



**INSTITUTO FEDERAL**  
Bahia

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

Ariany Santos Almeida

**A INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA  
QUALIDADE DE ÁGUA DA BACIA DO MUCUGÊ, MUNICÍPIO DE  
PORTO SEGURO - BAHIA.**

Orientador: Dr. Marcus Luciano Souza de Ferreira Bandeira

Co-orientador: Dr. Allison Gonçalves Silva

PORTO SEGURO - BAHIA  
2024

ARIANY SANTOS ALMEIDA

**A INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA  
QUALIDADE DE ÁGUA DA BACIA DO MUCUGÊ, MUNICÍPIO DE  
PORTO SEGURO - BAHIA.**

Trabalho de Dissertação apresentada à Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) para o Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais para, como parte das exigências para a obtenção do Título de Mestre em Ciências e Tecnologias Ambientais.

Orientador: Dr. Marcus Luciano Souza de Ferreira Bandeira

Co-orientador: Dr. Allison Gonçalves Silva

PORTO SEGURO - BAHIA

2024

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SISTEMA DE BIBLIOTECAS DO IFBA, COM OS  
DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

A447i Almeida, Ariany Santos

A influência do uso e ocupação do solo para qualidade de  
água da bacia do Mucugê, município de Porto Seguro - Bahia /  
Ariany Santos Almeida – Porto Seguro, 2024.

73 f. : il.

Orientador: Dr. Marcus Luciano Souza de Ferreira Bandeira.

Coorientador: Dr. Allison Gonçalves Silva.

Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias  
Ambientais) – Universidade Federal do Sul da Bahia; Instituto  
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, 2024.

1. Uso e ocupação de solo. 2. Bacias hidrográficas. 3. Água.  
4. Qualidade ambiental. I. Título.

CDD 631.4

# A INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO PARA QUALIDADE DE ÁGUA DA BACIA DO MUCUGÊ, MUNICÍPIO DE PORTO SEGURO - BAHIA.

Trabalho de Dissertação apresentada à Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) para o Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais para, como parte das exigências para a obtenção do Título de Mestre em Ciências e Tecnologias Ambientais.

Orientador: Dr. Marcus Luciano Souza de Ferreira Bandeira  
Co-orientador: Dr. Allison Gonçalves Silva

Este trabalho foi submetido a avaliação e julgado aprovado em: 25/março/2024

## BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 **MARIO MARQUES DA SILVA JUNIOR**  
Data: 03/06/2024 12:51:18-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dr.Mário Marques da Silva Junior  
UFSB



---

Dr.Cleber Galvão Novaes  
UESB

Documento assinado digitalmente  
 **SERGIO ANUNCIACAO ROCHA**  
Data: 06/06/2024 16:27:37-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dr.Sérgio Anunciação Rocha  
UFRB

## ORIENTADOR(A)

Documento assinado digitalmente  
 **MARCUS LUCIANO SOUZA DE FERREIRA BANDEI**  
Data: 07/06/2024 10:29:03-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dr.Marcus Luciano Souza de Ferreira Bandeira  
IFBA

PORTO SEGURO - BAHIA  
2024

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer ao universo pelas grandes oportunidades e pelos desafios traçados em prol do meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Agradeço ao meus pais, Neia Figueiredo e Arilson Almeida pelo apoio, pela criação , pela força, conselhos e credibilidades, obrigado por sempre acreditarem em meus sonhos.

Aos meus orientadores Marcus Luciano Bandeira e Allison Gonçalves pelo apoio a pesquisa, ensinamentos e paciência para o caminhar no Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais.

Agradeço, ao professor Mário Marques, pelo apoio e conselhos para pesquisa e ao professor Elfany Lopes, também pelos conselhos e o apoio para formulação e execução do primeiro capítulo deste trabalho.

Agradeço ao meu companheiro, Victor Famelli, pelos conselhos, apoio, incentivos , positivities e acreditar em meus sonhos acadêmicos e profissionais.

Obrigada também à equipe do Laboratório de Análises Ambientais do Extremo Sul da Bahia no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - Campus Porto Seguro , Amanda Schneider e Lázaro Campos pelo auxílio nas Análises.

Ao IFBA e UFSB, obrigada por existirem em nosso território e possibilitar crescimento acadêmico para população do Sul da Bahia.

Ao CAPES, muito obrigada pela concessão da bolsa de Pós-Graduação, onde possibilitou a execução do projeto e o desenvolvimento da pesquisa.

“[...] Esta fonte é para uso de todos os sedentos. Toma a tua parte. Vem a estas páginas e não entaves no seu uso aos que têm sede” - Cora Coralina, 2017.

ALMEIDA, Ariany Santos. **A influência do uso e ocupação do solo para qualidade de água da bacia do mucugê, município de Porto Seguro - Bahia.** Orientador: Marcus Luciano Souza de Ferreira Bandeira, 2024. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal do Sul da Bahia; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Porto Seguro, 2024.

### RESUMO GERAL

Os recursos hídricos fazem parte apenas de 0,01% de água de todo o planeta e são de suma importância para desenvolvimento humano, abastecimento, uso recreativo, servem de habitat para diversos organismos aquáticos e dessedenta diversos animais terrestres. Porém, devido ao crescimento populacional, o uso e a ocupação do solo tem afetado na qualidade e quantidade desses recursos que são de suma importância para vida. Este estudo foi dividido em dois capítulos: o primeiro foi realizada análises das modificações dos tipos de uso e ocupação do solo na bacia do Mucugê, presente no distrito de Arraial D' Ajuda, município de Porto Seguro - Bahia entre os anos de 1985-2021. Com uso do Software Qgis (versão 3.22.7) e dados gerados pelo Projeto *Mapbiomas* foi possível identificar categorias de formação Florestal, outras formações não florestais, campo alagado e área pantanosa, mosaico de usos, pastagem, praia, área urbana e áreas não vegetadas. Entre os anos de 1985 a 2021, a área de territorial da bacia perdeu 46% de formação florestal e em contrapartida a área urbana cresceu cerca de 91,02%, ocupando-se em todas as outras áreas classificadas. No segundo capítulo, foi realizado um estudo diagnóstico na qualidade de água da bacia. Com análises in situ e laboratoriais para determinação de pH, DBO, oxigênio dissolvido (OD), fósforo total, fósforo dissolvido, temperatura, clorofila-a, turbidez e metais (Cr, Cd, Pb, Al e Cu) na água foi possível identificar valores fora dos limites legislado pelo CONAMA 357/05, para DBO (1,82-20,71 UNT), fósforo Total (0,080-7,0 mg/L) e OD (0,56-5,22 mg/L). Alguns metais foram também identificados acima dos limites legislado com faixas de 0,009-0,150 mg.L<sup>-1</sup> para Cu, 0,013-0,591 mg.L<sup>-1</sup> para Al, 0,005-0,6 mg.L<sup>-1</sup> para Cd e 0,002-0,60.mg.L<sup>-1</sup> para Pb. A cafeína foi quantificada em 4 dos cinco pontos amostrais. Com as avaliações dos índices de Carga de Poluição (PLI), Poluição Limiar Integrada (IPIth) e Risco Ecológico Potencial (PERI) foi possível revelar altos de níveis poluição por metais potencialmente tóxicos nos pontos amostrais, indicando risco ecológico para ecossistema da bacia. Com os dados obtidos foi possível identificar a contribuição do uso e ocupação de solo para poluição da bacia Mucugê.

**Palavras-Chave:** uso e ocupação de solo, bacias hidrográfica, água, qualidade ambiental

ALMEIDA, Ariany Santos. **The influence of land use and occupation for water and sediment quality of the mucugê basin, municipality of Porto Seguro - Bahia.** Advisor: Marcus Luciano Souza de Ferreira Bandeira, 2024. Dissertation (Master 's in Environmental Science & Technology) – Universidade Federal do Sul da Bahia; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Porto Seguro, 2024.

### ABSTRACT

Water resources are part of only 0.01% of the water of the entire planet and are of paramount importance for human development, supply, recreational use, serve as habitat for various aquatic organisms and thirst for various land animals. However, due to population growth, the use and occupation of the land has affected the quality and quantity of these resources that are of paramount importance for life. This study was divided into two chapters: the first was an analysis of the modifications of the types of land use and occupation in the Mucugê basin, present in the district of Arraial D'Ajuda, municipality of Porto Seguro - Bahia in the last 36 years (1985-2021). With the use of Qgis Software (version 3.22.7) and data generated by the Mapbiomas Project it was possible to identify categories of Forest Formation, other non-forest formations, flooded field and swampy area, Mosaic of uses, pasture, beach, urban area and non-vegetated areas. Between the years 1985 to 2021, the territorial area of the basin lost 46% of forest formation and in return the urban area grew by about 91.02%, occupying itself in all other classified areas. In the second chapter, a diagnostic study is being carried out on the water quality. With in situ and laboratory analyzes to determine pH, BOD, dissolved oxygen (DO), total phosphorus, dissolved phosphorus, temperature, chlorophyll-a, turbidity and metals (Cr, Cd, Pb, Al, and Cu) in water it was possible to identify values outside the limits legislated by CONAMA 357/05, for BOD (1.82-20.71 UNT), Total Phosphorus (0.080-7.0 mg/L) and DO (0.56-5.22 mg/L). Some metals were also identified above the legislated limits with ranges of 0.009-0.150 mg.L<sup>-1</sup> for Cu, 0.013-0.591 mg.L<sup>-1</sup> for Al, 0.005-0.6 mg.L<sup>-1</sup> for Cd and 0.002- 0.60.mg.L<sup>-1</sup> for Pb. Caffeine was quantified in 4 of the five sampling points. With the assessments of the Pollution Load (PLI), Integrated Threshold Pollution (IPIth) and Potential Ecological Risk (PERI) indices, it was possible to reveal high levels of pollution by potentially toxic metals at the sampling points, indicating an ecological risk for the basin's ecosystem. With the data obtained, it was possible to identify the contribution of land use and occupation to pollution in the Mucugê basin.

**Key words:** land use and occupation, watersheds, water, environmental quality

**LISTA DE TABELAS****CAPÍTULO 1**

Tabela 1 - Dados Quantitativos das Áreas das Classes de Uso e Cobertura do Solo entre o período de 1985-2021 (ha).....	25
--	----

**CAPÍTULO 2**

Tabela 1 - Coordenadas Geográficas dos Pontos Amostrais.....	43
Tabela 2 - Metodologias aplicadas para análises de água superficial da bacia Mucugê.....	44
Tabela 3 - Dados obtidos na Campanha 1 com as médias das triplicatas de pH, turbidez, Clorofila-A, DBO, Fosfato, Fósforo Total, OD e temperatura.....	48
Tabela 4- Dados obtidos na Campanha 2 com as médias das triplicatas de pH, Turbidez, Clorofila-A, DBO, Fosfato, Fósforo Total, OD e temperatura.....	48
Tabela 5 - Dados obtidos na Campanha 3 com as médias das triplicatas de pH, Turbidez, Clorofila-A, DBO, Fosfato, Fósforo Total, OD e temperatura.....	49
Tabela 6 - Linearidade do método analítico e limites de quantificação e detecção.....	51
Tabela 7. Precisão Analítica.....	51
Tabela 8 - Faixa de concentração dos metais em cada ponto amostral na bacia hidrográfica entre as três campanhas.....	52
Tabela 9 - Dados obtidos de CAF nos pontos amostrais em suas respectivas campanhas.....	54

## LISTAS DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1 - Localização do Rio Mucugê no Município de Porto Seguro - BA.....	22
Figura 2. Mapeamento da Cobertura e Uso do Solo da Microbacia do Rio Mucugê entre 1985 a 2021.....	25
Figura 3 - Percentual da Distribuição do Uso e Cobertura do Solo em 1985 e 2021.....	26
Figura 4 - Distribuição do Uso e Cobertura do Solo de 1985 a 2023 em hectares.....	27

### CAPÍTULO 2

Figura 1 - Mapa de Localização do Rio Mucugê no Município de Porto Seguro - BA.....	43
Figura 2 - Distribuição do Uso do Solo no Perímetro da Microbacia Mucugê (2021).....	44
Figura 3 - Pontos Amostrais distribuídos na Bacia Mucugê e categorias de usos e ocupações de solo .....	45
Figura 4 - Fluxograma da Metodologia de Digestão de Amostras de Água.....	47
Figura 5 - Uso e Ocupação do solo da bacia Mucugê (2021).....	57
Figura 6 - Mapa de interpolação com as médias dos dados de pH, OD, temperatura, fósforo dissolvido, fósforo total, clorofila-A, DBO e turbidez entre as três campanhas amostrais.....	58
Figura 7 - Mapa de interpolação com as médias dos dados de cafeína entre as campanhas amostrais.....	59
Figura 8 - Mapa de interpolação com as médias dos dados dos metais entre as campanhas amostrais.....	61
Figura 9 - Níveis de CF na bacia hidrográfica Mucugê.....	62
Figura 10 - Índice de risco ecológico potencial da bacia Mucugê.....	63
Figura 11 - Índice de Poluição Limiar Integrado da Bacia Mucugê.....	64
Figura 12 - Índice de Carga de Poluição.....	65

**LISTAS DE SIGLAS**

**APP** - Área de Preservação Permanente

**ANA** - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

**CF** - Fator de Contaminação

**CONAMA** - Conselho Nacional do Meio Ambiente

**DBO** - Demanda Bioquímica de Oxigênio

**FF**- Formação Florestal

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

**MP-AES** - Espectrofotômetro de emissão atômica com plasma induzido por micro-ondas

**OD** - Oxigênio Dissolvido

**PMPS** - Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Porto Seguro

**HPLC-DAD** - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência acoplado a detector por arranjo de diodos

**LD** - Limite de Detecção

**LQ** - Limite de Quantificação

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. Objetivo Geral.....	14
2.2. Objetivos específicos.....	14
CAPÍTULO I.....	15
Modificações temporais no uso e ocupação do solo na bacia do Mucugê entre os períodos de 1985 a 2021.....	15
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1. A importância da formação florestal para qualidade de recursos hídricos.....	19
2.2. Uso e Ocupação do Solo: Problemas Ambientais gerados em Bacias Hidrográficas.....	21
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
3.1. Área de Estudo.....	22
3.2. Coleta e análise dos dados.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5. CONCLUSÕES.....	28
CAPÍTULO II.....	34
Avaliação da qualidade de água da bacia Mucugê, município de Porto Seguro - BA.....	34
RESUMO.....	34
ABSTRACT.....	35
1. INTRODUÇÃO.....	36
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	38
2.1. A importância dos recursos hídricos.....	38
2.2. As influências do uso e ocupação do solo para contaminações de bacias hidrográficas..	39
2.3. Impactos ambientais e sociais devido a má qualidade em corpos hídricos.....	40
3.4 Análise de Risco Ecológico.....	41
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	43
3.1. Caracterização da área de estudo.....	43
3.2. Coleta de amostras.....	44
3.3. Análises da água.....	46
3.3.1. Análises de metais na água da bacia.....	46
3.3.2. Análises de Cafeína.....	48
3.3.3. Avaliação do Risco Ecológico pelo Software HERisk.....	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4.1. Caracterização da área de estudo.....	49
4.2. Análises de água na bacia mucugê.....	49
4.2.1. Análise de metais na água da bacia.....	52
4.2.2. Análises de Cafeína.....	56
4.2.3. Correlações entre o uso do solo e dados de qualidade.....	57

5. AVALIAÇÃO DO RISCO ECOLÓGICO.....	61
6. CONCLUSÕES.....	64
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
CONCLUSÃO GERAL.....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Em todo o mundo a água doce é utilizada para diversas demandas de atendimento, sendo elas para produção de alimento pela agricultura, abastecimento de indústrias, uso doméstico, transportações em hidrovias e dessedentação de animais. A distribuição da água do planeta é de 97% nos oceanos, sendo de água salgada, 2% está em geleiras polares e apenas 1% está em águas subterrâneas e superficiais que são fontes de água potável. Os rios e lagos oferecem a água potável para o consumo humano e faz parte apenas de 0,01% de água de todo o planeta (GIRARD, 2010; POLETO, 2014). Os recursos hídricos são de suma importância para o desenvolvimento humano, abastecimento, uso recreativo, serve de habitat para diversos organismos aquáticos e dessedenta diversos animais terrestres. Porém, devido ao crescimento populacional, o uso e a ocupação do solo tem afetado na qualidade e quantidade desses recursos que são de suma importância para vida.

