminação, sendo identificados as variáveis físico-químicas necessárias para obtenção do IQA, seguindo os métodos analíticos descritos no Standart Methods for Examination of Water and Wastewater. Foi utilizada a base de dados do Fórum Florestal para o uso do solo, na área de influência direta (área criada pelo buffer de 10 km da sub-bacia a montante) com obtenção das classes de ocorrência no trecho estudado. Os resultados demonstraram que o corpo d'água estudado obteve valores de coliformes termotolerantes e fósforo total superiores aos valores máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para rios de classe 2, bem como valores de IQA com interpretação variável entre ruim a bom. Quanto ao IET foi identificado como hipereutrófico, ou seja, o trecho estudado se encontra sensível à ocorrência de eutrofização, sobretudo devido aos altos índices de fósforo total identificados. O estudo do uso e ocupação do solo demonstrou a presença de pastos (sujo e limpo), característicos da atividade de pecuária, somados à atividade de cultivo de eucalipto representam mais de 50% do uso do solo no trecho amostrado. Assim, faz-se necessária uma gestão adequada dos recursos hídricos a nível local, bem como das atividades agropecuárias, de silvicultura e de saneamento, já que estas interferem de forma direta na qualidade dos corpos hídricos.

Palavras-chaves: Uso e Ocupação do Solo; Índice de Qualidade da Água; Sub-Bacia Hidrográfica; Saúde Ambiental.

Abstract

Water bodies are fundamental for the well-being of the population, especially regarding the water needs of the human body, as well as other individuals. The PIJ watersheds (Peruípe, Itanhém and Jucuruçu) bathe several municipalities in the extreme south of Bahia, with the largest water body being the Itanhém river, also called the Alcobaça river, whose most extreme sources are in the State of Minas Gerais and its mouth in the Atlantic Ocean, in Alcobaça – BA. The use and occupation of the soil is crucial for the maintenance or alteration of the physical and chemical properties of water, with anthropic action being the main agent of degradation, interfering with the healthy use of water bodies. The objective of this work is to determine the Water Quality Index - WQI, Trophic State Index (TSI) and the classification regarding land use and occupation (by data from the Brazilian Forestry Forum) in the stretch of the Itanhém river, comprised between the municipalities of Teixeira de Freitas and Alcobaça, as well as the quality condition, in line with CONAMA Resolution No. 357/2005. For this purpose, samples were collected at seven strategically chosen collection points, according to ease of access and possible sources of pollution and contamination, identifying the physicochemical variables necessary to obtain the WQI, following the analytical methods described in the Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. The Forestry Forum database was used for land use, in the area of direct influence (area created by the 10 km buffer of the upstream sub-basin) to obtain the classes of occurrence in the studied section. The results showed that the studied water body obtained values of thermotolerant coliforms and total phosphorus higher than the maximum values established by CONAMA Resolution 357/2005 for class 2 rivers, as well as WQI values with variable interpretation from bad to good. As for the TSI, it was identified as hypereutrophic, that is, the stretch studied is sensitive to the occurrence of eutrophication, mainly due to the high levels of total phosphorus identified. The study of land use and occupation showed the presence of pastures (dirty and clean), characteristic of livestock activity, added to the eucalyptus cultivation activity, representing more than 50% of land use in the sampled stretch. Thus, proper management of water resources at the local level is necessary, as well as agricultural,

forestry and sanitation activities, since these directly interfere with the quality of water bodies

Keywords: Soil Use and Occupation; Water Quality Index; Sub-Hydrographic Basin; Environmental Health.

1. Introdução

Nas últimas décadas não apenas no Brasil, mais também em todo o mundo a sociedade tem sentido os efeitos dos danos ambientais, sendo a preocupação com o meio ambiente encarada como um fator primordial para a manutenção da sobrevivência humana, sendo para tanto necessárias mudanças de hábitos e culturas, bem como no desenvolvimento de uma relação de equilíbrio entre a modernidade e o meio ambiente [1].

O crescimento econômico e tecnológico tem impulsionado o uso e ocupação do solo de forma desordenada, gerando problemas como o desmatamento e a urbanização, tendo provocado diversos danos ao ambiente, os quais são refletidos pelas alterações dos ecossistemas, gerando grande preocupação quanto à disponibilidade e preservação dos recursos naturais, dentre eles a água, sendo a gestão sustentável um desafio no presente século [2].

A Região Econômica do Extremo Sul do Estado da Bahia é formada por 21 municípios [3], os quais apresentam uma gama expressiva de corpos hídricos, muitos de importância nacional, como os rios da Vila, São Francisco, Mundaí, dos Mangues, Buranhém, Peruípe, Jucuruçu e Itanhém, que carregam consigo sérios problemas ambientais, causados sobretudo pelo uso antrópico descontrolado [4].

O rio Itanhém, também chamado de rio Alcobaça, é um rio nacional integrante da Bacia Hidrográfica dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu (BHPIJ), sendo o rio com maior ocupação populacional, frente aos rios Peruípe e Jucuruçu, cuja nascente se localiza na Aldeia dos Machacalis, no município de Bertópolis/MG, região onde se apartam as águas dos rios Mucuri e Jequitinhonha, e sua foz no município de Alcobaça (BA), com extensão total de 230 quilômetros, dos quais 160 em território baiano [5], atendendo uma população estimada de 227.654 pessoas, que se utilizam da água para diversos usos, seja para lazer, irrigação de cultivos, industrial, agropecuária ou uso doméstico [6].

Assim, diante das externalidades negativas identificadas pela ação antrópica, sobretudo relacionadas ao uso e ocupação do solo identifica-se a ausência de mata ciliar dos rios regionais, adicionado ao assoreamento avançado, contaminação química e cargas orgânicas frutos de descargas sanitárias [7]. Dessa forma faz-se necessário um eficiente acompanhamento no sentido de identificar soluções que venham a mitigar os impactos ambientais.

Atentos à necessidade de normatizar a gestão ambiental em todo o território, o Brasil possui hoje uma das mais completas normas relacionadas a questões ambientais, incluídos aí aquelas pertinentes aos recursos hídricos. A Constituição Federal de 1988 [8] possui em seu corpo vários trechos que dizem respeito à proteção ambiental, incluído aí um capítulo exclusivo que versa sobre o meio ambiente. Em 1997 foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos, por meio da Lei Federal nº 9.433 [9] que objetiva a gestão dos recursos hídricos.

Com o intuito de estabelecer normas, padrões e critérios de manutenção do meio ambiente, foi criado em 1981 o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA, o qual foi responsável pela publicação de inúmeras resoluções que visam assistir, estudar e propor ao Conselho de Governo e demais órgãos ambientais diretrizes e políticas governamentais para o meio ambiente e definir, no âmbito de suas competências, sobre normas e padrões ambientais.

Dentre as resoluções relacionadas a gestão dos recursos hídricos é possível destacar a Resolução CONAMA nº 274/2000 que define os critérios para a classificação de águas destinadas à recreação de contato primário [10]; Resolução CONAMA nº 357/2005 que 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 [11] ; Resolução CONAMA nº 396/2008 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências [12]; Resolução CONAMA nº 430/2011, a qual dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005 do CONAMA [13].

Diante da expressiva preocupação social com os aspectos ambientais, que por vezes necessita de um número elevado de informações complexas foram criados o Índice de Qualidade da Água (IQA) e o Índice de Estado Trófico (IET), onde os

resultados de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos são simplificados em um módulo, os quais são classificados qualitativamente com uso de escalas, por meio da utilização de métodos matemáticos [14].

Ante o exposto, objetiva-se no presente estudo analisar os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da qualidade da água, aliados ao uso e ocupação do solo em trecho compreendido da sub-bacia do rio Itanhém, entre os municípios de Teixeira de Freitas e Alcobaça, Extremo Sul da Bahia.

2. Materiais e métodos

2.1. Área de estudo e coleta de amostras de água

A área de estudo corresponde à sub-bacia do rio Itanhém, trecho compreendido entre os municípios de Teixeira de Freitas e Alcobaça (fz), com uma área de abrangência de 522,97 km², com população aproximada de 350 mil habitantes [15].

Foram escolhidos 7 pontos de amostragem (Figura 1), ao considerar a facilidade ao acesso e sobretudo as possíveis fontes, pontuais 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 (Tabela 1), sendo o P6 o rio Itanhém, única contribuição hídrica superficial ao rio Itanhém no trecho amostrado, localizado a montante da foz, já dentro dos limites do município de Alcobaça.

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

Ponto	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)	Descrição	Distância entre pontos (km)
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	0,0
02	8.063.425,26 S	429.153,82 L	Jusante ao aglomerado urbano de Teixeira de Freitas e lançamentos da ETE	4,0
03	8.063.632,73 S	431.520,89 L	Estação de coleta de dados da ANA (Ponta da Fazenda Cascata)	2,5
04	8.064.484,03 S	454.633,64 L	Área a jusante do Distrito de São José de Alcobaça	26
05	8.061.544,78 S	469.663,84 L	Área a jusante do Distrito de Pedra	15,5

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	6,7
07	8.061.340,64 S	476.261,22 L	Ponto a jusante do rio Itanhentinga e a montante do exutório	2,2

As amostragens ocorreram entre os meses de junho a dezembro de 2022, com coleta de três amostras da água, com formação de uma amostra composta, onde setembro foi o mês de menor incidência de precipitação (19 mm), enquanto novembro se apresentou como o mês de maior nível pluviométrico em todo ano (512,8 mm), conforme dados obtidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) da Agência Nacional das Águas – ANA [16].

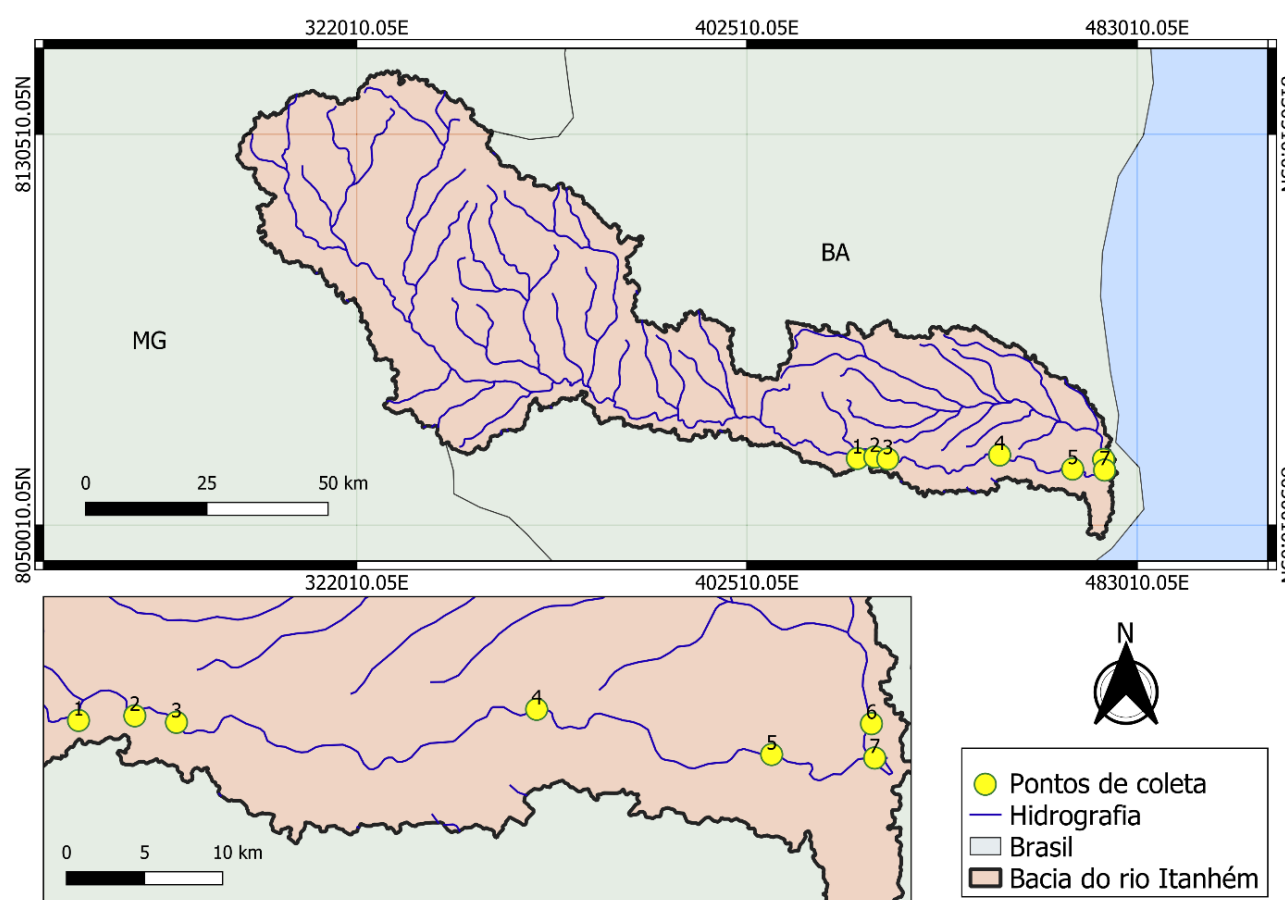


Figura 1. Pontos de amostragem de água ao longo da bacia do rio Itanhém.

2.2. Análise dos Parâmetros de Qualidade da Água

As coletas foram realizadas nos 7 pontos supracitados, perfazendo cinco coletas no período de junho a dezembro de 2022, nas seguintes datas: 12/06/2022, 09/08/2022, 19/10/2022, 09/11/2022 e 16/12/2022. Para todas as análises foram utilizadas uma amostra composta, obtidas da junção de 3 amostras recolhidas com auxílio de baldes com capacidade de 5 litros, sendo parte das leituras realizadas de forma imediata e outras encaminhadas as amostras 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. Para análise microbiológica foi utilizado recipientes estéreis, nas mesmas condições supracitadas para o Laboratório Geral da Universidade Federal do Sul da Bahia, Campus de Teixeira de Freitas.

Com auxílio da sonda multiparâmetro *HI 9829 HANNA® instruments* foram obtidos in loco os valores relativos aos parâmetros temperatura (T, °C), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos totais dissolvidos (STD, µg/L), porcentagem de saturação de oxigênio (%OD) e Oxigênio Dissolvido (OD, µg/L). Os parâmetros turbidez (NTU), clorofila-A (Cl-a, µg/L), demanda bioquímica de oxigênio (DBO, µg/L), nitrito (NO₂, µg/L), nitrato (NO₃, µg/L), amônio (NH₄⁺), nitrogênio total (N_{total}, µg/L), fosfato (PO₄, µg/L) e fósforo total (P_{total}, µg/L) foram obtidos seguindo os preceitos do Métodos padrão para o exame de água e esgoto, referenciado pela Associação Americana de Saúde Pública (APHA) publicado em 1985.

As amostras contidas em embalagens de vidros estéreis foram utilizadas para verificação de coliformes termotolerantes (CT, NMP/100mL), de acordo com o preceituado pela APHA, com utilização da técnica do Número Mais Provável (NMP), considerando até 5 tubos com reação positiva, com inóculos nas concentrações de 10 mL, 1 mL e 0,1 mL.

Para análise de DBO lançou-se mão do método de determinação em 5 dias a 20°C, também conhecida como DBO_{5,20}, com uso de semente biológica para ativação. As determinações de amônia (NH₄⁺), nitrato (NO₃) e nitrito (NO₂) foi utilizado o método colorimétrico, com auxílio de espectrofotômetro, com a respectiva medição da absorbância aos níveis de 640, 540 e 540 nanômetros (nm).

Parte dos parâmetros adquiridos serviram como base para obtenção do Índice de Qualidade de Água (IQA), desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF) em 1970, que possui como objetivo simplificar o grau de qualidade da água de um corpo hídrico e o Índice de Estado Trófico (IET) que tem como objetivo classificar os corpos hídricos de acordo com o grau de trofia, que está relacionado diretamente à concentração de nutrientes que o corpo d'água em estudo apresenta.

Para o presente trabalho foi utilizado o IQA adaptado pela CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Equação 1), que possui uma melhor correlação com as características físico-químicas e microbiológica dos corpos hídricos brasileiros, cujos pesos encontram-se na Tabela 2, que são atribuídos de acordo com a importância respectiva de cada parâmetro. [17] [18].

$$IQA = OD^{0,17} \cdot CT^{0,15} \cdot pH^{0,12} \cdot DBO^{0,10} \cdot T^{0,10} \cdot Ntotal^{0,10} \cdot Ptotal^{0,10} \cdot NTU^{0,08} \cdot STD^{0,08} \quad (1)$$

Em que: OD - Oxigênio Dissolvido; CT - Coliformes termotolerantes; pH – Potencial hidrogeniônico; DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio; T - Temperatura da água; Ntotal - Nitrogênio total; Ptotal - Fósforo total; NTU – Turbidez; e STD - Sólidos Totais.

Tabela 02. Parâmetros e pesos para determinação do IQA.

Parâmetros	Peso (w)
Oxigênio Dissolvido (%OD)	0,17
Coliformes termotolerantes (CT)	0,15
Potencial hidrogeniônico (pH)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	0,10
Temperatura da água (T)	0,10
Nitrogênio total (Ntotal)	0,10

Fósforo total (Ptotal)	0,10
Turbidez (NTU)	0.08
Sólidos Totais (STD)	0,08

Os valores dos parâmetros necessários para a obtenção do IQA foram processados em triplicata, cujos resultados foram comparados com os intervalos das classes do IQA, que variam de ótima a péssima, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros e pesos para determinação do IQA.

Intervalos das Classes de IQA	Interpretação da qualidade da água
80 – 100	Ótima
52 – 79	Boa
37 – 51	Razoável
20 – 36	Ruim
0 – 19	Péssima

O Índice do Estado Trófico para fósforo – IETPT pode ser classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico ou hipereutrófico, 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; PT: concentração de fósforo total no corpo d'água de estudo (µg/L).

O Índice do Estado Trófico para clorofila – IETCL pode ser classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico ou hipereutrófico, 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; ePT: concentração de clorofila-a no corpo d'água de estudo (µg/L).

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), conforme fórmula a seguir:

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

Para fins de caracterização das águas doces, classe 2, tomou-se como base a Resolução CONAMA nº 357/2005, alterada pelas Resolução CONAMA 410/2009 e pela Resolução CONAMA 130/2011, 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 [11], cujos valores considerados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores referencias dos parâmetros constituídos pela resolução CONAMA 357/2005 para a classe II de qualidade da água

Parâmetros	Valores
Amônia	$\leq 3,7 \mu\text{g/L}$
Coliformes termotolerantes (NMP)	≤ 1.000 ou $(\log=3)$
Condutividade ($\mu\text{S/CmA}$)	$\leq 100 \mu\text{S/cm}$
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO 100mL)	$\leq 5 \mu\text{g/L}$
Nitrato	$\leq 10,0 \mu\text{g/L}$
Nitrito	$\leq 1,0 \mu\text{g/L}$
Oxigênio dissolvido (%)	60% a 125%
Oxigênio dissolvido (ppm)	$\geq 5,0 \mu\text{g/L}$
Potencial Hidrogeniônico (pH)	6 a 9 pH
Salinidade (‰)	$\leq 0,5$ água doce Salinidade (‰) $> 0,5$ e < 30 água salobra > 30 água salina
Sólidos totais (ppm)	$\leq 500 \mu\text{g/L}$

2.3. Uso e ocupação do solo

Com o objetivo de caracterizar o uso e ocupação do solo a montante de cada ponto amostrado para verificar a influência na qualidade da água amostrada e as consequências das ações antrópicas e naturais na área de influência direta da bacia

estudada foi realizado o levantamento do uso e ocupação do solo na sub-bacia de drenagem de cada ponto, ou área de influência.

Para isto utilizou-se dados do Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia, o qual foi gerado a partir de imagens do sensor RadipEye obtidas na plataforma “Geo Catálogo” do Ministério do Meio Ambiente, obtendo classificação em 20 classes, a saber: área urbana, agricultura perene, café, campo úmido degradado, campos de restinga, citrus, desmatamento recente, eucalipto, floresta estágio inicial, floresta estágio médio, instalações rurais, manguezal, mineração, mussununga, pasto limpo, pasto sujo, represa, lagos e rios, restinga arbustiva, seringal e sistema viário.

A área de influência de cada ponto foi determinada por um “buffer” de 10 km de raio a partir do ponto, abrangendo uma área representativa em que o uso da terra venha ter uma possível influência na qualidade do corpo hídrico, sendo recortado somente para a área de contribuição a montante do ponto.

Para determinação da sub-bacia a montante de cada ponto foi utilizado dados do MDE (Modelo Digital de Elevação) do sensor AlosPalsar com resolução espacial de 12,5 m. As imagens do sensor RapidEye foram classificadas manualmente observando as características de uso do solo da área estudada, para posterior quantificação da área de cada feição. Todas estas etapas foram realizadas utilizando o QGIS 3.22, com apresentação na Figura 1 da área de contribuição de cada ponto amostrado.