O crescimento populacional tem gerado demandas por novas áreas de ocupação, seja para moradias, industrialização ou para agricultura. A ausência do planejamento no uso e ocupação do solo é muitas vezes responsável pelo comprometimento da qualidade dos recursos naturais (NASCIMENTO *et al*, 2017) gerando crescentes alterações das características no solo, da água e sedimentos. O crescimento urbano é um dos principais causadores de contaminação e poluição dos recursos hídricos. As cidades crescem em torno das margens dos rios e para isso é necessário a extração da cobertura vegetal para as construções. Devido a cobertura de solo inadequada, os processos de lixiviação e erosão de solo que aumentam o aporte de sedimentos e insere diversos contaminantes aos sistemas fluviais.

Os lançamentos de efluentes não tratados também têm sido um dos principais problemas em rios urbanos, os sistemas de disposição e eliminação de resíduos são frequentemente insuficientes ou inexistentes em diversas regiões brasileiras. Os contaminantes quando introduzidos em sistemas fluviais, passam por processos que podem se dispersar ou acumular nos sedimentos no fundo, potencializando as alterações das características físicas, químicas e biológicas da água dos corpos hídricos. As modificações oriundas dos desmatamentos e da falta de saneamento básico geram grandes preocupações sobre a qualidade de vida das populações, assim como para a biodiversidade (MOURA; MACHADO, 2019; PEZENTE, 2018).

As avaliações da qualidade dos corpos hídricos, como da água e os usos e ocupações do solo, permite tomadas de decisões para remediações ambientais, já que as más condições

podem ocasionar desequilíbrio ecológico e até mesmo torná-lo impróprio para o consumo humano (ALBERTIN et al., 2021; AMARAL et al., 2020; CAMPONE et.al, 2016; SILVA et al., 2019).

O recurso hídrico a ser avaliado neste estudo é a bacia do Mucugê, ela está localizada no distrito de Arraial D’Ajuda, município de Porto Seguro, no sul da Bahia, inserida dentro do bioma Mata Atlântica e na região de zona costeira. Arraial D’Ajuda é dotada de muitas belezas naturais que é atrativo para turistas e empreendedores. Silva (2018), através de sua pesquisa identificou transformações consideráveis na área vegetação, no período de 2000 a 2014, onde houve modificação intensa e média na área de vegetação, chegando a 13.000.000 m<sup>2</sup> de área modificada. O objetivo deste estudo é a identificação dos usos e ocupações do solo na microbacia entre o período de 1985–2021 e avaliar a qualidade de sua água, mostrando a influência das ocupações irregulares e desordenadas para sua qualidade.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1.Objetivo Geral**

Avaliar as modificações temporais no uso e cobertura vegetal na bacia hidrográfica Mucugê, no distrito de Arraial D’Ajuda - BA, analisar a qualidade de água da bacia e relacionar com os tipos de uso e cobertura vegetal.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Avaliar as modificações do uso e cobertura vegetal entre o período de 1985-2021.
- Quantificar em hectares a mudança das classificações encontradas
- Quantificar a perda de formações florestais e crescimento urbano na bacia.
- Quantificar parâmetros físico-químicos de pH, OD, temperatura e turbidez.
- Quantificar os parâmetros de fósforo total, fósforo dissolvido e clorofila-A.
- Quantificar metais potencialmente tóxicos (Pb, Al, Cu, Cd e Cr)
- Quantificar o teor de cafeína na bacia
- Identificar possíveis pontos contaminação difusa e pontual
- Correlacionar os dados de qualidade de água com os tipos de uso e cobertura do solo da bacia
- Identificar os riscos ecológicos de metais potencialmente tóxicos

## CAPÍTULO I

### **Modificações temporais no uso e ocupação do solo na bacia do Mucugê entre os períodos de 1985 a 2021.**

#### **RESUMO**

As bacias hidrográficas são de suma importância para a vida. Entretanto, com crescimento populacional, urbano, agrícola e industrial algumas bacias hidrográficas estão sendo amplamente modificadas e degradadas devido aos usos e ocupações. Os arredores dos rios e lagos são uma das principais escolhas para ocupação e uso do solo já que esses ambientes oferecem um recurso essencial para a humanidade: a água. O objetivo do estudo foi analisar as modificações dos tipos de uso e ocupação do solo na bacia do Mucugê, presente no distrito de Arraial D'Ajuda, município de Porto Seguro - Bahia nos últimos 36 anos (1985-2021). Os bancos de dados foram construídos a partir dos relatórios anuais de uso e cobertura do solo no Brasil pelo projeto *Mapbiomas*, que são formados a partir do Serviço Geológico dos Estados Unidos por classificação da Imagem LandSat e são disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Brasil (INPE). Os dados foram processados no *Software Qgis* versão 3.22.7. Entre as áreas classificadas da bacia estão: formação Florestal e outras formações não florestais, campo alagado e área pantanosa, mosaico de usos, pastagem, praia, área urbana e áreas não vegetadas. Constatou-se que entre os anos de 1985 a 2021, a área de territorial da bacia perdeu 46% de formação florestal e em contrapartida a área urbana cresceu em por cerca de 91,02%, ocupando-se em todas as outras áreas classificadas. Com dados obtidos é possível observar mudanças significativas entre as distribuições de suas áreas, principalmente de perda florestal e crescimento urbano em Áreas de Preservação Permanente, o que pode comprometer a qualidade e equilíbrio da bacia.

**Palavras chave:** bacias hidrográficas, uso e ocupação do solo, urbanização, sensoriamento remoto.

Temporal changes in land use and occupation in the Mucugê basin between the periods from 1985 to 2021.

### **ABSTRACT**

Watersheds are of paramount importance to life. However, with population, urban, agricultural and industrial growth some watersheds are being widely modified and degraded due to uses and occupations. The surroundings of rivers and lakes are one of the main choices for occupation and land use since these environments offer an essential resource for humanity: water. The objective of this study is to analyze the modifications of the types of land use and occupation in the Mucugê basin, present in the district of Arraial D'Ajuda, municipality of Porto Seguro - Bahia in the last 36 years (1985-2021). The databases were constructed from the annual reports of land use and land cover in Brazil by the Mapbiomas project, which are formed from the United States Geological Survey by classification of the Landsat Image and are made available by the National Institute for Space Research of Brazil (INPE). Data was processed using Qgis software, version 3.22.7. Among the classified areas of the basin are: forest formation and other non-forest formations, flooded field and swampy area, Mosaic of uses, pasture, beach, urban area and non-vegetated areas. Between the years 1985 to 2021, the territorial area of the basin loses 46% of forest formation and in contrast the urban area grew by about 91.02%, occupying itself in all other classified areas. With data obtained it is possible to observe significant changes between the distributions of their areas, especially forest loss and urban growth in Permanent Preservation Areas, which can compromise the quality and balance of the basin.

**Keywords:** watersheds, land use and occupation, urbanization, remote sensing.

## 1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica abrange 15% do território nacional, região com grande concentração populacional, fornece serviços essenciais à vida e desenvolvimento humano, como o abastecimento de água, energia elétrica, regulação do clima, grandemente explorada pela agricultura, pesca e o turismo. Entretanto, o crescimento populacional, agrícola e urbano e os seus usos do solo têm afetado a qualidade dos seus recursos. Diversos usos do solo têm modificado as paisagens naturais em áreas dos biomas brasileiros e principalmente na Mata Atlântica, que atualmente contém apenas 24% de sua floresta original (SOS MATA ATLÂNTICA, 2022).

O Sul da Bahia ao longo de duas décadas (1950-1970), foi se integrando aos circuitos mercantis da economia nacional, onde a exploração predatória e sistemática da Mata Atlântica foi gerada pelo efeito da ação de madeireiros e fazendeiros entre os anos 1940 e o início da década de 1970 (SANTOS;MARTINS, 2021). Desde 1950 no Sul da Bahia são desenvolvidas atividades de turismo, agropecuária e silvicultura (PESSOA;OLIVEIRA, 2019). De acordo AMORIM (2007), depois da metade do século XX, o sul da Bahia é inserido na dinâmica econômica do estado, assim passando por grandes transformações devido ao crescimento demográfico e grandes fluxos migratórios.

As ocupações e a urbanização no Sul da Bahia vem ocorrendo de maneira significativa, passando por processos de transformações ambientais, sociais e econômicas devido a exploração dos recursos naturais e o uso e ocupação do solo (OLIVEIRA *et al*, 2021). Os arredores dos rios e lagos são uma das principais escolhas para ocupação e uso do solo, desde o surgimento das primeiras civilizações, como forma de garantir a sobrevivência devido a presença da água. (MENDES *et al*, 2018).

A água é o recurso natural mais vital para o ser humano e está sendo extremamente reduzido. A água doce de boa qualidade é essencial para o desenvolvimento econômico, para a qualidade de vida das populações humanas e para a sustentabilidade dos ciclos no planeta. Entretanto, com aumento populacional, ocupações nas margens dos rios, a falta de planejamento urbano e fiscalizações têm impulsionando o processo degradativo e impactante da qualidade e quantidade das águas, tais ocupações podem promover assoreamento no leito do rio, o carreamento de particulados com chuva, lançamentos efluentes domésticos e resíduos sólidos. Em vista disso, diversos estudos têm demonstrado uma relação direta entre uso do solo e cobertura vegetal e as variações na

qualidade da água. (CAMPELO *et al*, 2020; CORREIA *et al*, 2019; OKUMURA *et al*, 2020).

As áreas florestais dos corpos hídricos são fundamentais para a sua proteção, auxiliando na estabilidade geológica, na proteção do solo, no fluxo gênico de fauna e flora, na qualidade e quantidade da água. Com crescimento demográfico e carência do planejamento urbano, as faixas marginais dos recursos hídricos têm sido ocupadas intensamente de formas irregulares. Estas ocupações causam modificações do estado natural dos cursos de água, acarretando em diversos impactos negativos.

Porto Seguro é um município do Sul da Bahia categorizado na Costa do Descobrimento, como categoria A no Mapa do Turismo brasileiro (MTUR, 2019). Atualmente apresenta cerca de 158.736 habitantes (IBGE, 2022). Com o crescimento demográfico e a extensão da área urbana sem planejamento, os recursos hídricos que atravessam sua malha urbana vem passando por impactos negativos que podem comprometer a população, a economia e a biodiversidade.

Uma das fontes pilares da economia do município de Porto Seguro é o turismo, suas belezas naturais e cênicas dos monumentos históricos do descobrimento do Brasil contribuem para o turismo do município. De acordo com o PMPS (2022), o município possui atrativos praianos, históricos e culturais, entre os diversos destinos turísticos estão a Orla Norte, Arraial d’Ajuda, Trancoso, Caraíva e Vale Verde. Os vinte e dois rios do município desembocam em suas praias, estas quais são visitadas por moradores e turistas. O crescimento urbano sem planejamento tem afetado a qualidade de seus cursos de águas naturais, o que conseqüentemente pode causar impactos em seus balneários e comprometer a saúde dos visitantes, manguezais e a biota marinha.

De acordo com Ministério do Meio Ambiente (2022): “todas as atividades humanas dependem dos recursos que estão no meio ambiente”; com isso, é de suma importância o planejamento urbano/ambiental para que haja o equilíbrio entre o crescimento urbano e os recursos naturais. Entretanto, a urbanização é um dos maiores responsáveis pelo comprometimento da qualidade das águas naturais. O crescimento urbano desordenado faz com que parte da população não tenha acesso aos direitos básicos, como saneamento, por exemplo, que atualmente é um dos principais motivos para má qualidade de cursos de água natural.

Estudos temporais dos usos e ocupações de solo podem auxiliar na identificação de possíveis problemáticas em torno de recursos naturais e incompatibilidades do uso da terra.

Uma ferramenta para se analisar os usos e ocupações de solo de forma temporal e espacial em uma determinada região é pelo uso do geoprocessamento. Com a montagem de mapas é possível identificar como os impactos gerados pelo uso e ocupação podem variar de acordo com a sua distribuição (CAMPELO *et al*, 2020; SILVA *et al*, 2020).

De acordo com Pinto *et al* (2020), a relação dos recursos naturais e a urbanização apresenta, ao longo do tempo, mostra-se em uma interação frequentemente conflituosa; as ocupações irregulares sobrepõem-se a faixas que deveriam ser preservadas de acordo com a legislação ambiental.

De acordo o Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Porto Seguro - BA (2014) o Rio Mucugê corta a malha urbana do distrito de Arraial D'Ajuda e é um dos rios mais poluídos do município por receber esgoto doméstico diretamente em seu leito, além de apresentar desmatamento das margens, ocupação urbana irregular, poluição, esgoto a céu aberto e depósito de lixo urbano.

O objetivo do estudo é identificar, por meio do sensoriamento remoto, as modificações no uso e cobertura do solo na bacia do Mucugê com montagem de mapas temporais de 1985 a 2021 com escalas anuais de 5 anos. As análises da distribuição do uso do solo contribui para identificação das transformações ao longo dos anos na área da bacia hidrográfica e auxiliar na verificação dos possíveis impactos ambientais que podem afetar a qualidade e quantidade da água do corpo hídrico e a população local.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. A importância da formação florestal para qualidade de recursos hídricos**

De acordo com Rodrigues *et al*, (2021) “A água é fonte primordial à vida humana e, como recurso finito, precisa ser conservada de diferentes formas, requerendo distintas estratégias”. As matas ciliares ou florestas ripárias, matas de galerias e florestas ribeirinhas, são compreendidas como cobertura vegetal nativa, situadas em faixas marginais de bacia hidrográficas, lagos e lagoas, em torno de nascentes e em represas artificiais ou naturais. As faixas de vegetação são formadas por comunidades vegetais que possuem fisionomia, funções e estruturas distintas (CASTRO *et al*, 2017; LIMA, 2021). A Lei Nº 12. 651 de Maio de 2012, que institui o novo código florestal brasileiro, as faixas florestais de corpos d'água são consideradas Área de Preservação Permanente (APP), consistindo na preservação da diversidade e dos corpos hídricos.

As matas ciliares exercem um papel importante na dinâmica da transição dos ecossistemas aquáticos e terrestres, sua destruição pode comprometer seriamente os ecossistemas. Exercendo função de instrumento redutor do assoreamento e da degradação do meio ambiente, a supressão das matas ciliares prejudicam a qualidade da água, do solo e de toda biota envolvida no ecossistema. Atualmente, diante da intensificação das degradações de grandes áreas de vegetação natural, o manejo de conservação do solo e da água constitui em um dos maiores desafios (SILVA et al, 2021; VILELA;SOUSA, 2019).

As florestas nativas garantem maior equilíbrio dos ecossistemas, estão integralmente garantindo função protetora dos recursos naturais, do meio abiótico e biótico, e restabelecendo as condições químicas e físicas do solo (MESQUITA et al, 2016). As matas ciliares funcionam como obstáculo natural para o escoamento da água, evitando que as partículas sólidas sejam arrastadas e depositadas no leito dos rios (CORREIA *et al*, 2019)

As árvores são promotoras de diversos benefícios e a presença da cobertura florestal em bacias hidrográficas promove a regularização de seus regimes. A cobertura florestal proporciona a regulação da quantidade de água dos corpos hídricos e também de sua qualidade, pois executa papel fundamental no controle de erosões, regula o aporte de sedimentos das bacias, controla a lixiviação do solo e facilita a transferência de nutrientes entre os ecossistemas aquáticos e terrestres (LIMA, 2021;MARTELLI;MILANO, 2021).