2.4. Análise dos Dados

Foram alcançados os valores dos parâmetros obtidos nos sete pontos de coletas em um intervalo temporal de 7 meses, entre junho e dezembro de 2022 (não tendo ocorrido coleta apenas nos meses de julho e setembro), além das informações de uso e ocupação do solo. Para a análise dos dados, foi considerado cada ponto como um tratamento e as coletas como repetições dos pontos, num esquema experimental de delineamento inteiramente casualizado.

Para averiguação das pressuposições da Análise de Variância (ANOVA), foram realizados testes para verificação da normalidade e homoscedasticidade das variâncias pelos testes de Shapiro-Wilks e testes de Fisher e Kruskal-Wallis ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$), determinando se a ANOVA seguiu como paramétrica ou não-paramétrica (Kruskal-Wallis e Student-Newman-Keuls).

Aos pontos onde houve diferença significativa dos parâmetros foi realizado o teste Student-Newman-Keuls (paramétrico) ou Wilcoxon (não-paramétrico), para o

ranqueamento. Também foi realizada a análise de correlação simples de Pearson (paramétrica) ou de Spearman (não-paramétrica). Tais análises foram efetivadas com o auxílio do software SAS OnDemands for Academics, por meio dos procedimentos MEANS; GLM; UNIVARIATE; PLOT; NPAR1WAY; CORR; CORR SPEARMAN; MULTTRES.

3. Resultados e discussão

3.1. Caracterização do uso e ocupação do solo a montante dos pontos amostrados

O estudo do uso e ocupação do solo é de fundamental importância para que seja possível compreender a dinâmica dos corpos hídricos, já que sobretudo a ação antrópica tem proporcionado a ocorrência de externalidades negativas. Assim, após observação in loco, na oportunidade da execução das coletas, foi possível constatar uma série de alterações proporcionadas sobretudo pela prática de culturas agrossilvopastoris, sobressaindo a cultura de café, eucalipto e a pecuária extensiva, atividades tais que podem proporcionar externalidades negativas aos corpos hídricos, cujos elementos contaminantes são por vezes carregados.

Conhecendo a área de abrangência de cada ponto de coleta foi realizada a análise da distribuição do uso e ocupação do solo, obtendo classificação em 20 classes (Tabela 5 e Figura 2), sendo elas: Área Urbana, Agricultura Perene, Café, Campo Úmido Degradado, Campos de Restinga, Citrus, Desmatamento Recente, Eucalipto, Floresta Estágio Inicial, Floresta Estágio Médio, Instalações Rurais, Manguezal, Mineração, Mussununga, Pasto Limpo, Pasto Sujo, Represa, lagos e rios, Restinga Arbustiva, Seringal e Sistema Viário.

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

O ponto de coleta 1, a jusante do aglomerado urbano do município de Teixeira de Freitas, sob a ponte da localidade denominada Prainha apresentou a seguinte classificação quanto ao uso e ocupação do solo: 15,65% de área urbana, 4,28% de cultura de café, 2,58% de desmatamento recente, 14,68% de plantio de eucalipto, 2,44% de florestas em estágio inicial, 5,48% de florestas em estágio médio, 0,43% de instalações rurais, 37,38% de pastos limpos, 15,06% de pasto sujo, 1,43% de corpos d'água (represa, lagos e rio) e finalmente 0,13% de sistema viário. Assim, sobressaíram-se na área estudada a presença de área urbana e culturas diversas, sobretudo a pecuária e a silvicultura de eucalipto, sendo estes fatores antrópicos reconhecidos por alterar as características naturais dos sistemas hídricos.

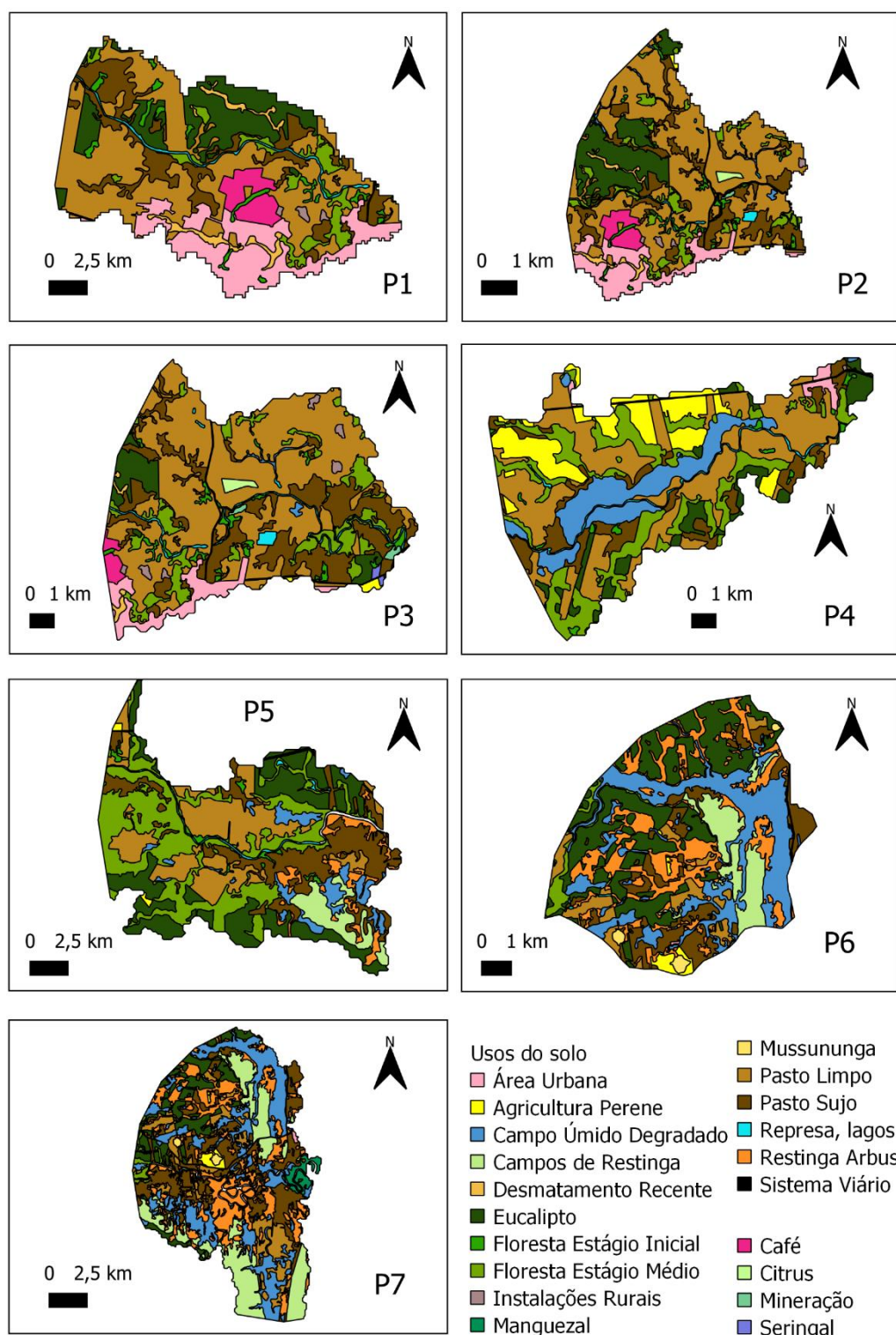


Figura 3. Distribuição dos usos e ocupação do solo da área de influência a 10 km à montante das sub-bacias de cada ponto amostrado para o ano de 2018.

O ponto de coleta 2, localizado a jusante da sede urbana do município de Teixeira de Freitas, nas proximidades do aeroporto municipal, bem como a jusante do ponto de descarga de efluentes sanitários da estação de tratamento de esgoto municipal,

apresentou a seguinte classificação quanto ao uso e ocupação do solo: 9,28% de área urbana, 0,19% de agricultura perene, 2,83% de cultivo de café, 0,93% de campo úmido degradado, 0,44% de citrus, 1,54% de desmatamento recente, 12,7% de silvicultura de eucalipto, 2,13% de floresta em estágio inicial, 6,04% de floresta em estágio médio de regeneração, 0,42% de instalações rurais, 0,12% de áreas de mineração, 47,13% de pastos limpos, 14,47% de pastos sujos, 1,47% de represas, lagos e rio e finalmente 0,32% de sistema viário. Assim, sobressaíram na área estudada a presença de pastos limpos e sujos, característicos da pecuária, bem como silvicultura de eucalipto, além de uma pequena área de mineração, cuja atividade é considerada de alto impacto ao meio ambiente.

O ponto de coleta 3, localizado nas proximidades da propriedade rural denominada Fazenda Cascata possui uma estação pluviométrica da Agência Nacional das Águas – ANA, cuja aparelhagem foi carregada pelas fortes chuvas que atingiram a região no final de 2021, sendo reinstalada recentemente. A área em questão apresentou a seguinte classificação quanto ao uso e ocupação do solo: 4,84% de área urbana, 0,39% de agricultura perene, 1,16% de cultivo de café, 0,51% de campo úmido, 0,55% de citrus, 0,54% de desmatamento recente, 4,24% de silvicultura de eucalipto, 2,22% de floresta em estágio inicial, 9,74% de floresta em estágio médio de regeneração, 0,88% de instalações rurais, 0,38% de áreas de mineração, 50,55% de pastos limpos, 21,22% de pastos sujos, 2,03% de represas, lagos e rio, 0,26% de seringal e finalmente 0,50% de sistema viário. Assim, sobressaíram na área estudada a presença de pastos limpos e sujos, característicos da pecuária.

O ponto de coleta 4, localizado aproximadamente no ponto médio da extensão do rio Itanhém no trecho estudado, está situado a jusante do Distrito de São José de Alcobaça, cujo aglomerado não possui nenhum tipo de saneamento básico, embora

contenha hoje milhares de habitantes, com infraestrutura urbana instalada, como unidades de saúde e escolas.

A área em questão apresentou a seguinte classificação quanto ao uso e ocupação do solo: 1,29% de área urbana, 12,48% de agricultura perene, 12,86% de campo úmido degradado, 6,72% de eucalipto, 1,04% de floresta em estágio inicial, 19,46% de florestas em estágio médio de recuperação, 0,03% de instalações rurais, 33,65% de pasto limpo, 10,50% de pasto sujo, 1,46% de represas, lagos e rio e finalmente 0,52% de sistema viário.

Assim, sobressaíram na área estudada a presença de pastos limpos e sujos, característicos da pecuária, além da agricultura perene. Na área de estudo é importante salientar para a presença de quase 20% de florestas em estágio médio de recuperação, consequência da pequena ação antrópica, bem como das exigências legais fomentadas pelo Código Florestal, onde são obrigatórias a recuperação de reservas legais e áreas de preservação permanentes.

O ponto de coleta 6 está localizado no único afluente superficial do rio Itanhém, no trecho estudado, entre Teixeira de Freitas e Alcobaça, cujo corpo hídrico é denominado rio Itanhentina, sendo sua origem nas mediações do Distrito de Santo Antônio, município de Teixeira de Freitas. Após a classificação foram identificados os seguintes percentuais de uso e ocupação do solo: 0,05% de área urbana, 1,25% de agricultura perene, 23,98% de campo úmido degradado, 9,25% de campos de restinga, 0,13% de desmatamento recente, 27,76% de plantio de eucalipto, 2,37% de floresta em estágio médio de regeneração, 0,02% de instalações rurais, 0,86% de mussununga, 13,9% de pasto sujo, 0,12% de corpos hídricos, 20,17% de restinga arbustiva e por fim 0,15% de sistema viário. A área de abrangência da presente sub-bacia apresenta pela primeira vez no estudo a presença de mussununga, um ecossistema ainda pouco

estudado dentro do domínio da Mata Atlântica. Segundo [23], essa é uma região de ocorrência de várzeas espodossolos arenosas no trecho compreendido entre os Estados da Bahia ao Espírito Santo, cuja fisionomia varia de pastagem a floresta, com área de savana de transição.

É possível observar a diminuição da ocorrência de florestas de estágio inicial ou médio de regeneração, ao passo que se aproxima do aglomerado urbano de Alcobaça, haja vista que o ponto em questão se encontra a aproximadamente 2 km da sede do município supracitado. Outro ecossistema apresentado na classificação é o de restinga arbórea, típica de regiões litorâneas, o que é justificado pela proximidade com a região praiana.

A área de abrangência da sub-bacia do ponto 7, está localizada próxima a sede do município de Alcobaça, sob a ponte que liga este ao município de Caravelas, estando a jusante da foz do rio Itanhentinga e a montante da foz do rio Itanhém. Após classificação quanto ao uso e ocupação do solo foram apresentadas as seguintes percentagens das classes: 0,15% de área urbana, 0,80% de agricultura perene, 20,59% de campo úmido degradado, 16,49% de campos de restinga, 0,07% de desmatamento recente, 9,13% de eucalipto, 0,05% de floresta em estágio inicial de regeneração, 1,12% de floresta em estágio médio de regeneração, 0,01% de instalações rurais, 1,65% de manguezal, 0,39% de mussununga, 8,62% de pasto limpo, 19,86% de pasto sujo, 0,39% de corpos hídricos, 20,43% de restinga arbustiva e finalmente 0,26% de sistema viário. Após tabulação de todos os dados relativos ao uso e ocupação do solo foi possível verificar que as classes de maior incidência foram pasto limpo (23,6%) e pasto sujo (16,78%), característicos da atividade de pecuária, seguidos da silvicultura de eucalipto (13,49%), sendo tais atividades as mais desenvolvidas no Extremo Sul da Bahia e consequentemente na área de abrangência da bacia de estudo.

3.2. Análise de qualidade da água dos pontos amostrados

De acordo com os valores encontrados nas análises realizadas (Tabela 6) foi observado que os parâmetros coliformes termotolerantes (CT) e fósforo total (P_{total}) obtiveram valores mais acentuados, estando em desacordo com os limites máximos expostos na Resolução CONAMA 357/2005 para todos os pontos de coleta, ocorrendo sobretudo nos pontos 2 (jusante ao lançamento de efluentes sanitários do município de Teixeira de Freitas), 6 (ponto do rio Itanhentinga) e 7 (ponto a jusante da contribuição do rio Itanhentinga e montante da foz).

Os piores resultados ocorreram nos meses de junho e dezembro, cujas coletas foram realizadas precedidas de pancadas de chuva na região, o que demonstra a possível influência do carreamento de nutrientes e efluentes sanitários para o corpo hídrico de estudo e a consequente alteração na qualidade da água.

Os parâmetros pH, clorofila-a (Cl-a), DBO_{5,20}, nitrito (NO₂), nitrato (NO₃), nitrogênio total (N_{total}) e cloreto (Cl) apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 em todos os pontos amostrados (Tabela 6).

Tais resultados se mostraram significativos para os resultados de IQA alcançados, que embora contando com altos valores de fosfato total (P_{total}) e coliformes termotolerantes (CT), tiveram uma variação de 36 a 62, classificados como aceitável e bom respectivamente. Os piores resultados para o IQA ocorreram nos mesmos pontos 2 (jusante ao lançamento de efluentes sanitários do município de Teixeira de Freitas), 6 (ponto do rio Itanhentinga) e 7 (ponto a jusante da contribuição do rio Itanhentinga e montante da foz).

Tabela 6. Valores médios, desvio padrão (std) e coeficiente de variação (%) das campanhas em todos os pontos analisados

	P1			P2			P3			P4			P5			P6			P7		
Parâmetro	Média	Std	CV (%)	Média	Std	CV (%)	Média	Std	CV (%)	Média	Std	CV (%)	Média	Std	CV (%)	Média	Std	CV (%)	Média	Std	CV (%)
T	24,73	0,62	2,51	25,34	0,80	3,15	24,81	0,61	2,44	24,55	1,06	4,34	25,18	0,55	2,19	24,34	1,05	4,30	24,83	0,65	2,60
pH	7,25	0,33	4,49	7,28	0,54	7,39	7,25	0,12	1,60	7,08	0,16	2,26	6,86	0,10	1,51	6,19	0,14	2,23	6,63	0,40	6,07
STD	206,00	152,85	74,20	209,80	157,58	75,11	199,60	133,32	66,79	175,00	100,47	57,41	179,40	91,21	50,84	57,00	15,98	28,04	320,60	387,35	120,82
OD	7,86	2,67	33,93	9,62	3,02	31,41	8,70	1,93	22,16	8,30	2,01	24,26	5,39	1,91	35,51	4,10	1,86	45,40	6,37	3,40	53,42
%OD	93,60	31,55	33,71	116,30	37,09	31,89	103,60	21,87	21,11	100,52	20,72	20,61	64,46	22,67	35,17	48,02	20,97	43,67	75,62	39,85	52,69
CT	500,20	644,59	128,87	1032,20	781,64	75,73	732,60	796,39	108,71	1600,60	0,55	0,03	626,00	627,04	100,17	611,60	647,86	105,93	704,60	821,48	116,59
NTU	14,86	9,60	64,60	34,37	43,65	127,00	11,29	4,83	42,79	13,35	4,69	35,15	17,29	7,31	42,28	17,33	6,70	38,66	16,19	4,53	27,99
Cl-a	7,62	1,03	13,51	8,26	0,88	10,63	7,36	1,03	14,03	8,05	0,54	6,69	9,06	1,85	20,42	9,71	2,60	26,79	9,22	0,71	7,69
DBO	3,56	0,61	17,18	3,69	0,27	7,35	3,81	0,26	6,76	3,71	1,23	33,13	3,66	0,33	9,00	3,68	0,94	25,48	3,78	0,70	18,54
NO ₂	0,03	0,02	73,42	0,03	0,03	119,75	0,04	0,02	65,72	0,02	0,02	90,03	0,06	0,11	200,09	0,01	0,01	132,48	0,05	0,04	83,58
NO ₃	0,11	0,15	140,55	0,04	0,03	66,66	0,22	0,38	174,95	0,11	0,19	170,78	0,19	0,37	201,77	0,03	0,02	83,05	0,05	0,03	59,09
NH ₄	0,21	0,15	72,10	0,18	0,07	37,06	0,17	0,14	80,16	0,16	0,02	14,26	0,15	0,01	9,98	0,15	0,01	7,91	0,16	0,01	8,57
Ntotal	4,54	0,30	6,63	4,43	1,47	33,25	7,01	3,89	55,53	4,92	1,77	35,95	3,64	1,93	52,88	5,40	1,77	32,70	6,45	0,86	13,29
PO ₄	0,31	0,12	39,12	0,47	0,04	7,47	0,43	0,13	30,94	0,33	0,12	36,70	0,41	0,16	38,20	0,52	0,06	11,15	0,65	0,09	14,44
Cl	0,03	0,01	37,49	0,03	0,01	32,09	0,03	0,01	30,23	0,03	0,02	59,23	0,03	0,01	19,72	0,03	0,01	23,71	0,13	0,21	162,16
Ptotal	1,22	0,34	27,78	1,45	0,17	11,58	1,65	0,24	14,26	1,36	0,57	41,71	1,86	0,24	12,75	1,42	0,20	14,44	1,69	0,28	16,41
IETPT	36,65	1,43	3,91	37,69	0,61	1,61	38,37	0,77	2,01	37,06	2,04	5,50	38,98	0,71	1,82	37,57	0,76	2,02	38,48	0,86	2,23
IETCL	140,07	6,49	4,63	143,94	4,99	3,47	138,40	6,82	4,93	142,85	3,16	2,21	147,54	10,20	6,91	150,10	13,21	8,80	149,09	3,43	2,30
IET	88,36	2,75	3,11	90,81	2,47	2,72	88,38	3,72	4,21	89,95	2,00	2,23	93,26	5,11	5,48	93,84	6,51	6,94	93,78	1,76	1,88
IQA	56,00	3,94	7,03	51,00	7,91	15,50	55,20	2,77	5,03	53,40	1,67	3,13	51,40	6,35	12,35	47,20	7,73	16,37	49,80	7,01	14,08

Onde: T - temperatura (°C); pH – potencial hidrogeniônico; STD – sólidos totais dissolvidos (µg/L); OD – oxigênio dissolvido (µg/L); %OD – porcentagem de saturação de oxigênio (%); CT – coliformes termotolerantes (NMP/100 mL); NTU – turbidez; Cl-a – clorofila a (µg/L); DBO – demanda bioquímica de oxigênio (µg/L); NO₂ – nitrito (µg/L); NO₃ – nitrato (µg/L); NH₄ – amônio (µg/L); NTotal – nitrogênio total (µg/L); PO₄ – fosfato (µg/L); Cl – cloreto (µg/L); PTotal – fósforo total (µg/L); IETPT – Índice de Estado Trófico para o fósforo; IETCL – Índice de Estado Trófico para clorofila-a; IET– Índice de Estado Trófico; e IQA – Índice de Qualidade da Água.

Os altos valores de fosfato total contribuíram diretamente para obtenção de altos valores de Índice de Estado Trófico (IET), variando de 82 a 99, interpretado como um meio hipereutrófico (IET >67). Tal resultado mostra-se preocupante já que uma possível alteração nas características fluviométricas do rio, bem como maior antropização dessas áreas pode ocasionar uma tendência à eutrofização.

Em estudo realizado por [19] foi observado que o rio dos Frades (Porto Seguro/BA) obteve forte influência limnológica nos períodos chuvosos, com alterações na qualidade da água, causados pela ação antrópica, lixiviamento de nutrientes e cargas orgânicas oriundas de atividades agropecuárias.