A intensificação do processo de degradação florestal resulta na extinção de diversas espécies de fauna e flora, mudanças climáticas locais, erosão, eutrofização e assoreamento dos corpos hídricos (FERREIRA et al, 2019). De acordo com Lima (2021), áreas de mata ciliar degradadas resultam na diminuição da produção de serapilheira, redução da qualidade e armazenamento de água e diminuição na capacidade de desacelerar eventos de cheia. A importância de uma vegetação saudável envolve meios bióticos e abióticos das bacias hidrográficas.

As vegetações laterais aos leitos aquáticos, apresentam-se amplamente preocupantes devido aos desmatamentos desenfreados em todo mundo. Tendo em vista de sua importância para a manutenção dos leitos aquáticos que circundam, é fundamental o reconhecimento da funcionalidade das matas ciliares, para que ocorra a recuperação e proteção dessa vegetação nas margens dos rios, evitando o assoreamento e de forma geral a degradação dos ecossistemas (ZAMBRONI *et al*, 2021).

## **2.2. Uso e Ocupação do Solo: Problemas Ambientais gerados em Bacias Hidrográficas.**

As águas dos rios brasileiros estão perdendo qualidade por conta da falta de planejamento no uso do solo. As bacias hidrográficas têm passado por diversas alterações de origem antrópica, como desmatamento de matas ciliares, poluição dos rios e modificações na paisagem. São diversos os processos naturais que podem causar mudanças nos fluxos hidrológicos, entretanto os tipos de uso e ocupação de solo são um dos processos que mais tem afetado as características de diversas bacias. Estudos apontam que os usos e ocupações tem solo tem influenciado na dinâmica fluvial. As perdas florestais, têm culminado na desproteção do solo, favorecendo agentes erosivos, que vem influenciando no aumento do escoamento superficial e aporte de sedimentos em ecossistemas aquáticos (MESES, 2020; PASSOS *et al*, 2021; SILVA *et al*, 2020).

A urbanização desordenada e a agricultura têm modificado intensamente as características dos recursos hídricos, devido a supressão da cobertura vegetal, o escoamento superficial e ausência de coleta e tratamento de águas residuais domésticas. Esses processos têm colaborado para a modificação dos parâmetros de qualidade das águas (OSHIRO, 2020; POSSA, 2022). Para além, o uso e ocupação do solo tem interferido em processos hidrológicos, devido a perdas florestais. A vegetação auxilia na infiltração da água da chuva e na diminuição do impacto das gotas no solo, suas raízes auxiliam na sustentação e movimentação de massa, assim diminuindo processos erosivos e a lixiviação de contaminantes (SANTOS *et al*, 2010; SANTOS, 2019; SANTOS *et al*, 2021).

Os recursos hídricos têm papéis cruciais no desenvolvimento, além de ser fundamental por conter água para abastecimento e dessedentação animal, tem aspectos econômicos e de lazer para a humanidade. Entretanto, a antropização tem gerado prejuízos ao meio ambiente e diante aos cenários das mudanças climáticas e escassez hídrica, é necessário analisar os impactos nestes recursos para promover possíveis mitigações (SOUZA, 2022).

A dinâmica do uso e cobertura do solo em bacias hidrográficas precisa de uma atenção particular e informações técnicas que alertem a necessidade da gestão integrada com os recursos naturais, principalmente, solo e água. É necessário compreender a relação entre o uso e ocupação do solo e o processo de urbanização desordenada nas encostas, considerando que a urbanização das cidades é gradual e dinâmica. O processo de ocupação do Brasil caracterizou-se pela falta de planejamento ambiental e conseqüente extermínio dos recursos naturais (COSTA; SOARES, 2021; GOMES *et al*, 2019).

Os impactos gerados pelo uso e ocupação do solo podem ocorrer em escala local, regional ou global. O crescimento da poluição urbana e a falta de destinação adequada para os resíduos têm gerado uma série de prejuízos para os recursos naturais, principalmente as bacias hidrográficas que têm sido amplamente contaminadas e poluídas (OLIVEIRA, 2021). Uma das preocupações é enfatizar a relevância de uma discussão acerca dos planejamentos para distribuição e uso do solo no Brasil, estabelecendo políticas públicas voltadas à preservação do meio ambiente e das riquezas naturais (SANTOS, 2021).

Atualmente, há três milhões de pessoas sem acesso à água de boa qualidade, sendo necessárias medidas que garantam a qualidade e conservação desse recurso essencial à vida. A escassez hídrica é um desastre e o risco, sendo um produto social. Portanto, é necessária a gestão das bacias hidrográficas. As mudanças de uso e ocupação de solo sem planejamento urbano e ambiental modificam a resiliência dos mananciais, o que conseqüentemente pode afetar a qualidade de vida da população (BENTO, 2021; SOARES, 2021).

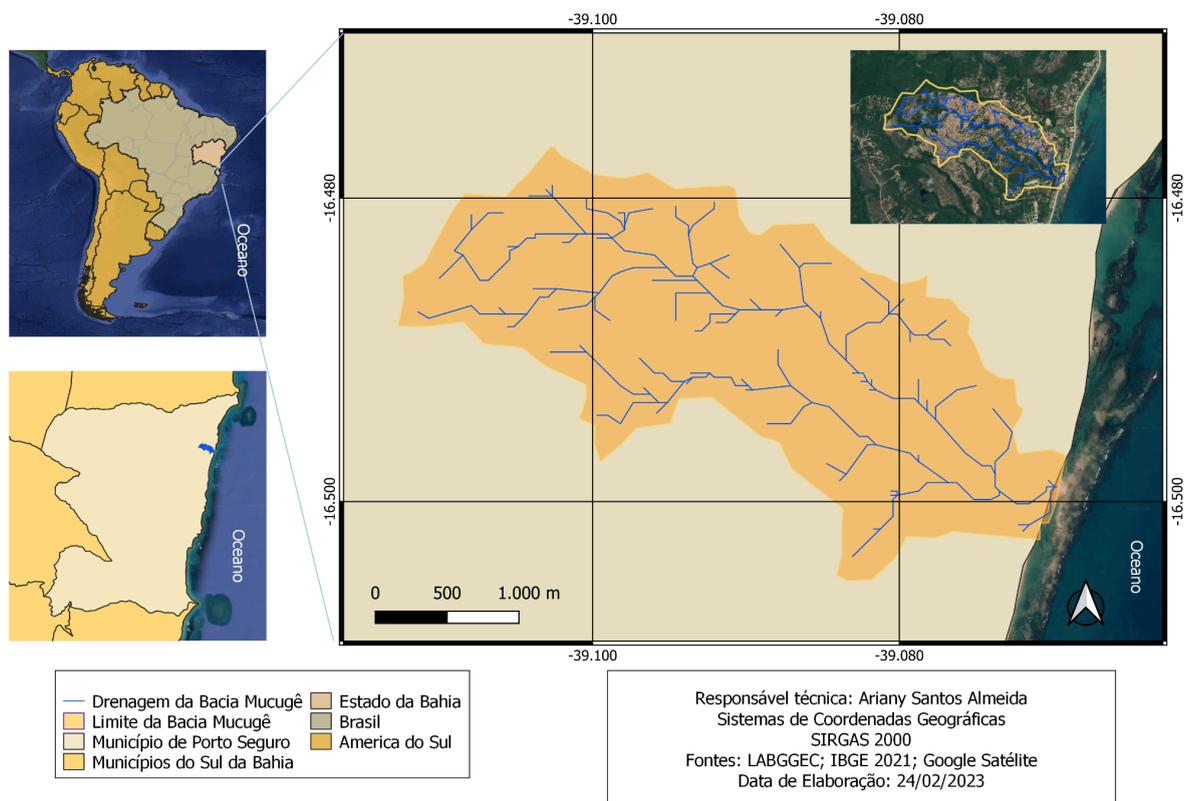
### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. Área de Estudo**

A bacia Mucugê está localizada em Arraial D'Ajuda, distrito de Porto Seguro - Bahia. Arraial D'Ajuda (Figura 1), faz parte da Costa do Descobrimento do Brasil contendo seu valor histórico, além do seu valor histórico de suas belezas cênicas do descobrimento do Brasil, adicionalmente Arraial D'Ajuda apresenta belezas naturais de praias, rios e falésias que são atrativos para milhares de visitantes por todo ano (PEREIRA, 2022).

Nesse distrito o elemento agregador entre a comunidade local e o Brasil foi o antigo campo de aviação, uma das primeiras pistas de pouso do Sul da Bahia, sua construção foi feita na Segunda Guerra Mundial (SILVA et al, 2019). Atualmente, o distrito é um dos centros turísticos do Sul da Bahia, contribuindo para seu crescimento populacional e conseqüentemente nos problemas ambientais pela ausência de planejamento urbano/ambiental.

**Figura 1 - Localização do Rio Mucugê no Município de Porto Seguro - BA**



**Fonte: Autora, 2021**

Em sua região há áreas de formação florestal e outras formações não florestais, campo alagado e área pantanosa, mosaico de Usos, pastagem, praia, área urbana e áreas não vegetadas (Projeto Mapbiomas, 2021). Sua área de drenagem contém aproximadamente 685 hectares (IBIO, 2016). A sua foz está presente na praia do Mucugê, região com grande fluxo de banhistas.

Com o crescimento urbano sem planejamento no distrito, a microbacia vem apresentando impactos ambientais devido às ocupações irregulares em suas margens, desmatamentos, lançamento de esgoto doméstico e resíduos sólidos. A bacia do Mucugê atravessa a malha urbana de Arraial D'Ajuda, está presente nos bairros Villas do Arraial, Alto do Villas, Chico Tripa, Barriga de Rato e Chico Tripa (LAMAS, 2014).

### 3.2. Coleta e análise dos dados

Para a produção do mapeamento temporal do uso da terra na bacia do Mucugê, foi construído um banco de dados a partir dos mapeamentos anuais de uso e cobertura do solo no Brasil do projeto Mapbiomas. Com isso, são disponibilizadas gratuitamente séries históricas

de mapas abrangentes do uso e cobertura do solo do Brasil desde 1985. Para tal, é processado e classificado as imagens de satélite, com base em fundamentos de sensoriamento remoto (Projeto Mapbiomas, 2023; SOUZA *et al*, 2020).

A partir do *Mapbiomas* foram obtidos os dados do uso e cobertura do solo em formato de matriz para os anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2021 para todo o estado da Bahia. Para delimitar os tipos de uso e cobertura do solo dentro dos limites da Bacia do Mucugê, foram utilizados dados obtidos pelo Laboratório de Geoprocessamento e Gestão Costeira (LABGGEC) em formato vetorial para a delimitação territorial da bacia e da sua drenagem.

O processamento dos dados foi realizado pelo *software* livre Qgis, na sua versão 3.22.7, que disponibiliza ferramentas para construção e manipulação de mapas gratuitamente. Com dados matriciais dos usos e cobertura do solo da Bahia entre 1985-2021 e os dados vetoriais da bacia, foi feita a identificação e quantificação das áreas, distribuições entre as classes de cobertura e uso da terra de acordo com a coleção 7 do *MapBiomas* e suas modificações de área no decorrer dos 36 anos.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O estudo buscou obter dados sobre uso e cobertura do solo da bacia do Mucugê com base na série histórica de imagens de satélite e sobre a classificação de áreas disponíveis na plataforma do Projeto Mapbiomas. Entre as áreas classificadas da bacia estão: formação florestal e outras formações não florestais, campo alagado e área pantanosa, mosaico de usos, pastagem, praia, área urbana e áreas não vegetadas. Com os dados obtidos é possível observar mudanças significativas entre as distribuições de suas áreas (Tabela 1), principalmente em na classe de formação florestal no decorrer dos anos, o que pode comprometer a qualidade e disponibilidade da água da bacia.

Analisando os dados da Tabela 1 entre os anos de 1985 a 2021, a área territorial da bacia perde 46% de formação florestal e em contrapartida a área urbana cresceu cerca de 91,02%, ocupando-se em todas as outras áreas classificadas, em especial em áreas de pastagens, mosaicos de uso e em formação florestal. A categoria de mosaico de usos no *MapBiomas* se relaciona a classe agropecuária (pastagem ou agricultura).

Entre os anos de 1995 a 2021 houve aumento exponencial de sua área. A partir de 1995 as áreas florestais começam a ser desmatadas e transformadas em área de pastagem e

logo em seguida ocorre a ocupação urbana. O que é possível hipotetizar que os desmatamentos na região ocorreram devido ao crescimento urbano ao longo dos anos.

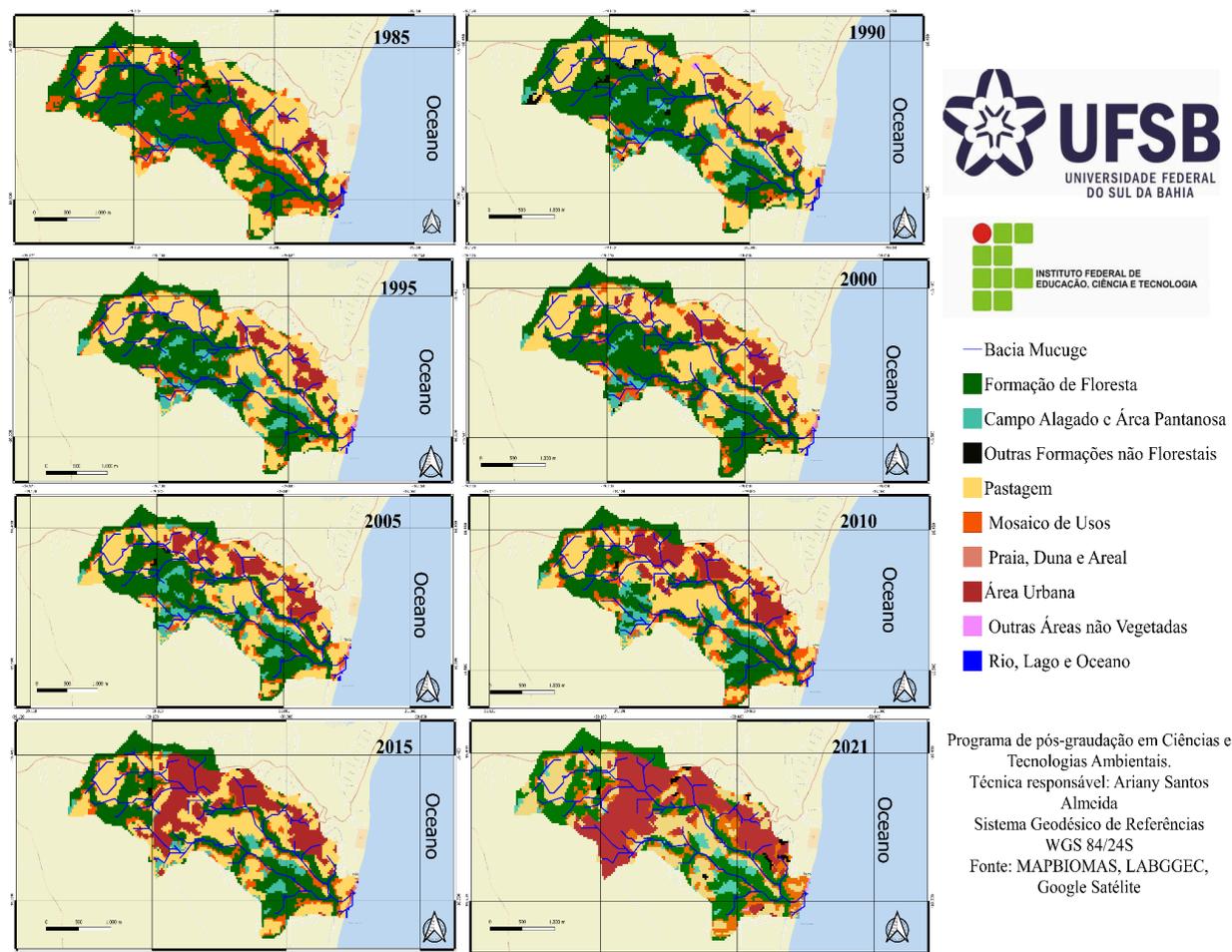
**Tabela 1 - Dados Quantitativos das Áreas das Classes de Uso e Cobertura do Solo entre o período de 1985-2021 em hectares.**