Ao analisar as bacias hidrográficas baianas das Regiões de Planejamento e Gestão das Águas (RPGAs) do rio de Contas, localizado no sul da Bahia e a do rio pardo localizada na porção sudoeste da Bahia [20] verificaram que áreas urbanas e de agricultura/pastagem influenciaram nas variáveis de qualidade da água, como fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, turbidez de resíduos totais e por conseguintes menores valores de IQA. Esta situação apontada no estudo supracitado, é muito similar a encontrada, pois a descrição da área de estudo de cada ponto apresenta, em geral grandes áreas de pastagens e silvicultura.

Com o objetivo de estudar a influência do uso da terra nos índices de estados tróficos nas bacias hidrográficas baianas dos rios Almada, Cachoeira e Uma, localizadas na RPGA Oriental [21] verificou que a área urbana e a agropecuária tiveram uma correlação positiva para os índices de estado trófico e relação negativa com o remanescente florestal, onde as descargas de esgoto e diversas fontes de culturas agrícolas foram apontadas como as principais fontes de poluição nas bacias estudadas.

Em análise da evolução dos índices operacionais do esgotamento sanitário das 20 maiores cidades do estado da Bahia [22] apontou, com base em dados da plataforma

do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento - SNIS que foi perceptível o elevado déficit do processo de universalização de serviços de saneamento, com maior carência nas áreas do interior do Estado da Bahia, cuja maioria das cidades possuem pouco mais de 50% de unidades atendidas. Fato observado nos pontos amostrados, pois grande parte dos distritos e núcleos urbanos do presente trabalho não apresentam serviços de saneamento adequado, influenciado na qualidade da água dos pontos amostrados.

3.3. Análises estatísticas

Após análise estatística dos dados foi possível identificar que os parâmetros sólidos totais dissolvidos (STD), coliformes termotolerantes (CT), cloretos (Cl), turbidez (NTU), nitrito (NO_2), nitrato (NO_3), amônio (NH_4), nitrogênio total (N_{total}) e clorofila-a (Cl-a) não seguiram distribuição normal, procedendo para a análise com ANOVA não paramétrica (Tabela 7).

Ao seguir análise da ANOVA paramétrica, ou não-paramétrica, mostraram-se diferenças significativas entre os pontos amostrados os seguintes parâmetros (Tabela 8): Sólidos Totais Dissolvidos (STD); pH; oxigênio dissolvido (OD); percentual de saturação de oxigênio (%OD); fosfato (PO_4); fosfato total (P_{total}); e Índice de Estado Trófico para Fósforo (IETPT). Pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK), os resultados de pH de todos os pontos (1, 2, 3, 4, 5 e 7) diferiram do pH do ponto 6, que corresponde ao rio Itanhentinga, único corpo hídrico natural contribuinte do rio Itanhém no trecho estudado. O Ponto 6 obteve também as médias diferentes ($P < 0,05$) e inferiores a todos os pontos para os parâmetros pH, sólidos totais dissolvidos (STD) e oxigênio dissolvido (OD), o que demonstra que ele pode interferir diretamente na qualidade da água do rio Itanhém.

Tabela 7. Resumo das estatísticas descritivas dos parâmetros analisados, análise da normalidade dos dados, resumo da ANOVA com o P-value das análises paramétricas ou não-paramétricas

Parâmetros	N	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	CV %	Distribuição Normal	P-value	P<0,05
T	35	24,8 249	26,2 300	22,8 400	0,78 44	3,15 98	SIM	0,4731	ns
pH	35	6,93 40	7,85 00	6,04 00	0,46 83	6,75 33	SIM	<0,0001	***
STD	35	192, 4857	996, 0000	35,0 000	181, 3050	94,1 914	NÃO	0,0467	*
OD	35	7,19 17	14,1 200	1,63 00	2,90 87	40,4 458	SIM	0,0163	*
%O ₂	35	86,0 171	171, 5000	19,9 000	34,6 556	40,2 892	SIM	0,0101	*
CT	35	829, 6857	1601 ,000 0	2,00 00	704, 6851	84,9 340	NÃO	0,2197	ns
NTU	35	17,8 111	111, 6200	4,62 00	17,4 817	98,1 506	NÃO	0,7112	ns
Cl-a	35	8,46 89	11,8 830	5,75 80	1,52 11	17,9 608	SIM	0,1078	ns
DBO	35	3,69 86	5,04 00	1,96 00	0,64 64	17,4 768	SIM	0,9988	ns
NO ₂	35	0,03 27	0,26 00	0,00 00	0,04 80	147, 0378	NÃO	0,4567	ns
NO ₃	35	0,10 55	0,90 10	0,00 00	0,21 36	202, 4729	NÃO	0,4335	ns
NH ₄	35	0,16 85	0,48 40	0,01 36	0,07 80	46,2 854	NÃO	0,6786	ns
Ntotal	35	5,19 79	12,4 990	2,00 00	2,13 01	40,9 789	NÃO	0,1370	ns
PO ₄	35	0,44 53	0,73 90	0,12 40	0,14 78	33,1 949	SIM	0,0007	***
Cl	35	0,04 36	0,49 60	0,01 10	0,07 93	181, 9818	NÃO	0,2391	ns
PTotal	35	1,52 04	2,26 40	0,84 20	0,35 40	23,2 836	SIM	0,0461	*
IETPT	35	37,8 281	40,0 440	34,9 068	1,28 90	3,40 75	SIM	0,0359	*
IETCL	35	144, 5685	160, 8550	127, 5272	8,15 84	5,64 33	SIM	0,1548	ns
IET	35	91,1 983	99,1 374	82,3 569	4,16 55	4,56 75	SIM	0,0971	ns
IQA	35	52,0 000	62,0 000	36,0 000	6,03 42	11,6 043	NÃO	0,2459	ns

Em que: ns não significativo ao nível de $P < 0,05$; * diferença significativa entre os pontos a $P < 0,05$; ** diferença significativa entre os pontos a $P < 0,01$; *** diferença significativa entre os pontos a $P < 0,001$; T - temperatura ($^{\circ}\text{C}$); pH – potencial hidrogeniônico; STD – sólidos totais dissolvidos; OD – oxigênio dissolvido; %OD – porcentagem de saturação de oxigênio; CT – coliformes termotolerantes; NTU – turbidez; Cl-a – clorofila a; DBO – demanda bioquímica de oxigênio; NO₂ – nitrito; NO₃ – nitrato; NH₄ – amônio; NTotal – nitrogênio total; PO₄ – fosfato; Cl – cloreto; PTotal – fósforo total; IETPT – Índice de Estado Trófico para fósforo; IET – CLA – Índice de Estado Trófico para clorofila-a; IET – Índice de Estado Trófico; e IQA – Índice de Qualidade da Água.

Tabela 8. Teste de médias Student-Newman-Keuls (SNK) para variáveis que seguem distribuição normal e Wilcoxon para variáveis que não seguem distribuição normal

Pontos	STD	pH	OD	%OD	PO ₄	Ptotal	IETPT
1	206,00 ^A	7,25 ^A	7,86 ^{AB}	93,60 ^{AB}	0,31 ^C	1,22 ^B	36,65 ^A
2	209,80 ^A	7,28 ^A	9,62 ^A	116,30 ^A	0,47 ^{BC}	1,45 ^{AB}	37,69 ^{AB}
3	199,60 ^A	7,25 ^A	8,70 ^{AB}	103,60 ^{AB}	0,43 ^{BC}	1,65 ^{AB}	38,37 ^{AB}

4	175,00 ^A	7,08 ^{AB}	8,30 ^{AB}	100,52 ^{AB}	0,33 ^{BC}	1,36 ^{AB}	37,06 ^{AB}
5	179,40 ^A	6,86 ^{AB}	5,39 ^{AB}	64,46 ^{AB}	0,41 ^{BC}	1,86 ^A	38,98 ^B
6	57,00 ^B	6,19 ^C	4,10 ^B	48,02 ^B	0,52 ^{AB}	1,42 ^{AB}	37,57 ^{AB}
7	320,60 ^A	6,63 ^B	6,37 ^{AB}	75,62 ^{AB}	0,65 ^A	1,69 ^{AB}	38,49 ^{AB}

Em que: médias seguidas pela mesma letra não são diferentes ao nível de $p < 0,05$. Onde: STD – sólidos totais dissolvidos; pH – potencial hidrogeniônico; OD – oxigênio dissolvido; %OD – porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido; PO₄ – fosfato; PTotal – fosfato total; IETPT – Índice de Estado Trófico para fósforo.

Já para fosfato (PO₄) e fósforo total (Ptotal), o ponto 1 obteve as menores médias em relação aos outros pontos, o que pode ser explicado pelo fato deste estar localizado montante ao lançamento de efluentes sanitários da concessionária pública, a qual junto com os córregos (contribuintes do rio Jucuruçu) recebem a maior parte dos efluentes sanitários do município de Teixeira de Freitas. O ponto 7 apresentou os maiores valores, indicado que a influência das áreas de mangue pode estar aumentando o teor de fosfato (PO₄) e, também, de fósforo total (Ptotal),

Para o Índice de Estado Trófico para Fósforo (IETPT) os pontos 1 e 5 apresentaram diferenças entre si, com o ponto 1, a jusante da estação de tratamento de esgoto da cidade de Teixeira com os menores valores, enquanto o ponto 5 apresentou os maiores valores, devido a influência de vários núcleos urbanos a montante do ponto 5.

Na análise de correlação os seguintes parâmetros apresentam correlação significativa entre si:

- Temperatura: T e Cl-a (-0,45); T e IETCL (-0,46); T e IETH (-0,41); T e STD (0,47); T e IQA (-0,37);
- pH: pH e OD (0,60); pH e %OD (0,61); pH e Cl-a (-0,41); pH e IET (-0,38); pH e STD (0,47); pH e NH₄ (0,38); pH e Cl (0,34);
- Oxigênio Dissolvido (OD): OD e %OD (1,00); OD e STD (0,34);
- porcentagem de saturação de oxigênio dissolvido (%OD): %OD e STD (0,37);
- Clorofia a (Cl-a): Cl-a e PO₄ (0,41); Cl-a e IETCL (0,99); e Cl-a e IET (0,98);
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): DBO e NO₃ (0,42);

- Fosfato (PO_4): PO_4 e IETCL (0,40); PO_4 e IET (0,41); PO_4 e NO_3 (0,39);
- Fósforo total (Ptotal): Ptotal e IETT (0,99);
- Índice de Estado Trófico para Clorofila a (IETCL): IETCL e IET (0,99); IETCL e STD (-0,43);
- Índice de Estado Trófico (IET): IET e STD (-0,44);
- Sólidos Totais Dissolvidos (STD): STD e NH_4 (0,36); STD e CL (0,64);
- Coliformes Termotolerantes (CT): CT e NO_2 (0,42); CT e IQA (-0,57);
- Turbidez (NTU): NTU e IQA (-0,56); e
- Amônia (NH_4): NH_4 e Ntotal (0,52).