<b>Categorias</b>	<b>1985 (ha)</b>	<b>1990 (ha)</b>	<b>1995 (ha)</b>	<b>2000 (ha)</b>	<b>2005 (ha)</b>	<b>2010 (ha)</b>	<b>2015 (ha)</b>	<b>2021 (ha)</b>
<b>Formação Florestal</b>	352,502	307,181	284,606	281,731	270,062	227,194	212,144	190,3
<b>Campo Alagado e Área Pantanosa</b>	4,989	39,994	37,56	36,358	48,787	41,769	25,873	21,98
<b>Formações não Florestais</b>	2,367	8,624	1,015	1,353	1,776	1,437	0,930	7,102
<b>Pastagem</b>	187,116	253,152	247,910	238,440	220,853	219,415	228,378	153,8
<b>Agricultura perene</b>	102,478	37,880	53,099	59,103	56,904	87,005	54,029	90,04
<b>Praia, Duna, Areal</b>	1,353	1,945	1,776	1,353	1,268	1,945	1,522	0,930
<b>Área Urbana</b>	18,517	9,701	34,920	51,155	69,164	91,571	147,207	204,7
<b>Áreas não vegetadas</b>	0,592	0,761	0,761	0,592	1,184	0,000	0,000	1,015
<b>Rio, lago e Oceano</b>	0,507	1,607	0,423	0,676	0,592	0,423	0,507	0,507

As áreas florestais da bacia foram diminuindo entre 1985 a 2021, concentrando-se em alguns fragmentos da montante e jusante do rio (Figura 2). O processo de urbanização durante 1985 à 2021, começou a jusante da bacia para a montante. A partir de 2005, houve um grande crescimento urbano na montante, onde atualmente está a maior concentração urbana da bacia das regiões.

Na figura 2, é possível identificar perdas florestais em algumas regiões marginais da bacia, assim como em regiões que situam-se algumas nascentes. De acordo com o Art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012 do Código Florestal, essas regiões são consideradas Áreas de Preservação Permanente. A perda de vegetação nativa em Áreas de Preservação Permanente podem acarretar em mortes das nascentes e diminuição da vazão da bacia, aumento do risco de inundações em períodos de chuva extrema, à impermeabilização do solo, aumento de escoamento superficial e no aporte de sedimentos da bacia.

**Figura 2. Mapeamento da Cobertura e Uso do Solo da Microbacia do Rio Mucugê entre 1985 a 2021**

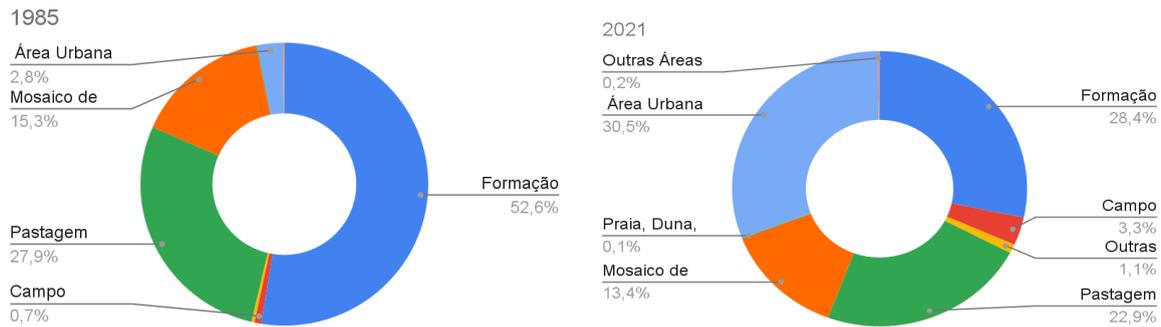


**Fonte: Autora, 2022**

Em 1985, as categorias do uso e cobertura do solo eram divididos em 52,6 % de formação florestal, 2,8% de área urbana, 15,3 % de mosaico de usos, 26,9% de pastagem, 0,7 de campo alagado, 0,1% de áreas não vegetadas, 2,3 de outras formações não florestais. Atualmente, suas categorias estão distribuídas em 28,4% de formação florestal, 30,5% de área urbana, 22,9% de pastagem, 13,4% de mosaico de usos, 1,1% de outras formações não florestais, 0,2% para outras áreas não vegetadas e 0,1 para praia, dunas e areais (Figura 3).

De acordo com LAMAS et al (2014), os bairros em que a bacia do Mucugê atravessa não apresenta saneamento básico, o que vem influenciando na má qualidade da água, já que há uma grande concentração urbana no perímetro da bacia sem redes de tratamento de esgoto. Com perda florestal e ausência de saneamento básico nos domicílios, a bacia está sujeita a diversos processos degradativos.

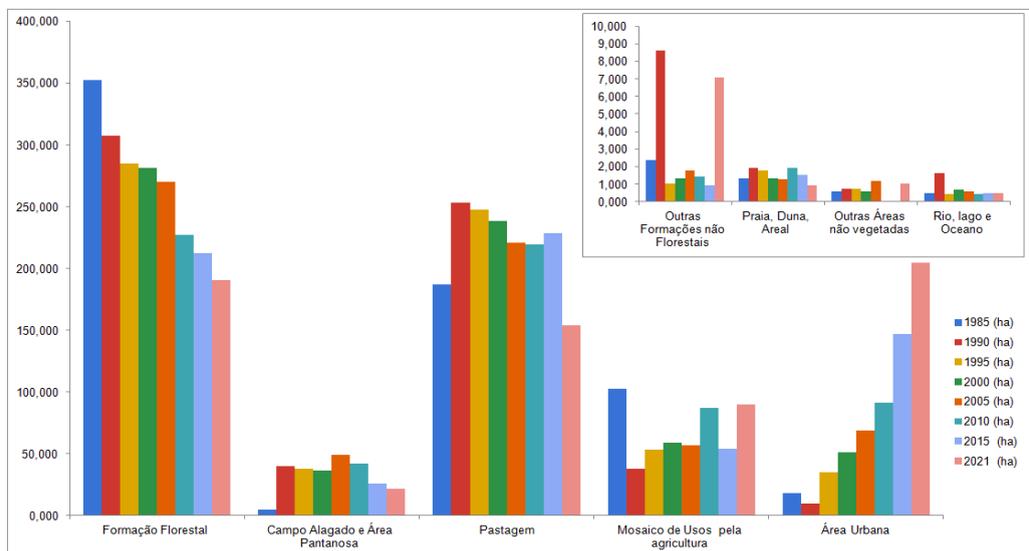
**Figura 3 - Percentual da Distribuição do Uso e Cobertura do Solo em 1985 e 2021**



Fonte: Autora, 2022

Na bacia houve perda florestal de 162,17 hectares e crescimento urbano de 186,27 ha entre períodos analisados (Figura 4). Conforme observado, a bacia hidrográfica do Mucugê apresenta-se com grande crescimento urbano em seu perímetro. De acordo com Teixeira *et al* (2019, p 1.) “Os processos de ocupação nas regiões brasileiras não tiveram uma atenção especial no que diz respeito ao planejamento urbano”. O êxodo rural e as concentrações no litoral e nas metrópoles, causaram na maioria dos centros urbanos formação desordenada.

**Figura 4 - Distribuição do Uso e Cobertura do Solo de 1985 a 2021 em hectares**



O crescimento urbano desenfreado nos limites da bacia, pode influenciar de forma direta nos parâmetros físico-químicos e biológicos da água e sedimentos da bacia, modificando de forma negativa seu ecossistema e seu equilíbrio. A perda florestal pode acarretar em diminuição da vazão do rio e com ausência de saneamento básico, o seu potencial de depuração tende a diminuir, ou seja, sua resiliência. Os efluentes lançados na

bacia podem causar alterações nos seus parâmetros e conseqüentemente deixá-lo inutilizado para abastecimento e lazer da população. Desembocando na praia do Mucugê, as modificações geradas pela urbanização podem também influenciar na qualidade do balneário da praia do Mucugê, já que os efluentes são carreados pela água.

Com a montagem dos mapas, foi possível identificar a carência de planejamento urbano no perímetro da bacia Mucugê, as modificações do uso e como ocupação do solo e a urbanização podem afetar diretamente a qualidade desse recurso natural, assim como a saúde, qualidade de vida da população e seu ecossistema.

## 5. CONCLUSÕES

As análises dos usos e cobertura do solo da bacia do Mucugê com uso do sensoriamento remoto mostraram eficácia para compreensão das mudanças no uso e cobertura vegetal na bacia Mucugê ao longo dos 36 anos analisados. Os dados obtidos pela plataforma do *MapBiomas* e pelo Laboratório de Geoprocessamento e Gestão Costeira (LABGGEC) foram fundamentais para identificação dos tipos de uso e cobertura do solo na bacia. Com uso do *software* Qgis, em sua versão 3.22.7, foi possível executar a análises dos dados, identificar os tipos de uso e cobertura do solo e calcular a área das classes de uso e cobertura presente na bacia.

Com a execução dos mapas foi possível identificar grandes modificações entre as áreas de uso e cobertura do solo no período de 36 anos (1985 a 2021). A identificação das perdas florestais em zonas de preservação da bacia, apontam efeitos severos para sua resiliência, sua vazão, assim como para seu equilíbrio ecossistêmico, qualidade da água e sedimentos da bacia do Mucugê.

Com a análise dos dados foi possível identificar ocupações irregulares em Área de Preservação Permanente. As modificações em APP's podem ocasionar escoamento superficial, lixiviação de contaminantes, processos erosivos, inundações e contaminação devido a precariedade do saneamento básico nas áreas em que o corpo hídrico atravessa.

Mostrando a necessidade do planejamento urbano e ambiental para garantir que Áreas de Preservação Permanente sejam conservadas afim da preservação dos recursos hídricos, com a execução do trabalho foi possível observar a necessidade da gestão de áreas da bacia, onde é de suma importância para preservação da água, saúde, economia e para a qualidade de vida da população local.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, R. R.; OLIVEIRA, R. C. **Degradação ambiental e novas territorialidades no extremo Sul da Bahia.** In: **Programa De Pós-graduação em Geografia. Caminhos de Geografia, Instituto de Geografia, UFU, Uberlândia, v. 8, n. 22, 2007, p. 18 – 37.**

BENTO, J., L. C; GONZALEZ, A. C; CARNIATTO, I. **Perspectiva da atuação de projetos sobre conservação de recursos hídricos em região fronteiriça,** p.2, 2021.

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. **F.Avaliação da Qualidade da Água em Microbacias Hidrográficas do Extremo Sul da Bahia, Brasil,** p.7 - 13, 2020.

BRASIL. Lei nº 12.651, de Institui o novo código florestal brasileiro.

BRASIL. Ministério do Turismo (2019). **Mapa do Turismo Brasileiro 2019. Disponível em: Consultar o Mapa do Turismo Brasileiro — Português (Brasil) (www.gov.br). Acesso em 13 de janeiro de 2023.**

CAMPELO, F. R; SOUZA, R. C. J; DRAY, T. W..**Impactos do uso e ocupação do solo e do curso d'água no lago Macurany,** p. 1-14, 2020. Disponível em: View of Impactos do uso e ocupação do solo e do curso d'água no lago Macurany/Impacts of land use and water course on Lake Macurany (brazilianjournals.com.br). Acesso em 15 de Janeiro de 2023.

CASTRO, J. L. S., *et al.* **"Mata Ciliar: Importância e funcionamento." VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Vol. 8. p. 7-8, 2017.**

CORREIA, I. M. G; SOUZA, B. H; MOURA, D. C; SOUZA, Y. G. **Mata ciliar, conservação e sustentabilidade, fundamentos da importância para o semiárido paraibano: estudo de caso no alto curso do Rio Paraíba. Revista de Geociências do Nordeste.** p.41–60, 2019.. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/17233>. Acesso em: 4 abr. 2023.

CORREIA,I. M. G; SOUZA, B. H.; MOURA,D. C.;SOUZA, Y. G. **Mata ciliar, conservação e sustentabilidade. Fundamentos de sua importância para o Semiárido paraibano: Estudo de caso no alto curso do Rio Paraíba,** p. 13-15, 2019.

COSTA, F. E.; SOARES, D. A. S. **Bacia Hidrográfica Do Rio Caeté (Pará/Brasil): cobertura e usos da terra e principais problemas ambientais**, p. 2-23, 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Costa-3/publication/350327285\\_Bacia\\_Hidrografica\\_do\\_Rio\\_Caete\\_ParaBrasil\\_cobertura\\_e\\_usos\\_da\\_terra\\_e\\_principais\\_problemas\\_ambientais/links/605a3710299bf1736764395a/Bacia-Hidrografica-do-Rio-Caete-Para-Brasil-cobertura-e-usos-da-terra-e-principais-problemas-ambientais.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Costa-3/publication/350327285_Bacia_Hidrografica_do_Rio_Caete_ParaBrasil_cobertura_e_usos_da_terra_e_principais_problemas_ambientais/links/605a3710299bf1736764395a/Bacia-Hidrografica-do-Rio-Caete-Para-Brasil-cobertura-e-usos-da-terra-e-principais-problemas-ambientais.pdf). Acesso em: 10 de fevereiro de 2023.

FERREIRA, N. C F; DUARTE, J. R. M; OLIVEIRA, L. A.. B., SILVA, E. C; CARVALHO, I. A. **O papel das matas ciliares na conservação do solo e água. Biodiversidade** ,p. 1-9, 2019.

GOMES, E. C; LAGO, E. M. S; BARBOSA, L. B. Problemas Ambientais Ocasionalmente Pelos Processos De Urbanização Na Margem Do Rio Gangan No Bairro Do Turu, São Luís-MA, p 1- 4, 2019.

LIMA, S. S. **IMPORTÂNCIA DA PRESERVAÇÃO DAS MATAS CILIARES DO RIO SÃO FRANCISCO NO MUNICÍPIO DE PAULO AFONSO - BA**, p. 10 - 43, 2021. Disponível em: [Importância da preservação das matas ciliares do Rio São Francisco no município de Paulo Afonso – ba.pdf \(ufal.br\)](#). Acesso em 06 de Abril de 2023.

MARTELLI, A; MILANO, C. B. **Plantio de árvores em comemoração ao dia mundial da água e a influência desses vegetais na absorção da água no solo durante as precipitações**, p. 1-9, 2021. Disponível em: [Vista do PLANTIO DE ÁRVORES EM COMEMORAÇÃO AO DIA MUNDIAL DA ÁGUA E A INFLUÊNCIA DESSES VEGETAIS NA ABSORÇÃO DA ÁGUA NO SOLO DURANTE AS PRECIPITAÇÕES \(emnuvens.com.br\)](#). Acesso em 06 de Abril de 2023.

MENESES, B. **Land use and land cover changes in Zêzere watershed (Portugal): hydrodynamics implications**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 21, nº 4, p.741-757, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i4.1601>. Acesso em 10 de abril de 2023.

OKUMURA, A. T. R; SILVA, A. G; SILVA, N. S; LOPES, E. R. N; BIFANO, R. B. A; VIANA, R. V. Q. **Determinação da qualidade da água de um rio tropical sob a perspectiva do uso**, p. 2 - 14, 2020.

OLIVEIRA, A. J. C. **Urbanização e os Problemas Relacionados com o Saneamento Básico e Meio Ambiente nas Cidades**, p. 8 - 10, 2021.

OLIVEIRA, G. P. ; MAIA, J. O; ALBUQUERQUE, A; JUNIOR, A. P. **Influência da urbanização em Área de Preservação Permanente (APP) no bairro Filadelfia – Marabá (Brasil)**, p. 1-16, 2019.

OLIVEIRA, J. L. M; NETO, S. P. G; SILVA, J. B . L. **Avaliação das mudanças no uso e ocupação do solo do Município de Eunápolis-BA através da análise da eficiência dos índices espectrais de NDVI, NDBI e Built-Up**, p.1-16 , 2021.

OSHIRO, T. L. **Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por agrotóxico na Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi**, p. 20 - 67, 2020. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/24887>. Acesso em 10 de Abril de 2023.

PASSOS, F. O., SILVA, B. C., & SILVA, F. G. B. **Avaliação de impactos de mudanças no uso e manejo do solo sobre as vazões da Bacia Hidrográfica do Ribeirão José Pereira, utilizando o modelo SWAT. Revista Brasileira de Geografia Física**, p. 619-633, 2021. disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewfile/244450/38477>. Acesso em 10 de Abril de 2023.

PEREIRA, J. B. M ; MEDEIROS, J. D. F. **Avaliação de ocupações irregulares nas áreas de preservação permanente no Município de Nísia Floresta**, p. 1-23, 2019. Disponível em: [avaliacaocupacoesirregulares\\_Pereira\\_2019.pdf](mailto:avaliacaocupacoesirregulares_Pereira_2019.pdf) (ufrn.br). Acesso em 15 de janeiro de 2023.

PEREIRA, L. H. C. **SORRIA, VOCÊ ESTÁ NA BAHIA: ESTUDO DAS EXPERIÊNCIAS E NARRATIVAS CONSTRUÍDAS A PARTIR DAS IMAGENS PRODUZIDAS PELOS TURISTAS PAULISTAS QUE VISITARAM O ARRAIAL D’AJUDA**, p. 42 - 54, 2022. Disponível em: [pereira\\_lhc\\_me\\_mar.pdf](mailto:pereira_lhc_me_mar.pdf) (unesp.br). Acesso em 18 de Janeiro de 2023.

PESSOA, M; OLIVEIRA, L. **UM RETRATO DAS TENSÕES SOCIOECONÔMICAS PRESENTES NO EXTREMO SUL DA BAHIA: INFERÊNCIAS**, p.1-5, 2019. Disponível em: [Microsoft Word - UM RETRATO DAS TENSÃOES socioeconômicas \(uesb.br\)](mailto:Microsoft Word - UM RETRATO DAS TENSÃOES socioeconômicas (uesb.br)). Acesso em 11 de Janeiro de 2023.

PINHO, R. G; GARCIA, P . H . M; GARCIA, M. S. **Diretrizes para o planejamento ambiental e análise diagnóstica das interações entre recurso hídrico e urbanização, com o uso de geoprocessamento**, p. 1-17, 2020.

POSSA, M. **Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água na bacia hidrográfica do Lajeado São José**, p.5-23, 2022. Disponível em: <https://rd.uffrs.edu.br/handle/prefix/5739>. Acesso em 10 de abril de 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO SEGURO. **Verão 2022: estação mais quente do ano inicia com turismo em alta**. Disponível em: [Prefeitura Municipal de Porto Seguro - Portal Oficial](#). Acesso em 18 de Janeiro de 2023.

PROJETO MAPBIOMAS. (2020). Coleção 5 - **Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/o-projeto>. Acesso em 10 de Março de 2023.

RODRIGUES, M. L.; OKAWA, M. P.C; FONTANA, F. **A importância das matas ciliares para a proteção das nascentes de água: uma proposta educacional para o terceiro ano do Ensino Fundamental**. *Revista Sergipana De Educação Ambiental*, p. 1-21, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.47401/revisea.v8i1.15624>. Acesso em 10 de março de 2023.

SANTOS , P. S; SANTOS, M. E. G.; SANTOS, R. **USO E OCUPAÇÃO DO SOLO: REFLEXÃO SOBRE IMPACTO AMBIENTAL**. *AGRI-ENVIRONMENTAL SCIENCES*, v. 7, n. 1, p. 10, 2021.  
SANTOS, P. S. **Estimativa de escoamento superficial na bacia hidrográfica do rio Una, Taubaté SP. (Dissertação)**. Programa De Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté, p. 25 - 32, 2019.

SANTOS, J. R.; DE OLIVEIRA, R. J.;ALMEIDA, A. C. S; DO MONTE, L. F; OLIVEIRA, R. E ; SILVA, C. O; LIMA, J. V. **Análise ambiental no riacho palmeirinha no Piauí sob a ótica do uso e ocupação do solo nos meios biótico, físico e antrópico**, p. 5- 17, 2010.

SANTOS, M. S. MARTINS, H. T. **Por uma História Ambiental da Formação Social do Extremo Sul da Bahia (1945-1972)**, p. 2-29, 2021. Disponível Em: [Vista de Por uma História Ambiental da Formação Social do Extremo Sul da Bahia \(1945-1972\) \(halacsolcha.org\)](#). Acesso em 11 de janeiro de 2023.

SILVA *et al.* **percepção da importância das matas ciliares do córrego cacau (Confresa – Mato Grosso) pelos moradores de seu entorno**, p. 374 - 395, 2021.

SILVA, C. N; ROCHA, G. M; SILVA, J.M.P; CARVALHO, A. C. **Uso de recursos naturais na Amazônia paraense. Belém**, p. 265-299, 2021.

SILVA, L. S; MOREAU, M. S; DALTRO, U. S. **Uso Do Geoprocessamento Para Mapeamento Do Uso E Ocupação Do Solo Com Ênfase Em Métricas Da Paisagem: Um Estudo De Caso Na Bacia Hidrográfica Do Rio Água Branca.** P 1-12, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.24021/raac.v17i1.5035> . Acesso em 10 de abril de 2023.

SILVA, T. S.; JUNIOR, G. L; DIAS, G; TOSATI, R; PARRACHO, V. **Asas Para Porto Seguro: Histórias e Memórias do Antigo Campo de Aviação do Arraial d'Ajuda,** p. 5, 2019.

SOS MATA ATLÂNTICA. **MATA ATLÂNTICA,** p. 1, 2022. Disponível em: [SOS Mata Atlântica](#). Acesso em: 14 de novembro de 2022.

SOUSA, J. B. **Riacho Trapiá: impactos ambientais a partir do uso e ocupação do solo em São José da Lagoa Tapada-PB.** Campina Grande, Cajazeiras, Paraíba, Brasil, p.7, 2022.

SOUZA, C., SHIMBO, J; ROSA, M., ET AL. **Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine,** p 1- 8, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/806990>. Acesso em 14 de novembro de 2022.

TEIXEIRA, I, C; FILHO, H. D; CARMONA, S. **.ANÁLISE DA OCUPAÇÃO E CRESCIMENTO URBANO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DA FORTALEZA ENTRE 1985 E 2015 UTILIZANDO IMAGENS DOS SATÉLITES LANDSAT 5/TM E LANDSAT 8/.** p. 1-4, 2019.

VIANA, R. M; SOARES, G. S. S; PFEFFER, R. S; NUNES, M. A. **Do risco de escassez hídrica no município de Belo Horizonte - Minas Gerais,** p. 5, 2021

VILELA, V. C. S. O; SOUSA, A. T. **"A IMPORTÂNCIA DA MATA CILIAR NO CONTEXTO DA CONSERVAÇÃO DO CÓRREGO DO CORDEIRO EM MORRINHOS/GO."**, p .1-5, 2019.

ZAMBRONI, B. F. B. C; MELLO, M. M; DECARO, S. M; MESTRINER, M. M. N. ***Estrutura e relevância ambiental das matas ciliares e de galeria, recursos para análise e caracterização de fragmentos preservados*** (Doctoral dissertation, Centro Universitário Barão de Mauá), p. 7- 13, 2021.

## CAPÍTULO II

### Avaliação da qualidade de água da bacia Mucugê, município de Porto Seguro - BA.

#### RESUMO

Este trabalho avaliou a qualidade de água da bacia do Mucugê, presente no distrito de Arraial D'Ajuda, município de Porto Seguro - Bahia. Para obtenção de dados, foi realizada uma campanha amostral em cinco pontos no curso d'água, onde foram coletadas amostras de água. Com o uso de uma sonda multiparâmetro modelo HANNA-HI 9828 foi feita a análise de oxigênio dissolvido e temperatura in situ na água. No laboratório, foram feitas análises de metais (Cr, Cd, Cu, Pb e Al) por espectrometria de emissão óptica com plasma induzido por micro-ondas (MP-AES, agilent, Santa Clara, Califórnia, USA), cafeína por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE-DAD), DBO, pH, fósforo total, fósforo dissolvido. Com os dados obtidos das análises de água foi possível identificar valores fora dos limites legislados pelo CONAMA 357/05, para DBO, fósforo Total e OD. Alguns metais potencialmente tóxicos foram também identificados acima dos limites legislado com faixas de 0,009-0,105 mg.L<sup>-1</sup> para Cu, 0,013-0,591 mg.L<sup>-1</sup> para Al, 0,001-0,123 mg.L<sup>-1</sup> para Cd, 0,002-0,0915 mg.L<sup>-1</sup> para Pb. A cafeína foi quantificada em 4 dos cinco pontos amostrais com faixa de 0,06-0,99 ug.L<sup>-1</sup>. Com Dados obtidos foi possível identificar a influência urbana para presença de contaminantes na água bacia. Os Índices de fator de contaminação (CF), carga de poluição (PLI), Poluição limiar integrada (IPIth) e risco ecológico potencial (PERI) foram calculados a partir dos dados dos metais analisados e foi possível de revelar extremos de contaminação (valores de CF > 6) no ponto 2, 4 e 5, alto valor de PERI no ponto 4 (> 400), o IPIth comprovou que os pontos 1, 2, 3 e 5 apresentou está muito poluído e o ponto 4, apresentou está extremamente poluído. No índice de PLI, todos os pontos amostrais estavam > 1, o que indica a presença de poluição em toda a área estudada. Isso é um sinal alarmante e sugere que a qualidade ambiental do rio está comprometida.

**Palavras-chave:** recursos hídricos, urbanização, avaliação ambiental, água

Evaluation of the water quality of the Mucugê River watershed, municipality of Porto Seguro - Ba.

### ABSTRACT

This work evaluated the water quality of the Mucugê basin, present in the district of Arraial D'Ajuda, municipality of Porto Seguro - Bahia. To obtain data, a sampling campaign was carried out at five points in the watercourse, where water samples were collected. Using a multiparameter probe model HANNA-HI 9828, the analysis of dissolved oxygen and in situ temperature in the water was carried out. In the laboratory, analyzes of metals (Cr, Cd, Cu, Pb e Al) were carried out using microwave-induced plasma optical emission spectrometry (MP-AES, agilent, Santa Clara, California, USA), caffeine were carried out with high performance liquid chromatography (HPLC-DAD), BOD, pH, total phosphorus, dissolved phosphorus. With the data obtained from water analyzes it was possible to identify values outside the limits legislated by CONAMA 357/05, for BOD, Total phosphorus and DO. Some potentially toxic metals were also identified above the legislated limits with ranges of 0.009-0.105 mg.L<sup>-1</sup> for Cu, 0.013-0.591 mg.L<sup>-1</sup> for Al, 0.001-0.123 mg.L<sup>-1</sup> for Cd, 0.002-0.0915 mg.L<sup>-1</sup> for Pb. Caffeine was quantified in 4 of the five sampling points with a range of 0.06-0.99 ug.L<sup>-1</sup>. With the data obtained, it was possible to identify the urban influence on the presence of contaminants in the water basin. The Contamination Factor (CF), Pollution Load (PLI), Integrated Threshold Pollution (IPIth) and Potential Ecological Risk (PERI) indices were calculated from the data of the metals analyzed and it was possible to reveal extremes of contamination (values of CF > 6) at points 2, 4 and 5, high PERI value at point 4 (> 400), the IPIth confirmed that points 1, 2, 3 and 5 were very polluted and point 4 was extremely polluted. In the PLI index, all sampling points were > 1, which indicates the presence of pollution throughout the studied area. This is an alarming sign and suggests that the environmental quality of the river is compromised.

**Keywords:** water resources, urbanization, environmental assessment, water

## 1. INTRODUÇÃO

Os rios são de suma importância para a humanidade. Fornece um componente essencial para a vida e o desenvolvimento: a água. A água doce é utilizada para diversos fins, na agricultura, nas indústrias, nos abastecimentos domésticos, na pecuária, serve também como transporte pelas hidrovias e faz parte apenas de 0,01% da água disponível para consumo em todo o planeta (POLETO, 2014). A água se movimenta no planeta através do ciclo hidrológico – evaporação, transpiração, condensação, precipitação, infiltração, percolação e drenagem – sendo purificada e reciclada e o seu movimento na hidrosfera diferencia-se de acordo com suas características climáticas, geográficas e com intervenção humana.

O crescimento e desenvolvimento urbano vem causando alterações nos compartimentos abióticos e bióticos dos recursos hídricos. Os desmatamentos de zonas de preservação permanente, lixiviação de solo e os lançamentos de efluentes não tratados são um dos principais problemas na atualidade para qualidade e equilíbrio dos ecossistemas aquáticos.

Desde os tempos antigos, as comunidades crescem em torno das fontes de água, por ser um recurso muito utilizado por nós seres humanos. Atualmente, os rios de zonas urbanas recebem descargas de resíduos e poluentes em quantidades que até mesmo a autodepuração não é suficiente, podendo comprometer a saúde humana e a todos os organismos presentes no corpo d'água. De acordo com Fernando Spilk (2015) “Os níveis de coleta e tratamento de esgoto no Brasil são alarmantes, sendo essa uma fonte importante da contaminação de nossas águas”.

O lançamento de efluentes domésticos, desmatamento e lixo urbano são um dos principais motivos da contaminação dos rios que atravessam malhas urbanas, essas contaminações geram alterações em suas características físicas, químicas e biológicas. Por isso, é de suma importância o monitoramento e diagnóstico de bacias hidrográficas, desenvolvendo medidas para a avaliação das condições do ambiente e proporcionando subsídios para medidas de prevenção (CETESB, 2011).

De acordo com Neto *et al*, (2018) o monitoramento de parâmetros para qualidade de água possibilitam a identificação de suas fontes poluidoras, sendo elas pontuais ou difusas. No caso deste trabalho serão analisados os aspectos físicos e químicos da água de uma bacia hidrográfica urbana que recebe um grande aporte de efluentes doméstico sem tratamento e há

presença de áreas de agricultura, pequenas áreas de florestas em Estágio Inicial e Médio, restinga e pastos limpo e sujo (GEOPIXEL, 2019).

As alterações em seus parâmetros de qualidade podem gerar uma série de problemas ao ecossistema e à sociedade. Alguns contaminantes quando introduzidos ao meio aquático podem desencadear a indisponibilidade hídrica e toxicidade. Os metais e os contaminantes emergentes estão sendo muito utilizados para avaliar a qualidade de água e estudados para relacionar sua presença com influências de efluentes de esgoto doméstico em corpos d'água (IDE *et al*, 2013).

A cafeína, por exemplo, é um indicador em potencial de contaminação originada por esgotos domésticos. Ela é o principal ingrediente estimulante utilizado no café, sendo também encontrada em chás, bebidas energéticas e fármacos. Com seu consumo esse componente é excretado pela urina e vai para o esgoto, assim como o descarte dos resíduos do pó de café nas pias, sendo estas umas das rotas de entradas deste contaminante no ambiente aquático). O seu grande consumo pela população é um grande fator para sua detecção em águas superficiais (BEGA *et al*, 2021G; ULCZYNSKI *et al*, 2019).