Entre as correlações que se destacam, são da Clorofila a (Cl-a) com os índices de estado trófico, IET e IETCL, sendo quase perfeitas, próximas a 1,00. Também apresentaram correlação quase perfeita o fósforo total (Ptotal) com índice de estado trófico para fósforo (IETPT), o que era já esperado. Porém, não apresentaram nenhuma correlação a DBO com o oxigênio dissolvido (OD), assim como o IQA com OD, pH, DBO, Ntotal, Ptotal e STD. Estes resultados de ausência de correlação entre os parâmetros supracitados, indica para uma análise de componentes principais, pois esperava-se que estes parâmetros apresentassem correlação significativa.

Tabela 9 – Correlação simples de Pearson (r) para os parâmetros que seguem distribuição normal e correlação simples de Spearman (p) para os parâmetros que não segue a distribuição normal

Correlação simples de Pearson (r)												Correlação simples de Spearman (p)									
	T	pH	OD	%OD	CLa	DBO	PO ₄	Ptotal	IETT	IETCL	IET	STD	CT	NTU	NO ₂	NO ₃	NH ₄	Ntotal	CL	IQA	
T	1,00																				
pH	0,20	1,00																			
OD	0,07	0,60***	1,00																		
%OD	0,12	0,61***	1,00***	1,00																	
CLa	-0,45**	-0,41*	-0,24	-0,25	1,00																
DBO	-0,32	0,01	0,00	-0,03	0,31	1,00															
PO ₄	-0,05	-0,28	-0,23	-0,23	0,41*	0,29	1,00														
Ptotal	0,25	-0,09	-0,03	-0,02	0,05	0,02	0,07	1,00													
IETT	0,27	-0,09	-0,03	-0,02	0,06	0,01	0,13	0,99***	1,00												
IETCL	-0,46**	-0,37	-0,22	-0,24	0,99***	0,32	0,40*	0,05	0,06	1,00											
IET	-0,41*	-0,38*	-0,22	-0,24	0,98***	0,31	0,41*	0,20	0,21	0,99***	1,00										
STD	0,47**	0,47**	0,34*	0,37*	-0,43**	-0,33	-0,14	0,10	0,10	-0,43**	-0,44**	1,00									
CT	0,31	0,08	0,12	0,12	-0,21	0,11	-0,21	-0,12	-0,12	-0,21	-0,24	-0,05	1,00								
NTU	0,18	0,08	-0,10	-0,06	0,12	-0,06	0,11	0,31	0,31	0,12	0,16	0,14	0,17	1,00							
NO ₂	0,17	0,01	0,27	0,26	-0,12	-0,09	-0,12	0,02	0,02	-0,12	-0,11	-0,16	0,43*	-0,15	1,00						
NO ₃	-0,21	0,24	-0,15	-0,14	0,04	0,42*	0,39*	-0,06	-0,06	0,04	0,06	0,05	-0,07	-0,05	-0,03	1,00					
NH ₄	0,06	0,38*	-0,03	0,00	-0,17	0,31	0,26	-0,16	-0,16	-0,17	-0,20	0,36*	0,06	0,16	-0,31	0,33	1,00				
Ntotal	0,00	0,04	0,07	0,06	-0,14	0,12	0,33	-0,10	-0,10	-0,14	-0,14	0,24	-0,13	0,07	-0,09	0,00	0,52**	1,00			
CL	0,32	0,34*	0,29	0,30	-0,12	-0,20	0,13	0,00	0,00	-0,12	-0,13	0,64***	-0,19	0,12	-0,07	0,23	0,30	0,22	1,00		
IQA	-0,37*	0,27	0,28	0,26	-0,01	-0,04	-0,21	-0,17	-0,17	-0,01	-0,03	0,20	-0,57***	-0,56**	-0,27	0,19	-0,05	-0,02	0,22	1,00	

Onde: * correlação significativa ao nível de $P < 0,05$; ** correlação significativa ao nível de $P < 0,01$; *** correlação significativa ao nível de $P < 0,001$; T - temperatura (°C); pH – potencial hidrogeniônico; STD – sólidos totais dissolvidos; OD – oxigênio dissolvido; %OD – porcentagem de saturação de oxigênio; CT – coliformes termotolerantes; NTU – turbidez; Cl-a – clorofila a; DBO – demanda bioquímica de oxigênio; NO₂ – nitrito; NO₃ – nitrato; NH₄ – amônio; NTotal – nitrogênio total; PO₄ – fosfato; Cl – cloreto; PTotal – fósforo total; IETPT – Índice de Estado Trófico para fósforo; IETCL – Índice de Estado Trófico para clorofila-a; IET – Índice de Estado Trófico; e IQA – Índice de Qualidade da Água

4. Considerações finais

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos estudados comprovaram que os parâmetros de coliformes termotolerantes e fósforo total estão acima dos limites estabelecidos para rios de classe 2, conforme Resolução CONAMA nº 357/2005. Tais resultados foram mais evidentes nos pontos a jusante da ETE e próximo à foz do rio Itanhém e quando da ocorrência de períodos mais chuvosos, o que demonstra o aumento de nutrientes e carga orgânica juntos com a alta precipitação.

O IQA variou de 36 a 62, sendo caracterizado como ruim a boa, onde os piores resultados foram obtidos nos pontos 2, 6 e 7, os quais ocorrem respectivamente à jusante do ponto de lançamento de efluentes sanitários (ETE), rio Itanhentinga e a montante da foz do rio Itanhém, respectivamente. Já para o IET todos os pontos foram classificados como hipereutrófico, com valores entre 82 e 99, estando assim dispostos à ocorrência da eutrofização. Foi fundamental para tal resultado os altos valores de fósforo total identificados.

Os pontos de coleta 1, a jusante da estação de esgoto, e 6, bacia do rio Itanhetinga, apresentaram as maiores diferenças entre os parâmetros sólidos totais dissolvidos (STD), pH e fosfato (PO_4), devido principalmente por estarem em bacias de drenagem diferentes.

Quanto à classificação do uso e ocupação do solo nas áreas de influência direta dos pontos amostrados da bacia, foi possível inferir que a presença de pastos (sujo e limpo), característicos da atividade de pecuária, somados à atividade de cultivo de eucalipto representam mais de 50% do uso do solo no trecho amostrado.

Assim, a presente pesquisa demonstrou a comprovada correlação do uso do solo com a qualidade da água. Com posse dos resultados os responsáveis pela gestão dos recursos hídricos poderão organizar atos, no sentido de minimizar os impactos identificados, bem como monitorar de forma contínua não apenas a bacia do rio Itanhém, mais também das demais bacias dos rios Jucuruçu e Peruípe, que constituem a Bacia do PIJ.

5. Referências

- [1] A. P. J. SPAARGAREN, G. & MOL, *Modernização ecológica: uma teoria de mudança social* - Google Acadêmico. 1995. Acessado: 6 de abril de 2021. [Online]. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Modernização+ecológica%3A+uma+teoria+de+mudança+social&btnG=
- [2] L. Campos Pinto, C. Rogério De Mello, D. F. Ferreira, e L. Fernandes Ávila, “WATER QUALITY INDEX IN TWO LAND USE SITUATIONS IN THE MANTIQUEIRA RANGE Índice de qualidade de água em duas situações de uso do solo na Serra da Mantiqueira”, 2013.
- [3] BAHIA, “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.*, 2015, Acessado: 27 de março de 2023. [Online]. Disponível em: https://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/regioes_economicas_2015.pdf
- [4] E. Santana e E. dos S. Santana, “Déficits ambientais hídricos na Orla Norte de Porto Seguro-Bahia”, *Revista Sustinere*, vol. 4, nº 2, p. 305–318, jan. 2017, doi: 10.12957/sustinere.2016.26966.
- [5] CEPLAC., “Recursos hídricos”, em (*CEPLAC. Diagnostico Socio Economico da Regiao Cacaueira*, 5), Ilhéus, 1976, p. 133.
- [6] IBGE, “Teixeira de Freitas (BA) | Cidades e Estados”, 2010. <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/teixeira-de-freitas.html> (acessado 11 de julho de 2021).
- [7] F. R. de Souza e H. T. Martins, “Governança dos comuns e conflitos na gestão da bacia do Rio Itanhém no extremo sul da Bahia”, *Argumentos*, vol. 17, nº 1, p. 28–46, 2020.
- [8] BRASIL, “Constituição da República Federativa do Brasil: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de

- Revisão nos 1 a 6/94, pelas Emendas Constitucionais nos 1/92 a 91/2016 e pelo Decreto Legislativo no 186/2008. – Brasília : Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2016”, 1988. Acessado: 29 de março de 2023. [Online]. Disponível em:
https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf
- [9] BRASIL, “POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS”, 1997, Acessado: 29 de março de 2023. [Online]. Disponível em:
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm
- [10] “Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000”.
- [11] “RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005* (RETIFICADA-AO FINAL)”, 2005, Acessado: 29 de março de 2023. [Online]. Disponível em:
https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_ltrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf
- [12] “RESOLUÇÃO CONAMA no 396, de 3 de abril de 2008”, 2008.
- [13] BRASIL, “CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE”, 2011, Acessado: 29 de março de 2023. [Online]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/01/RESOLU%C3%87%C3%83O-No-430-DE-13-DE-MAIO-DE-2011.pdf>
- [14] CETESB, “CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO”, em *ÁGUAS INTERIORES*, 2013. Acessado: 29 de março de 2023. [Online]. Disponível em:
<https://www.cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/04.pdf>
- [15] “IBGE | Cidades@ | Bahia | Teixeira de Freitas | Panorama”.
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/alcobaca/panorama> (acessado 29 de março de 2023).
- [16] AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Hidroweb: Sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: < <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas> >

- [17] “Índice de Qualidade da Água”, 2017, Acessado: 4 de abril de 2023. [Online]. Disponível em: <http://www.standardmethods.org/store>
- [18] CETESB, “Índice do Estado Trófico - IET”, 2013, Acessado: 4 de abril de 2023. [Online]. Disponível em: <https://www.cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/04.pdf>
- [19] A. T. R. Okumura, A. G. Silva, N. R. S. Silva, E. R. N. Lopes, R. B. A. Bifano, e R. V. Quilenato, “Determinação da qualidade da água de um rio tropical sob a perspectiva do uso Revista Brasileira de Geografia Física”, 2020.
- [20] O. F. Lopes *et al.*, “Comparison between water quality indices in watersheds of the Southern Bahia (Brazil) with different land use”, *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 28, nº 10, p. 12944–12959, mar. 2021, doi: 10.1007/s11356-020-10941-7.
- [21] O. F. Lopes *et al.*, “Influence of land use on trophic state indexes in northeast Brazilian river basins”, *Environ Monit Assess*, vol. 191, nº 2, fev. 2019, doi: 10.1007/s10661-019-7188-7.
- [22] A. Anjos, M. Leite, F. Barros, e F. Jesus, “ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DOS ÍNDICES OPERACIONAIS DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO DAS 20 MAIORES CIDADES DO ESTADO DA BAHIA”, *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, vol. 19, nº 40, jun. 2022, doi: 10.18677/encibio_2022b3.
- [23] E. S. Candido, M. Beatriz, C. Ramos, R. Martins, M. C. Teixeira, e B. Messias, “Flora and Vegetation in Different Physiognomies of a Mussununga in Southeastern Brazil”, vol. 26, nº 3, p. 20180350, 2019, doi: 10.1590/2179-8087.035018.

4 CAPÍTULO 2² – Determinação do Índice do Estado Trófico do rio Itanhém entre os municípios de Teixeira de Freitas e Alcobaça, Bahia

² Este capítulo está organizado conforme o estilo do periódico Revista Brasileira de Geografia Física, ao qual foi submetido para avaliação e possível publicação.

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 da American Public Health Association (APHA) descritas no Manual Prático de Análise de Água. Os resultados evidenciaram altas concentrações de fósforo total, variando de 842 a 2264 ($\mu\text{g/L}$) e concentrações de clorofila-a entre 5,76 e 11,9 $\mu\text{g/L}$, 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.

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 stretch of the sub-basin between the municipalities of Teixeira de Freitas and Alcobaça. The analyzes 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 842 to 2264 ($\mu\text{g/L}$) and concentrations of chlorophyll-a between 5.76 and 11.9 $\mu\text{g/L}$, with the concentration of total phosphorus above that established by CONAMA Resolution 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 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 trophy 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 intake for industrial, human and agricultural consumption was identified, in addition to points for releasing sanitary effluents, ratified in the study of land use and occupation, highlighting the presence of pastures and silviculture of eucalyptus.

Keywords: Eutrophication; Trophic State Index; Itanhem 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, esta tem sido cada vez mais comprometida sua qualidade, devido às ações antrópicas exploratórias (Okumura et al., 2020).

A urbanização associada às atividades agropecuárias tem se mostrado como fatores predominantes na alteração da qualidade da água, com alteração dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos gerados pelo descarte irregular de efluentes sanitários 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).

A eutrofização é um problema de ocorrência global, a qual consiste em um processo natural de sucessão ecológica, 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 (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 (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 ao efeito dessas altas concentrações com a proliferação de algas e macrófitas, o que colabora com a eficiente gestão dos corpos hídricos (CETESB, 2015).

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).

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, tem a implementação de políticas públicas com o objetivo de proteger os corpos hídricos, com alerta à população da importância de preservar a qualidade da água e do meio ambiente como principal meio de prevenção e mitigação aos impactos gerados (Rodrigues et al., 2021).

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.

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).

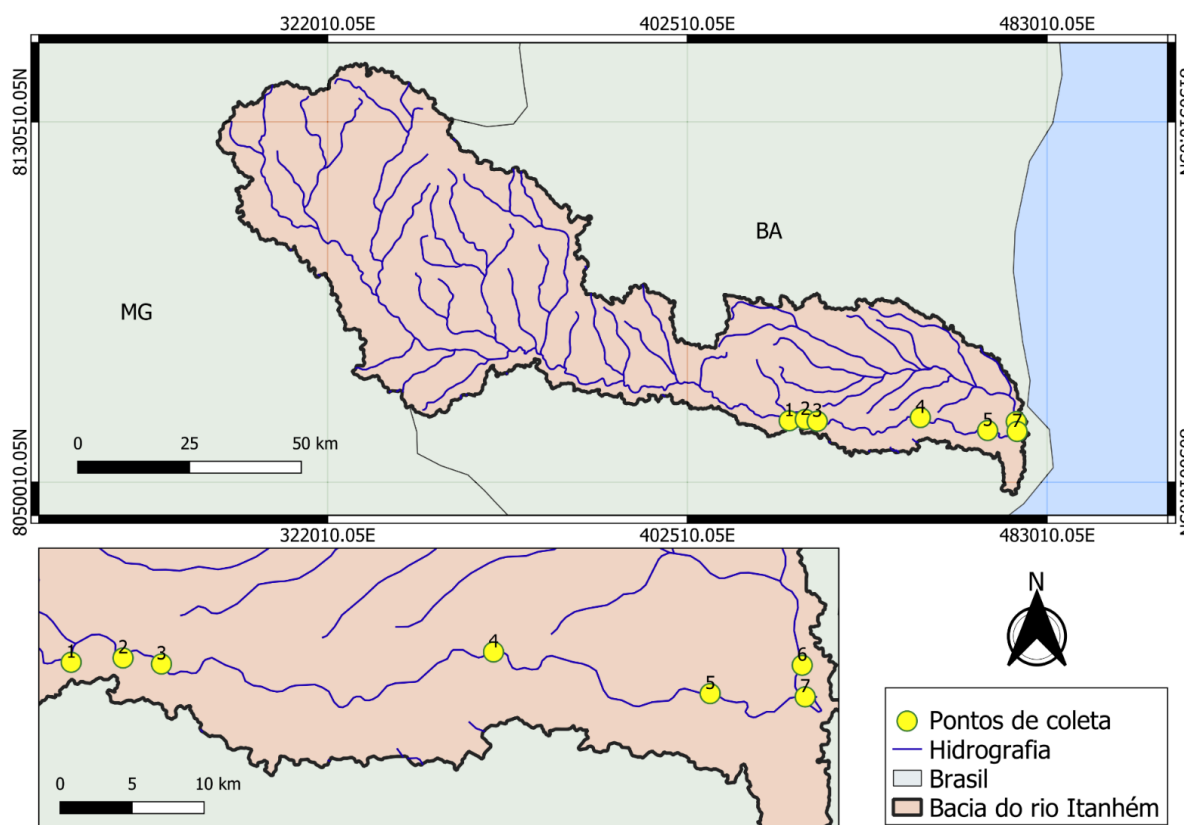


Figura 1. Pontos de amostragem de água ao longo da bacia do rio Itanhém, em trecho compreendido entre os municípios de Teixeira de Freitas a Alcobaça, estado da Bahia.

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 Itanhentina, 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.

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

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 do Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia, que foi alcançado através de imagens do sensor RadipEye adquiridas na plataforma “Geo Catálogo” do Ministério do Meio Ambiente, cuja classificação é dividida 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.

A área de alcance de cada ponto foi implementada por um “buffer” em um raio de 10 km a partir do ponto, com abrangência a uma área representativa em que o uso antrópico venha propiciar externalidades negativas, com recorte à montante do ponto para a área de contribuição.

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. Em relação às imagens do sensor RapidEye, estas foram classificadas de forma manual, ao observar as características de uso do solo da área estudada, com pós-tum quantificação da área de cada feição. 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 setembro foi o mês de menor precipitação (19 mm) e novembro se apresentou como o mês de maior pluviosidade anual (512,8 mm), conforme dados obtidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) da Agência Nacional das Águas – ANA. Não ocorreram coletas nos meses de julho e setembro, totalizando assim, cinco coletas.

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 , $\mu\text{g/L}$), fósforo total (P_{total} , $\mu\text{g/L}$) e clorofila-A (Cl-a , $\mu\text{g/L}$), 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 publicada em 1985.

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, 2013).

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 ($\mu\text{g/L}$).

Tabela 2. Classificação do IETPT para rios.

CLASSIFICAÇÃO DO IETPT - RIOS	
Estado Trófico	Ponderação P TOTAL

Ultraoligotrófico	$PT \leq 13$
Oligotrófico	$13 < PT \leq 35$
Mesotrófico	$35 < PT \leq 137$
Eutrófico	$137 < PT \leq 296$
Supereutrófico	$296 < PT \leq 640$
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 ($\mu\text{g/L}$).

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

CLASSIFICAÇÃO DO IET(CL) - RIOS	
Estado Trófico	Ponderação CL TOTAL
Ultraoligotrófico	$CL \leq 0,74$
Oligotrófico	$0,74 < CL \leq 1,31$
Mesotrófico	$1,31 < CL \leq 2,96$
Eutrófico	$2,96 < CL \leq 4,70$
Supereutrófico	$4,70 < CL \leq 7,46$
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 dar pela média entre estes, conforme fórmula a seguir:

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

Dessa forma, o Índice do Estado Trófico (IET) é poderá ser classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico ou hipereutrófico conforme Quadro 3, a seguir:

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).

Conforme Lamparelli (2006), o uso do IET foi desenvolvido sobretudo para o 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

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.

Destacaram na área estudada a apresentação de pastos sujos e limpos, típicos da pecuária, bem como agricultura perene. 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.

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)

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 7, valores esses utilizados para os cálculos de IETPT, IETCL e IET.

Os resultados obtidos para fósforo total obtiveram uma média de 1520 µg/L, com variação de 840 a 2260 µg/L, 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 µg/L (Conama, 2005).

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 (R. V. 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, (R. V. 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 µg/L, com variação de 5,76 a 11,9 µg/L, 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 µg/L (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 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).