Além da cafeína, os metais têm sido amplamente estudados nos ecossistemas aquáticos devido a sua alta capacidade de toxicidade, bioacumulação e biomagnificação. Muitos metais são essenciais para o desenvolvimento da vida, porém, em altas concentrações pode causar toxicidade. A toxicidade dos metais podem causar danos ao cérebro, rins, fígado e aos ossos, podem ser cancerígenos e causar bioacumulação nos tecidos da biota aquática, transferência na cadeia trófica e toxicidade para os organismos vivos (CAMPONE *et al.*, 2016; GIGARD, 2010).

Os elementos tóxicos quando introduzidos em sistemas fluviais, passam por processos que podem se dispersar ou acumular nos sedimentos no fundo, potencializando as alterações físicas, químicas e biológicas das características da água. As análises dos é uma das formas de avaliar qualidade dos recursos hídricos e obter informações das atividades antrópicas sobre os recursos naturais (CAMPONE *et al*, 2016; MOURA; MACHADO, 2019; SILVA *et al.*, 2019).

A bacia hidrográfica Mucugê está localizada em Porto Seguro, município do Sul da Bahia. O rio está na região do bioma Mata Atlântica e zona costeira. De acordo Lima (2019, p.2), Arraial D'Ajuda é dotada de grandes belezas naturais: praias, manguezais, falésias, rios e fauna, sendo um grande atrativo para turistas e empreendedores e vem apresentando características de média e intensa alteração urbana, o que tem afetado na disponibilidade hídrica do Mucugê.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. A importância dos recursos hídricos

A água doce faz parte das necessidades fisiológicas básicas dos seres vivos, auxiliando no bom funcionamento dos rins, diminuição do peso e evitando a desidratação em nós, seres humanos. A água é essencial para o funcionamento e equilíbrio de todo o metabolismo corporal dos seres vivos, além de ser utilizada em atividades de lazer, na agricultura, na distribuição domiciliar para população, produção industrial e diversos outros usos. De acordo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2023), é estimado que 97,5% da água do mundo é salgada, não sendo adequada para consumo direto e dos 2,5% relacionado a água doce, a maior parte (69%) é de difícil acesso, pois está concentrada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas e 1% estão nos rios, o que faz importância uso adequado deste recurso natural (AMARAL, 2019; ANA, 2023; RONDON *et al*, 2020).

A água doce é um recurso indispensável para a saúde, fauna, flora, produção de alimentos, preservação das gerações futuras, assim como para crescimento econômico, é a base que sustenta todo o sistema de vida da Terra. Os recursos hídricos têm papel de suma importância para condução da evolução urbana, sendo ecossistemas ecológicos cultural e economicamente importantes, oferecendo diversos serviços valiosos à humanidade. (CADORE, 2021; MOTA 2020).

Os recursos hídricos é um elemento complexo e fascinante que nos lembra constantemente a nossa dependência dela, sem água doce de qualidade não podemos viver, a água é fonte de vida, bem-estar e prazer. Atualmente, tem sido a centralidade em debates políticos e acadêmicos, a respeito da sustentabilidade e estratégias de abastecimento humano e políticas para o saneamento básico, assim como aos usos nos processos produtivos. (CAMARGO, 2019; SILVA; SILVEIRA, 2019 ).

As ações de vigilância de qualidade da água no Brasil são pautadas a partir da década de 1980 e têm sido fundamentais para garantir o direito ao acesso à água, partindo da relevância da água em diversas repercussões jurídica, humana e ecológica. Os recursos hídricos, fazem parte da base do serviço ecossistêmico de provisão, além de servir como habitat para diversos tipos de organismos. Além do abastecimento, também é utilizado para pesca e mariscagem, garantindo alimentação de populações ribeirinhas e geração de renda (FORTES *et al*, 2020; SILVA, 2020; YOUNG; SPANHOLI, 2020).

## **2.2. As influências do uso e ocupação do solo para contaminações de bacias hidrográficas.**

As atividades antrópicas têm exercido uma constante pressão sobre os recursos hídricos, e a inserção de contaminantes nas águas é um dos principais problemas relacionados ao uso do solo. Os cursos hídricos, historicamente, sofrem medidas estruturantes para satisfazer necessidades humanas devido ao crescimento da população. A ocupação extensiva e muitas vezes irregular resulta em séries de problemas ambientais e processos degradativos que influenciam diretamente na qualidade dos recursos hídricos (ANDRADE *et al*, 2020; RODRIGUES *et al*, 2019; RUGGIERO, 2022).

Os resultados obtidos no estudo de VIEIRA *et al* (2022), por exemplo, mostrou que a água de riachos da bacia hidrográfica do rio Itajaí-Mirim, presente no estado de Santa Catarina, áreas rurais e urbanas demonstraram contaminação química e pressões físicas devido o uso inadequado do solo, despejo de efluentes urbanos e industriais sem tratamento no curso do hídrico.

Áreas contaminadas dependendo de suas condições podem causar prejuízos à saúde humana e ao meio ambiente. O esgoto doméstico, agricultura e pastagem são um dos grandes disseminadores de contaminantes nos recursos hídricos, principalmente por elementos metálicos, devido ao seus efluentes e lixiviação de agroquímicos. Os metais são conhecidos pelo caráter de potencial tóxico e bioacumulativos em alguns organismos. (BONFIM *et al*, 2021; FERREIRA, 2021; NETO *et al*, 2020).

A cafeína tem sido amplamente estudada como indicador de contaminação de águas superficiais por esgotos domésticos. A sua presença em corpos hídricos pode ser influenciada por diferentes fatores relacionados ao uso e ocupação de solo em bacias hidrográficas, destacando-se as áreas urbanas densamente povoadas, com alto consumo de cafeína (presente em bebidas como café, chá e refrigerante). Podem contribuir para elevadas concentrações de cafeína nos esgotos domésticos, que, por sua vez, são lançados nos corpos d'água sem tratamento adequado (BEGAL, 2021; IDE, 2013).

À medida que áreas urbanas se expandem, atividades agrícolas se intensificam e indústrias se desenvolvem, a contaminação de corpos d'água torna-se uma preocupação crescente. Diversos fatores influenciam essa contaminação, dentre eles: a urbanização e impermeabilização, desmatamento, agricultura intensiva, lançamento de efluentes, mineração, o uso de agrotóxicos, fertilizantes e descarte inadequado dos resíduos sólidos (ATTAR *et al*, 2020; BELMEZITI, 2016; SAHA, 2018).

### **2.3. Impactos ambientais e sociais devido a má qualidade em corpos hídricos**

As transformações nos ecossistemas de todo o planeta implicaram no surgimento da crise ambiental e hídrica, sendo apontadas por vários autores como problemas da modernidade, onde é necessária grande atenção devido ao esgotamento dos recursos naturais . O aumento da demanda de água doce e as degradações antrópicas nos recursos hídricos estão intrinsicamente associadas à diminuição da qualidade e disponibilidade da água no mundo, o que pode promover conflitos pelo uso da água (JESUS, 2019;POLETO, 2014).

O aumento populacional tem demandado cada vez mais a oferta de água e, diante disto, os recursos hídricos têm se encontrado cada vez mais fragilizados. Embora exista o consenso sobre a importância da água como um bem fundamental, ao longo das décadas houve uma constante degradação, impactando diretamente na sua disponibilidade (SIMONETTI et al, 2019).

A má qualidade dos corpos hídricos, resultado de contaminações, desmatamentos e poluição, traz impactos significativos tanto no ambiente natural, quanto na sociedade. Pode promover o declínio da biodiversidade, afetar a vida de plantas e animais aquáticos. Diversos estudos demonstram a mortalidade de organismos aquáticos devido a presença de metais potencialmente tóxicos, pesticidas e diversos outros produtos químicos tóxicos; eutrofização, devido a entrada excessiva de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, provenientes de atividade agrícolas e esgotos domésticos. Para além disso, a contaminação da água pode resultar em doenças transmitidas pela água, como cólera, disenteria, hepatite A e outras infecções gastrointestinais, afetando a saúde das comunidades que dependem desses recursos hídricos, tornando inadequado o consumo humano e prejudicando o abastecimento de água potável para uso doméstico, agrícola e industrial. Além de prejudicar atividades econômicas, como pesca, agricultura e turismo, que dependem de recursos hídricos saudáveis (ASADZADEH *et al*, 2020; JRIBI *et al*, 2020; SELVAM *et al*,2021; SHARMA *et al*, 2019;VÖRÖSMARTY *et al*, 2010).

### **3.4 Análise de Risco Ecológico**

O lançamento de substâncias poluentes, como metais potencialmente tóxicos, em corpos d'água pode ser um perigo para o ecossistema aquático. Múltiplas atividades humanas podem ser responsáveis por esse lançamento, especialmente em regiões urbanizadas. O risco

ecológico é empregado para avaliar o potencial impacto das ações humanas sobre o meio ambiente .A Avaliação de Risco Ecológico é um procedimento de análise que deve ser realizado quando um recurso ambiental é afetado por um agente físico, químico ou biológico, estabelecendo critérios claros permitindo avaliar o risco para um ecossistema. Pode ser feita de forma prospectiva ou retrospectiva e é dividida em três etapas: formulação do problema, análise e caracterização do risco. Durante o processo, as incertezas são identificadas e o estudo é concluído quando se obtém informações suficientes e confiáveis para embasar a tomada de decisão (CETESB, 2020; SANTOS et al, 2020; SILVA, 2022).

A avaliação de riscos é fundamental para ajudar na gestão e redução dos impactos de áreas contaminadas, principalmente aquelas relacionadas a atividades que causam danos significativos ao meio ambiente. Para avaliar e mitigar esses riscos, são realizados estudos específicos que envolvem a análise dos níveis de metais potencialmente tóxicos na água, nos sedimentos e nos organismos aquáticos. Além disso, são adotadas medidas de controle, como o tratamento de efluentes, o monitoramento constante da qualidade da água e a implementação de práticas sustentáveis nas atividades próximas às fontes de água mineral (NERIS *et al*, 2021)

É essencial compreender o risco ecológico em águas minerais para garantir a preservação dos ecossistemas aquáticos e a segurança das comunidades que dependem desses recursos para seu abastecimento. Ações preventivas e de gestão adequada são fundamentais para assegurar que as águas minerais continuem a ser uma fonte saudável e sustentável de vida e bem-estar para todos.

Os índices que medem a poluição são divididos em dois tipos: individuais e coletivos. Os índices individuais são usados para avaliar a presença de substâncias químicas tóxicas, considerando suas concentrações nas amostras analisadas e os valores de referência. Um desses índices é o Fator de Contaminação (CF), que ajuda a entender as influências humanas nas concentrações de substâncias químicas no ambiente. A contaminação pode ser classificada em uma escala de 1 a 6, conforme estabelecido por Muller (1969) . Valores de CF menores que 1 indicam baixa contaminação, enquanto valores entre 3 e 6 representam contaminação moderada, e valores iguais ou maiores que 6 estão relacionados com contaminação extrema.

Os índices coletivos são derivados dos índices individuais e servem para avaliar o nível de contaminação causado pela presença simultânea de diversas substâncias químicas. O

Índice de Carga de Poluição (PLI) é calculado a partir do Fator de Carga (CF) para os elementos considerados, e é usado para avaliar os riscos de contaminação e a carga poluente em uma área específica. Ele indica os níveis de contaminação e os riscos ambientais associados, sendo considerado não poluído se for menor que 1, moderadamente poluído se igual a 1, e poluído se maior que 1 (SHEN et al, 2019).

O Índice de Poluição de Limiar Integrado (IPITh) mede o nível de poluição em uma matriz específica, seguindo os limites definidos pela legislação nacional como referência. Ele é classificado em uma escala de 1 a 5, onde valores  $\leq 1$  indicam baixo a moderado poluído, 1-2 é moderadamente poluído, 2-5 é muito poluído, e  $>5$  é extremamente poluído (QINGJIE et al. 2008).

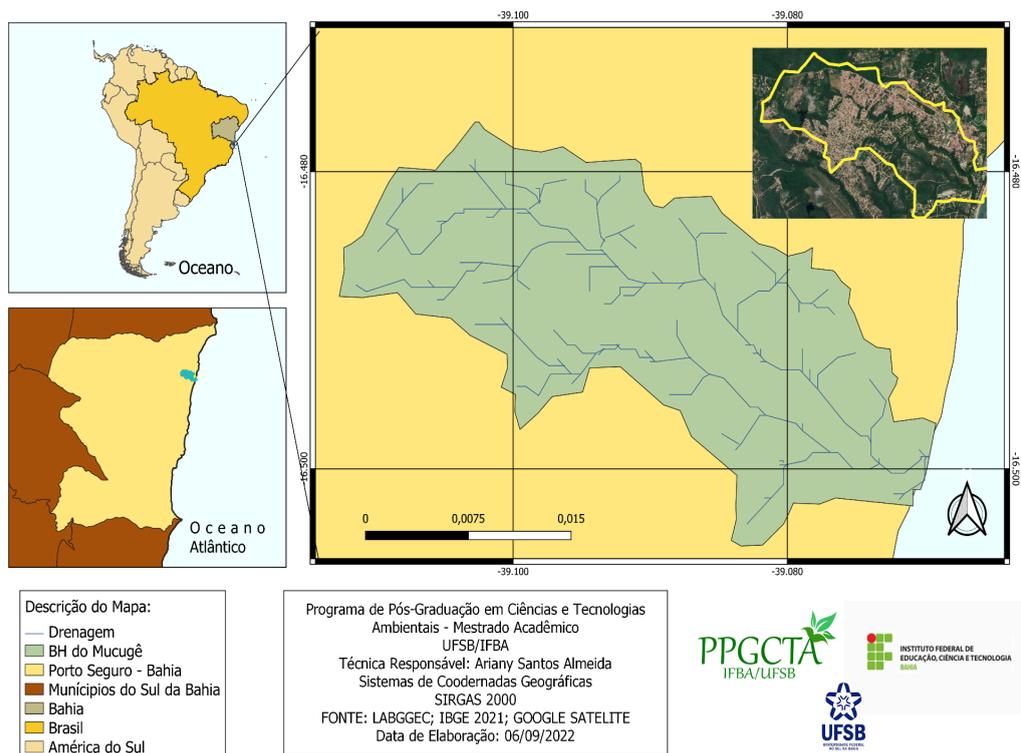
Por fim, o Índice de Risco Ecológico Potencial (PERI) oferece informações sobre a vulnerabilidade ecológica da área estudada, permitindo avaliar o risco ecológico com base nos fatores de resposta tóxica de cada substância química. Ele é categorizado em uma escala de 0 a 600, sendo considerado de baixo risco se menor que 150, moderado risco se entre 150 e 300, alto risco se entre 300 e 600, e extremo risco se igual ou maior que 600. Assim, estes índices fornecem uma abordagem completa para avaliar e classificar os impactos ambientais em uma área específica (EMENIKE et al. 2020).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. Caracterização da área de estudo**

Porto Seguro é um município litoral do sul da Bahia e tem área de 2.285,734 km<sup>2</sup>, em seu território há presença de 22 rios (IBGE, 2021; LAMA, 2014), o rio Mucugê faz parte de um deles e está presente no distrito de Arraial D'Ajuda (Figura 1). De acordo com o Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Porto Seguro – Bahia (2014): “O município de Porto Seguro está totalmente inserido no bioma Mata Atlântica e seu processo de ocupação e o desenvolvimento econômico resultaram num quadro de extensa degradação que pode comprometer a saúde ambiental da região e o bem-estar da população”.

**Figura 1 - Mapa de Localização do Rio Mucugê no Município de Porto Seguro - BA.**

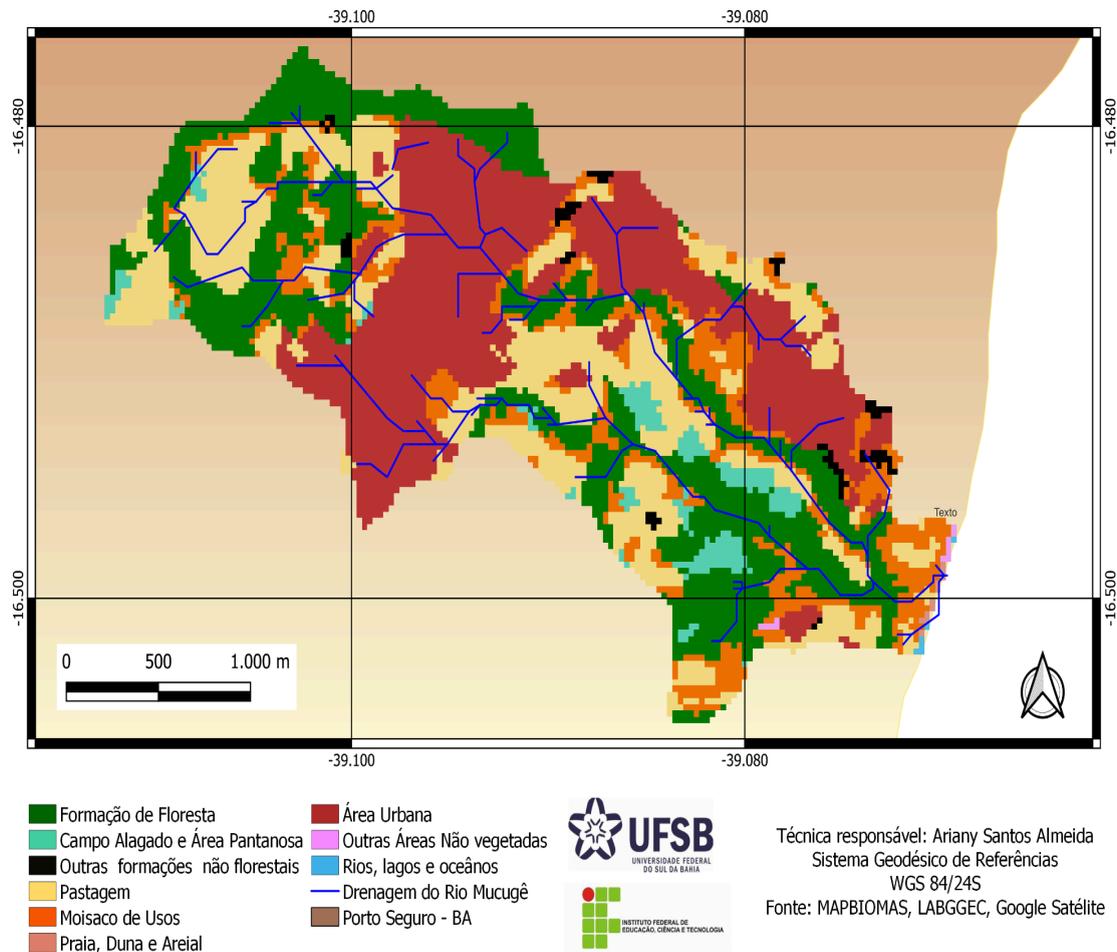


**Fonte: Autora, 2023**

O distrito de Arraial D'Ajuda é uma região de grande fluxo turístico. É muito conhecido e visitado pelas belezas naturais de suas praias e belezas cênicas da época do descobrimento do Brasil. A foz da bacia se localiza na praia do Mucugê, praia muito visitada pela população e visitantes.

De acordo o Projeto Map Biomas (2021), a distribuição do uso e cobertura do solo na área territorial da bacia são de formação florestal, campo alagado e área pantanosa, outras formações não florestais, pastagem, mosaico de usos, área urbana, praias, áreas não vegetadas, rio, lago, oceano, praia, duna e areial, como é possível observar na Figura 2.

**Figura 2 - Distribuição do Uso do Solo no Perímetro da Microbacia Mucugê (2021)**

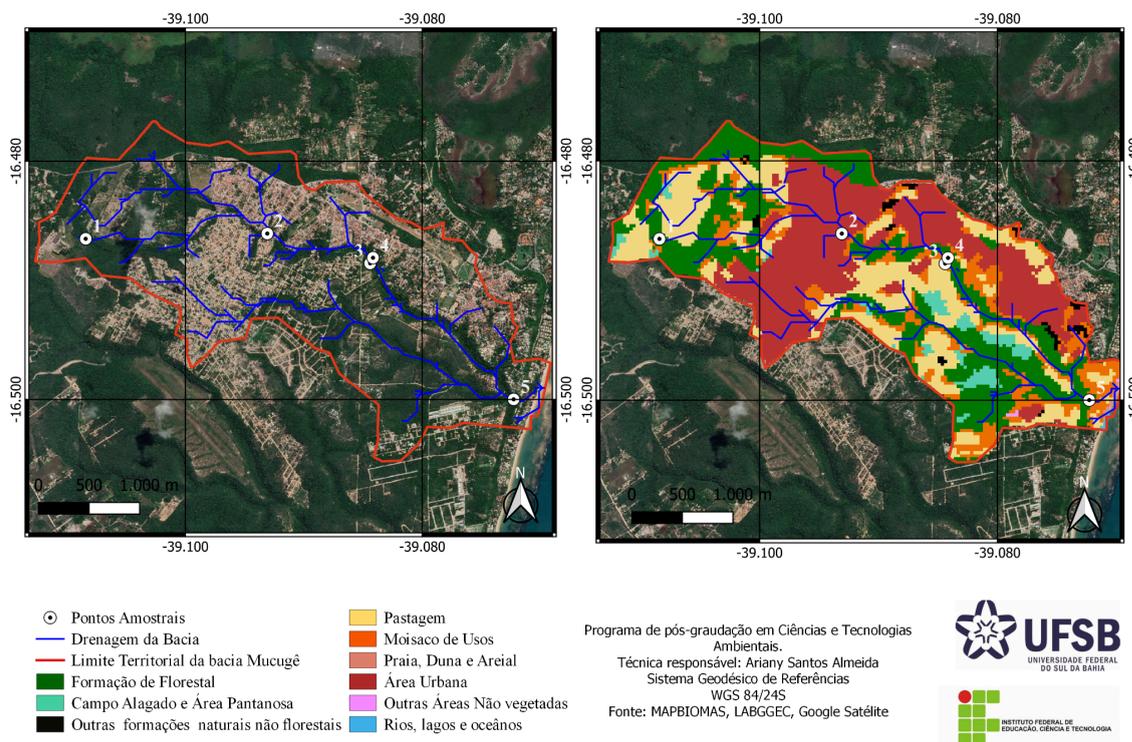


**Fonte: Autora, 2023**

### 3.2. Coleta de amostras

A partir de produções de mapas de uso e ocupação do solo e observações, foram escolhidos 5 pontos amostrais que poderiam apontar ou não influências para variações da qualidade de água da bacia do Mucugê. Os locais de coleta e análises ocorreram entre a montante e jusante da bacia, entre os bairros: Chico Tripa (ponto-1), Guanabara (ponto-2), São Francisco (ponto-3 e ponto-4) e Alto dos Corais (ponto-5) (Figura 3). As coordenadas geográficas de cada ponto amostral estão inseridas na Tabela 1. Os procedimentos de coleta e armazenamento das amostras foram realizados de acordo com o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 2011).

**Figura 3 - Pontos Amostrais distribuídos na Bacia Mucugê e categorias de usos e ocupações de solo .**



Fonte: Autora, 2023

**Tabela 1 - Coordenadas Geográficas dos Pontos Amostrais.**

Localização		
Coletas	Bairros	Coordenadas Geográficas
Ponto 1	Chico Tripa	16° 29' 11" S 39° 06' 31" W
Ponto 2	Guanabara	16° 29' 07" S 39° 05' 35" W
Ponto 3	São Francisco	16° 29' 22" S 39° 05' 01" W
Ponto 4	São Francisco	16° 29' 19" S 39° 04' 59" W
Ponto 5	Altos dos Corais	16° 29' 54" S 39° 04' 22" W

Foram realizadas três campanhas, sendo elas em 24 de março de 2023 (Campanha 1), 9 de outubro de 2023 (Campanha 2) e 1 de dezembro de 2023 (Campanha 3). Para as coletas de água foram utilizados 10 vasos de polietileno de 1L que foram colocados em ácido nítrico 10% ( $\text{HNO}_3$ ) por 24 horas e lavados com uso de água ultrapura com resistividade de 18,2  $\text{M}\Omega$  cm gerado por um sistema de purificação Rephil (direct pure modelo adept) para devida limpeza e descontaminação. Em cada ponto amostral foram retirados 2 litros de água, quantidade que garantiu todas as análises laboratoriais.

Todas as amostras foram acondicionadas em caixas de térmicas com gelo, para a conservação até serem armazenadas em refrigeração no Laboratório de Análises Ambientais do Extremo Sul da Bahia no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - Campus Porto Seguro.

### 3.3. Análises da água

*In situ* foram realizadas análises nos 5 pontos amostrais dos parâmetros: Temperatura, oxigênio dissolvido e pH. As análises dos parâmetros foram feitas com uso da sonda multiparâmetro, modelo HANNA- HI9828, que foi devidamente calibrada no laboratório antes do campo amostral.

As metodologias aplicadas para análises de pH, fósforo total, fósforo dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e clorofila-A estão descritas na Tabela 2.

**Tabela 2 - Metodologias aplicadas para análises de água superficial da bacia Mucugê.**

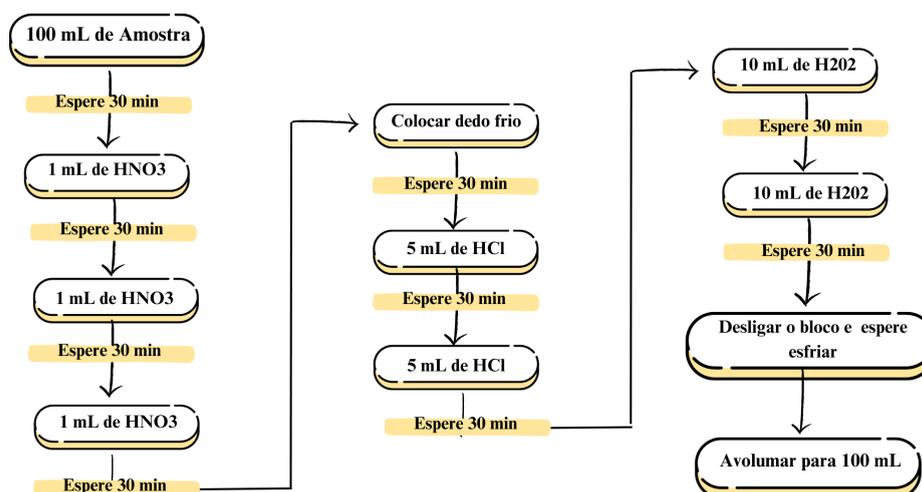
Parâmetros	Metodologia
<b>P Total</b> <b>mg.L<sup>-1</sup></b>	Standard for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition - American Public Health Association, New York N.Y, 1998 – SMEWW 4500-P E e B
<b>DBO mg.L<sup>-1</sup></b>	Standard for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition - American Public Health Association, New York N.Y, 1998 – SMEWW 5210-B C. 5-Day BOD Test .
<b>Turbidez</b> <b>(NTU)</b>	Turbidimeter modelo 2100AN (HACH)
<b>Clorofila-a</b> <b>µg.L<sup>-1</sup></b>	CARMOUZE, J. P. 1994. O metabolismo dos ecossistemas aquáticos. São Paulo, ed. Edgar Blücher.
<b>P dissolvido</b> <b>mg.L<sup>-1</sup></b>	Standard for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition - American Public Health Association, New York N.Y, 1998 – SMEWW 4500-P E.
<b>pH</b>	pHmetro modelo AC-100 (ALPAX)

#### 3.3.1. Análises de metais na água da bacia

Para a quantificação dos metais dissolvidos na água, as amostras foram filtradas em papel filtro quantitativo de 0,47 µm e digeridas. Para a digestão foram utilizados 100 mL de água das amostras, 3 mL de HNO<sub>3</sub> P.A, 10 mL de HCl P.A e 20 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, em temperatura constante de 120° C em um bloco digestor. O processo de digestão baseou-se no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23<sup>th</sup> edition. A digestão das amostras disponibiliza os metais no meio aquoso, possibilitando testes de recuperação realizados sobre

orientações da American Public Health Association (APHA, 2012). A sequência da metodologia empregada na digestão está representada na Figura 4.

**Figura 4 - Fluxograma da Metodologia de Digestão de Amostras de Água**



**Fonte: Autora, 2023**

Todas as vidrarias e frascos utilizados nas análises, foram descontaminados usando soluções de HNO<sub>3</sub> 10% v/v por 24 horas e enxaguados com água ultrapura. A solução diluída de HNO<sub>3</sub> foi preparada a partir da solução estoque de 65% v/v.

As análises dos metais foram realizadas no espectrômetro de emissão atômica com plasma induzido por micro-ondas (MP-AES 4210 Agilent, Santa Clara, Califórnia, USA). Para leituras foram feitas soluções padrão para construção de curvas de calibração para metais (Cr, Pb, Cd, Cu e Al). As soluções foram preparadas a partir de soluções estoque de 1000 µg mL<sup>-1</sup>. Os valores das soluções padrões variaram de 0,1-1,0 µg mL<sup>-1</sup> para Pb, Cu, Cr e Cd e 0,5-5 µg mL<sup>-1</sup> para e Al.

Após a realização das curvas, o tubo de recepção das amostras do equipamento foi limpo com solução de HNO<sub>3</sub> 10% e água ultrapura para realização das leituras das amostras de água dos cinco pontos amostrais. Com dados das curvas e leituras das amostras, foram realizados cálculos analíticos para identificação da concentração dos analitos na bacia.

### 3.3.2. Análises de Cafeína

A cafeína foi quantificada por cromatografia líquida de alta eficiência com detector de arranjo de diodos (CLAE – DAD), equipamento Shimadzu LC-20A Prominence, constituído por uma unidade de gaseificação DGU-20A, injeção manual (20 µL) e coluna C18 (ODS - Octadecilsilano) de fase reversa de 150 mm e partícula de 4,6 µm, acoplada a uma pré-coluna de mesma fase da coluna e aquisição dos dados através do software LC Solution (Shimadzu).

Os solventes utilizados foram de alta pureza (HPLC), metanol (MeOH) e acetonitrila (ACN) e 2-propanol (99,9 % de pureza) da Sigma-Aldrich (St. Louis, EUA). Para o preparo das soluções foi utilizado água ultrapura (resistividade de 18,2 MΩ cm).

Em seu processo de extração foi utilizado um sistema de extração com capacidade de 250 mL. Nesse sistema foi adicionado 200 mL de amostra e 0,100 mg do adsorvente de cartucho HLB (marca OASIS HLB 6CC de 200 mg). O sistema foi vedado com uma tampa de vidro esmerilhada, papel alumínio, veda rosca e levado ao shaker orbital a 1000 rpm por 25 minutos. Após a agitação, o material passou por filtração a vácuo, onde o sorvente foi retido utilizando ponteiras de micropipeta de 5 mL, contendo 0,02 g de lã de vidro.

O material retido na ponteira foi transferido para o dispositivo de dessorção em microescala (Whatman Mini-Unipred G2), adicionado 500 µL de metanol. Posteriormente, foi levado a cuba de ultrassom (Cristófoli, EUA), por 25 minutos. O extrato foi filtrado pelo próprio dispositivo dessorção e injetado diretamente no HPLC-DAD para quantificação da cafeína.