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

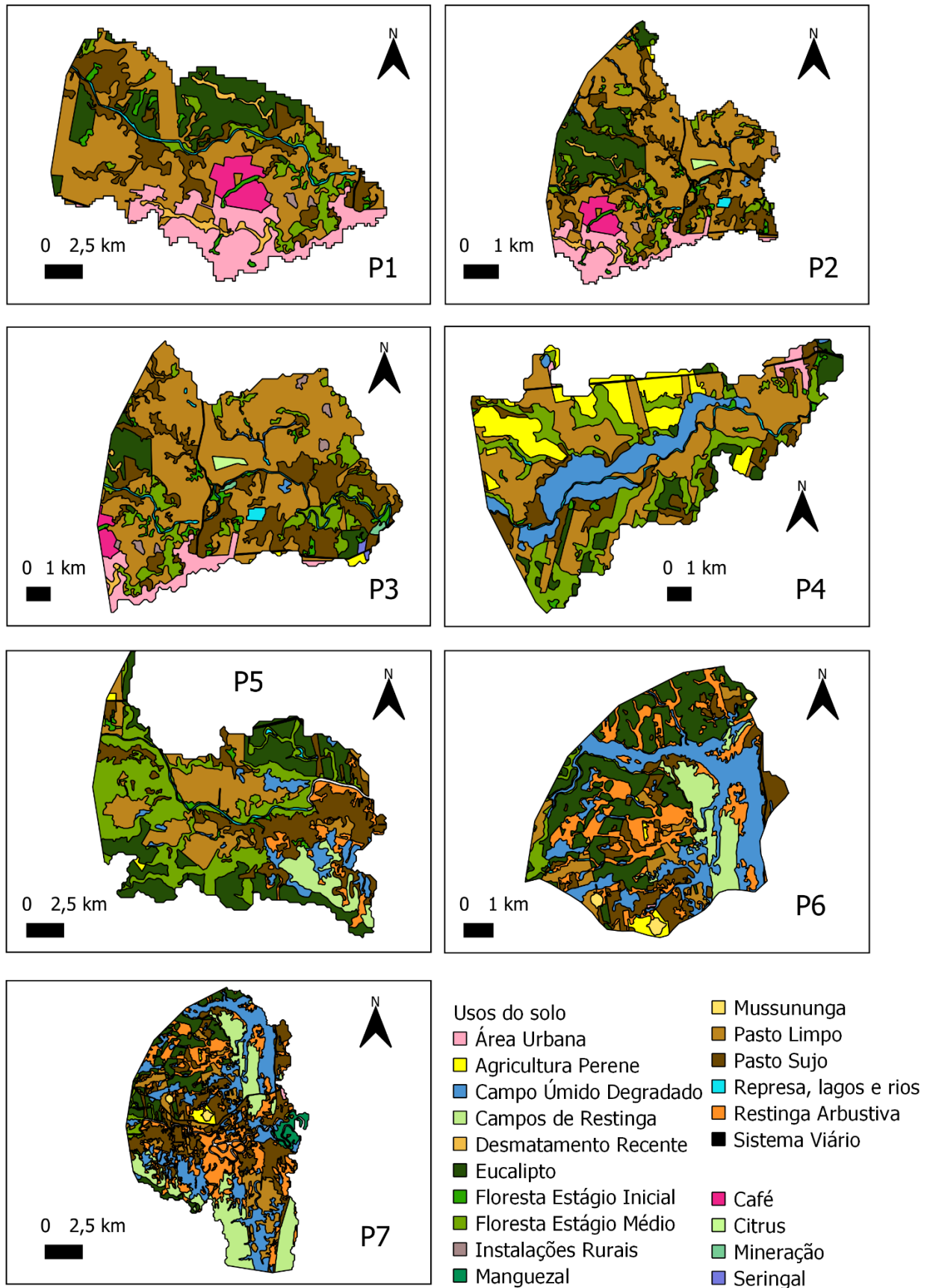


Figura 2. Distribuição dos usos e ocupação do solo da área de influência a 10 km à montante das sub-bacias de cada ponto amostrado para o ano de 2018.

Tabela 7. 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	842	8,723	1235	8,083	968	7,084	1321	6,109	1709
2	8,615	1260	9,229	1507	8,770	1527	7,106	1649	7,603	1285
3	7,829	1931	8,443	1744	7,759	1553	5,758	1306	6,987	1734
4	7,863	2264	8,477	917	8,513	1285	7,207	857	8,181	1467
5	9,984	1971	10,598	1865	10,423	1906	6,329	2087	7,981	1462
6	11,147	1652	11,756	1154	11,883	1366	6,797	1598	6,955	1326
7	8,552	1342	9,166	1865	9,168	1628	8,822	2062	10,404	1568

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 8.

Tabela 8. 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	71	143	107	Hipereutrófico	CP35	75	155	115	Hipereutrófico
CP12	73	146	109	Hipereutrófico	CP36	73	161	117	Hipereutrófico
CP13	75	142	108	Hipereutrófico	CP37	74	149	112	Hipereutrófico
CP14	76	142	109	Hipereutrófico	CP41	73	137	105	Hipereutrófico
CP15	75	153	114	Hipereutrófico	CP42	74	137	106	Hipereutrófico
CP16	74	158	116	Hipereutrófico	CP43	73	128	100	Hipereutrófico
CP17	73	146	109	Hipereutrófico	CP44	71	138	104	Hipereutrófico
CP21	73	147	110	Hipereutrófico	CP45	75	132	104	Hipereutrófico
CP22	74	149	112	Hipereutrófico	CP46	74	135	105	Hipereutrófico
CP23	75	145	110	Hipereutrófico	CP47	75	147	111	Hipereutrófico
CP24	71	145	108	Hipereutrófico	CP51	74	130	102	Hipereutrófico
CP25	75	156	115	Hipereutrófico	CP52	73	140	107	Hipereutrófico
CP26	72	160	116	Hipereutrófico	CP53	75	136	105	Hipereutrófico
CP27	75	149	112	Hipereutrófico	CP54	74	144	109	Hipereutrófico
CP31	72	143	107	Hipereutrófico	CP55	74	143	108	Hipereutrófico
CP32	74	147	110	Hipereutrófico	CP56	73	136	105	Hipereutrófico
CP33	74	141	108	Hipereutrófico	CP57	74	155	114	Hipereutrófico
CP34	73	146	109	Hipereutrófico					

Os valores do IET para o trecho estudado variaram entre 100 e 117, estando classificada quanto ao grau trófico como hipereutrófico, ou seja, corpos d'água contendo elevados teores de matéria orgânica e nutrientes, que pode ocasionar florações de algas e mortandade de peixes, com efeitos nocivos ao seu uso.

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).

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.

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

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.

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.

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 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.

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.

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.

Referências

- 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
- 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.* <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>
- 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. (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. (2013). *Índice do Estado Trófico - IET.* <https://www.cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/04.pdf>
- CETESB. (2015). *Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo.* https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Cetesb_QualidadeAguasSuperficiais2014_ParteI_vers%C3%A3o2015_Web.pdf
- Conama. (2005). Resolução n 357, 18 de março de 2005. *Diário Oficial*, 053, 58–63.
- de Araújo Júnior, J. C. M. (2021). Variação temporal e sazonal do estado trófico do rio Maracáipe, litoral sul do estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, 9(1).
- 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.
- 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>
- 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.
- 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.
- IBGE. (2021). <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/teixeira-de-freitas.html>
- Lamparelli, M. C. (2006). *Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento.* <https://doi.org/10.11606/T.41.2004.TDE-20032006-075813>

- 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.
- 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).
- 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*. <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>
- 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.
- Santos Corrêa, E. L., 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.
- 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).
- 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.
- LEI Nº 12.651, D. 25 D. M. D. 2012. (2023). *BRASIL*. <https://pt.weatherspark.com/>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado ratifica a importância do eficiente monitoramento contínuo dos corpos hídricos, bem como das atividades antrópicas exercidas, sobretudo na área de influência direta do rio Itanhém, com o propósito de realizar o manejo sustentável do solo nas atividades agropecuárias e de silvicultura, bem como nortear a gestão pública para um processo de urbanização sustentável e consequentemente menos agressivo ao meio ambiente.

Para tanto o presente trabalho demonstrou que o Brasil possui uma série de legislações que quando cumpridas direcionam para o alcance do desenvolvimento sustentável dos municípios, seja na área rural ou urbana, como por exemplo a Resolução CONAMA nº 357/2005, a qual dispõe sobre a classificação dos corpos de água e normas ambientais para o seu enquadramento, bem como constitui as condições e padrões de lançamento de efluentes; a Lei das Águas, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, o Novo Código Florestal, dentre outras igualmente importantes.

Assim, ao conhecermos as atividades realizadas em uma determinada área, por meio da classificação do uso e ocupação do solo é possível analisar formas de gestão ambiental, com a efetiva correlação com os aspectos da qualidade da água.

Para tanto as ferramentas matemáticas, a saber, o Índice de Qualidade da Água e o Índice do Estado Trófico demonstraram ser de grande importância, já que para o alcance deste foi necessário obter importantes parâmetros físico-químicos, como pH, temperatura, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, turbidez, sólidos totais dissolvidos, concentração de fosfato total, clorofila-a e de nitrogênio total, além da concentração de coliformes termotolerantes na água.

Dessa forma o estudo comprovou que o trecho estudado do rio Itanhém está em dissonância ao previsto na Resolução CONAMA nº 357/2005, quanto a recursos hídricos de água doce, classe 2, o que é preocupante já que em todos os pontos foi perceptível o uso da água para obtenção de alimentos por meio da pesca de subsistência.

Em relação ao Índice de Qualidade da Água, esse qualificou as águas do trecho estudado com variação entre os pontos de ruim a bom, o que demonstra que ainda que alguns parâmetros tenham destoadado no máximo permitido pela legislação supracitada, ainda assim obtiveram resultados próximos ao satisfatório.

Quanto ao Índice do Estado Trófico, ele variou entre 100 e 117, considerado assim como um meio hipereutrófico, o que externa a necessidade de uma gestão mais adequada,

sobretudo em relação ao teor de nutrientes que são carregados ao corpo hídrico, supersaturando e tornando o meio propício à eutrofização, a qual quando efetiva provoca danos a todo o ecossistema aquático, assim como àqueles que utilizam deste.

Dessa forma, é possível concluir que o trabalho realizado externa a necessidade urgente da efetivação de um monitoramento contínuo do rio Itanhém e suas contribuições, bem como das atividades antrópicas realizadas, tanto em área urbana quanto rural, cuja responsabilidade está sob o crivo do poder público em suas diversas esferas, inclusive na execução de ações de educação ambiental junto à população, para que haja sensibilização quanto a necessidade de boas práticas ambientais, as quais colaborem com a manutenção e preservação dos recursos naturais.

PERSPECTIVAS

O presente autor exerce o cargo de Engenheiro Ambiental da Prefeitura Municipal de Teixeira de Freitas, lotado na Secretaria Municipal de Meio Ambiente, órgão municipal responsável pela adoção de práticas de fiscalização, comando e controle, além de efetivação de ações de sensibilização ambiental.

O intuito da execução do presente trabalho perpassa pelo início de um projeto de monitoramento contínuo dos corpos hídricos do município de Teixeira de Freitas, onde o município tem adquirido equipamentos como a sonda multiparâmetro, com o intuito de dar sequência ao trabalho ora realizado.

Assim, surge a perspectiva de levar junto ao chefe do executivo, bem como a toda a comunidade sobre a necessidade da adoção de boas práticas ambientais, bem como o exercício de ações que venham colaborar com a preservação ambiental e mitigação das externalidades negativas das diversas atividades antrópicas desenvolvidas, servindo assim de exemplo para a boa gestão ambiental dos municípios circunvizinhos.

REFERÊNCIAS DAS CONSIDERAÇÕES FINAIS

BRASIL. LEI No 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 20 abr. 2023.

BRASIL. LEI No 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 20 abr. 2023.

CONAMA. Resolução n 357, 18 de março de 2005. Diário Oficial, n. 053, p. 58–63, 2005.