### 3.3.3. Avaliação do Risco Ecológico pelo Software HERisk

Para realizar a avaliação de risco ecológico foi utilizado o software HeRisk (NERIS et al., 2021). Este programa permite realizar cálculos abrangentes abordando os riscos tanto para a saúde humana quanto para o ecossistema, além de avaliar os impactos ambientais decorrentes da bioacumulação de metais tóxicos e da exposição a essas substâncias.

O HERisk é resultado de uma ampla revisão bibliográfica, que inclui, entre outros estudos relevantes, como Jensen e Mesman (2006), Ogunkunle e Fatoba (2013), Pagliarini et al. (2019), Hakanson (1980) e Muller (1969). Esses índices representam ótimas ferramentas para avaliar a qualidade da água em uma área estudada, determinando o respectivo nível de contaminação.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização da área de estudo

A bacia Mucugê é um pequeno curso e flui pelo centro urbano do distrito de Arraial D'Ajuda. Nas três campanhas, foi possível identificar algumas pressões antrópicas sobre a bacia do Mucugê, devido ao crescimento urbano dentro de seus limites territoriais. O Ponto 1, está inserido no bairro Chico Tripa, essa área de coleta é composta por fragmentações florestais, rodeada por área agrícola e pastagem. As proximidades do ponto amostral estão sendo ocupadas pela urbanização. No ponto 2 (Bairro Guanabara), foi presenciado ocupações irregulares em zona de APP, lançamentos de esgoto doméstico e ausência de mata ciliar.

Os pontos 3 e 4 estão inseridos no Bairro São Francisco, sendo que o ponto 3 é uma nascente da bacia. No ponto 3, foi encontrado lixo doméstico em seus arredores e no ponto 4 ausência de mata ciliar. O ponto 5, também é uma região com fragmentação florestal, presente no bairro alto dos corais também rodeado pela urbanização. Com os campos amostrais, a bacia mucugê apresentou-se como um esgoto a céu aberto em algumas regiões.

### 4.2. Análises de água na bacia mucugê

Os pontos amostrais estão inseridos nas seguintes classificações de usos do solo, de acordo com os dados obtidos pela Plataforma Mapbiomas (2021): formação florestal (ponto-1, ponto-3, ponto-4 e ponto-5), área urbana (ponto- 2). Apesar de 4 dos cinco pontos amostrais estarem inseridos em área de formação florestal, mostra-se a influência urbana sobre os arredores destas áreas. A rápida mudança na utilização da terra, juntamente com a inadequação da infraestrutura para suprir as crescentes necessidades, leva à deterioração dos recursos hídricos devido à grande quantidade de poluentes lançados neles (FURTADO *et al*, 2022).

Para identificação da qualidade da água da bacia, foi utilizado os limites dos parâmetros de qualidade de água pelo CONAMA 357/05 para comparações de dados.

Com dados obtidos foi possível identificar em parâmetros analisados na água da bacia variações que indicam o comprometimento de sua qualidade nas três campanhas amostrais. Apenas a turbidez e clorofila-A apresentou está dentro dos limites de qualidade nas três campanhas e nos cinco pontos amostrais com médias variando de 14,30 - 17,20 UTN para

turbidez e 0,9 - 12,19  $\mu\text{g L}^{-1}$  para clorofila-A. É possível identificar os valores obtidos nas campanhas amostrais nas Tabelas 3 a 5.

**Tabela 3 - Dados obtidos na Campanha 1 com as médias das triplicatas de pH, turbidez, Clorofila-A, DBO, Fosfato, Fósforo Total, OD e temperatura.**

PONTOS	pH	Turbidez (UNT)	Cl-a ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	DBO ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Fosfato ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Fósforo Total ( $\text{mg L}^{-1}$ )	OD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
Ponto 1	5,16	3,54	0,205	3,57	0,074	0,017	0,57	25,6
Ponto 2	7,38	32,24	0,994	4,17	0,180	0,139	3,84	27,05
Ponto 3	4,43	0,10	8,290	1,82	0,069	0,019	5,22	25,00
Ponto 4	7,47	20,25	13,332	4,39	0,145	0,093	4,90	26,70
Ponto 5	7,00	14,30	0,580	5,72	0,125	0,061	3,27	26,19
CONAMA 357/2005	6-9,0	$\leq 100$ UNT	$\leq 30 \mu\text{g L}^{-1}$	$\leq 5 \text{mg L}^{-1}$	$\leq 0,186 \text{mg L}^{-1}$	$\leq 0,05 \text{mg L}^{-1}$	$> 5 \text{mg L}^{-1}$	NL

NL: Não legislado

**Tabela 4 - Dados obtidos na Campanha 2 com as médias das triplicatas de pH, Turbidez, Clorofila-A, DBO, Fosfato, Fósforo Total, OD e temperatura.**

PONTOS	pH	Turbidez (UNT)	Cl-a ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	DBO ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Fosfato ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Fósforo Total ( $\text{mg L}^{-1}$ )	OD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
Ponto 1	5,68	2,57	8,680	11,63	0,059	0,166	0,56	27,7
Ponto 2	6,69	30,2	7,940	15,26	0,537	3,681	1,02	27,94
Ponto 3	5,71	0,11	7,055	13,5	0,073	0,080	5,22	25,78
Ponto 4	6,68	20,3	8,854	20,71	0,405	7,009	1,27	27,31
Ponto 5	5,58	17,2	5,998	10,39	0,128	0,615	3,25	25,19
CONAMA 357/2005	6-9,0	$\leq 100$ UNT	$\leq 30 \mu\text{g/L}$	$\leq 5 \text{mg L}^{-1}$	$\leq 0,186 \text{mg L}^{-1}$	$\leq 0,05 \text{mg L}^{-1}$	$> 5 \text{mg L}^{-1}$	NL

NL: Não legislado

**Tabela 5 - Dados obtidos na Campanha 3 com as médias das triplicatas de pH, Turbidez, Clorofila-A, DBO, Fosfato, Fósforo Total, OD e temperatura.**

PONTOS	pH	Turbidez (UNT)	Cl-a ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	DBO ( $\text{mg/L}$ )	Fosfato ( $\text{mg/L}$ )	Fósforo Total ( $\text{mg/L}$ )	OD ( $\text{mg/L}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
Ponto 1	5,9	1,62	17,664	1,91	0,086	0,140	2	28,56
Ponto 2	7,28	20,3	8,698	8,32	1,000	1,522	2,2	27,51
Ponto 3	5,46	0,1	6,927	1,26	0,098	0,158	3,8	27,6
Ponto 4	7,26	17,08	19,813	1,92	0,210	0,327	3,5	29,9
Ponto 5	4,8	23,5	12,216	0,14	0,148	0,233	1,52	25,5
CONAMA 357/2005	6-9,0	$\leq 100$ UNT	$\leq 30 \mu\text{g L}^{-1}$	$\leq 5 \text{mg L}^{-1}$	$\leq 0,186 \text{mg L}^{-1}$	$\leq 0,05 \text{mg L}^{-1}$	$> 5 \text{mg L}^{-1}$	NL

NL: Não legislado

Na primeira campanha, apenas o ponto 5 ( $5,72 \text{ mg L}^{-1}$ ) apresentou uma alta na DBO (Tabela 3), entretanto na segunda campanha em todos os pontos amostrais apresentou-se está fora do limite de qualidade com variações de  $10,39 - 20,71 \text{ mg L}^{-1}$  (Tabela 2) e na terceira campanha apenas o ponto 2 apresentou-se fora do limite com  $8,32 \text{ mg L}^{-1}$  (Tabela 3). É importante que a DBO esteja dentro dos limites estabelecidos para garantir a saúde dos ecossistemas aquáticos. Quando a DBO é muito alta, os microrganismos consomem uma quantidade excessiva de oxigênio para decompor a matéria orgânica, o que leva à diminuição dos níveis de oxigênio dissolvidos na água. Isso pode resultar em condições de hipóxia (baixos níveis de oxigênio) ou anoxia (ausência de oxigênio), que são prejudiciais para a vida aquática, causando a morte de peixes e outros organismos (FURTADO, 2022). A DBO é um dos parâmetros amplamente utilizados para a avaliação da qualidade dos cursos hídricos, principalmente para correlação sobre poluições oriundas de esgoto domésticos, demonstrando a influência da urbanização para alterações nesse parâmetro de qualidade.

O pH é uma medida que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa. Desempenha um papel crucial na determinação da saúde e da qualidade do ambiente aquático. Com as análises, foi possível identificar nas três campanhas valores que indicaram má qualidade. Na primeira campanha o pH teve variações de  $5,16 - 7,47$ , na segunda  $5,58 - 6,69$  e na terceira  $4,8 - 7,28$ . Na primeira campanha, o pH apresentou-se fora dos limites estabelecidos nos pontos 1 e 3. Na segunda campanha e terceira campanha os pontos 1, 3 e 5 apresentaram também está fora dos limites estabelecidos. Muitas espécies aquáticas têm uma faixa de pH na qual podem sobreviver e se reproduzir. Uma mudança significativa pode levar ao declínio ou à morte de espécies sensíveis, afetando a biodiversidade aquática. Para além, a alteração no pH pode aumentar a solubilidade de metais pesados e outros compostos tóxicos no ambiente aquático, tornando-os mais disponíveis e tóxicos para a vida aquática.

O fósforo total teve variações de  $0,017-0,139 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $0,073 - 0,537 \text{ mg L}^{-1}$  e  $0,140 - 1,522 \text{ mg L}^{-1}$ , para as campanhas 1, 2 e 3 respectivamente. Na primeira campanha três dos cinco pontos apresentaram concentrações acima do limite legislado: O ponto 2, ponto 4 e ponto-5 (Tabela 3). Já na segunda e terceira campanha, o analito apresentou-se acima dos limites de qualidade de água em todos os pontos amostrais.

O fósforo dissolvido/fosfato teve variações de  $0,074 - 0,180 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $0,059 - 0,537 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $0,086 - 1 \text{ mg L}^{-1}$  para as campanhas 1, 2 e 3 respectivamente. Na primeira campanha, o fosfato não apresentou valores acima do legislado, entretanto, na segunda e terceira campanha, apresentou valores acima nos pontos 2 e 4.

A contaminação dos corpos d'água na superfície está aumentando em muitos países, causando impactos consideráveis nas comunidades tanto em termos sociais quanto ambientais. No Brasil, os sistemas de água nas áreas urbanas estão sendo prejudicados pela descarga sem tratamento de resíduos domésticos e industriais. O esgoto contém diversos contaminantes como superfosfatos provenientes de detergentes e na matéria fecal, que insere significativamente o fósforo em corpos d'água, principalmente em drenagem pluviais de áreas urbanas (ANA, 2022, SILVA *et al*, 2021). O fósforo é um importante nutriente para diversos processos biológicos e seu excesso é capaz de gerar eutrofização dos corpos hídricos.

Já o oxigênio dissolvido teve variações de 0,57-5,22 mg L<sup>-1</sup>, 0,56-5,2 mg L<sup>-1</sup>, 1,52 - 3,8 mg L<sup>-1</sup>, para as campanhas 1, 2 e 3 respectivamente. Na primeira e segunda campanha, apenas o ponto 3 mostrou-se que está dentro dos parâmetros de qualidade e na terceira todos os pontos amostrais estavam o OD abaixo para enquadramento da qualidade de água. A necessidade de Oxigênio Dissolvido (OD) nos leitos aquáticos desempenha um papel essencial no metabolismo das espécies aquáticas, bem como na eficácia do processo de autodepuração dos rios (MICHELI *et al*, 2022). É possível observar que o aporte de nutrientes lançados na água do rio pode influenciar o consumo de oxigênio, indicando poluição ou degradação ambiental. A falta de oxigênio dissolvido, conhecida como hipóxia, pode levar à morte de peixes e outros organismos aquáticos, desequilibrando todo o ecossistema do rio.

A temperatura entre os pontos amostrais variou de 25,0 - 27,05 °C na primeira campanha, 25,19 - 27,31 °C na segunda e 25,5 - 29,9 °C para a terceira campanha. Mesmo não sendo legislado nacionalmente, a temperatura é um importantíssimo parâmetro para qualidade dos ecossistemas aquáticos já que também influencia na química da água. Alguns compostos são mais tóxicos para a vida aquática nas temperaturas mais elevadas. Temperaturas maiores que 27 °C e pode reduzir a vida em ecossistemas aquáticos (NASCIMENTO, 2020; TYRRELL, 2015).

#### **4.2.1. Análise de metais na água da bacia**

O procedimento analítico foi validado de acordo com os critérios estabelecidos pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), que inclui méritos analíticos. Sendo o limite de detecção (LD), limite de quantificação (LQ), faixa linear, linearidade, precisão e exatidão analítica inclusos. Para determinar a linearidade, foram

utilizadas no mínimo cinco concentrações diferentes de soluções padrões dos metais, sendo preparadas em triplicata. Todos os cálculos para avaliação da linearidade foram baseados nas concentrações e respostas analíticas individuais (Tabela 6).

**Tabela 6 - Linearidade do método analítico e limites de quantificação e detecção**

Analito	Linearidade		Regressão	LD (mg L <sup>-1</sup> )	LQ (mg L <sup>-1</sup> )
	Faixa linear (mgL <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	y = ax + b (n=3)		
Al	0,13 – 6,25	0,998	y = 209932x + 20944	0,004	0,01
Cd	0,03 – 1,25	0,999	y = 28465x + 185	0,0023	0,006
Cr	0,03 – 1,25	0,992	y = 23925x-3712	0,2025	0,613
Cu	0,03 – 1,25	0,999	y = 172598x + 2166	0,0008	0,002
Pb	0,03 – 1,25	0,984	y = 18841x - 7081	0,0012	0,0035

Com os dados de metais obtidos pelo MP-AES, foi possível identificar que quatro dos cinco metais analisados apresentaram concentrações acima do nível legislado pelo CONAMA 357/05. Com base na classificação do corpo hídrico são estabelecidos os níveis de concentração de metais do corpo hídrico, a bacia Mucugê está categorizada como Classe II.

O cromo estava abaixo do limite de quantificação para todos os pontos amostrais, único não identificado no corpo hídrico (Tabela 8 a 10).

O chumbo foi identificado acima do que é legislado em todos os pontos amostrais das três campanhas, obtendo faixas de 0,041-0,915 mg L<sup>-1</sup>, 0,0214-0,3405 mg L<sup>-1</sup>, 0,02-0,36 mg L<sup>-1</sup>, na primeira, segunda e terceira campanha respectivamente. Nos campos foi possível observar descarte inadequado de resíduos sólidos urbanos, incluindo eletrônicos, baterias e outros materiais, além de que, ao longo do percurso da bacia, foram identificados lançamentos de esgoto. Por ser uma pequena bacia, possivelmente essas ações podem estar contribuindo para os altos valores de chumbo na água da bacia.

O cádmio estava acima em quatro dos cinco pontos amostrais (ponto 1, ponto 2, ponto 4 e ponto 5) com faixa de 0,005-0,123 mg.L<sup>-1</sup> na campanha 1, já na segunda e terceira campanha, mostrou-se acima do limite de qualidade em todos os pontos amostrais, com faixa de 0,002-0,60 mg L<sup>-1</sup> e 0,01-0,57 mg L<sup>-1</sup> respectivamente.

O cobre estava acima nos pontos 1 e 2 e teve faixa de 0,009- 0,105 mg L<sup>-1</sup> na primeira campanha. Na segunda campanha, o cobre foi quantificado apenas no ponto 3 com

valor de  $0,0544 \text{ mg L}^{-1}$  e na terceira campanha, o cobre foi quantificado apenas nos pontos 1 e 3 com faixa de  $0,0428 - 0,0493 \text{ mg L}^{-1}$ , apresentando-se também acima do que é legislado nesses pontos amostrais.

O alumínio apresentou faixa de  $0,013-0,591 \text{ mg L}^{-1}$  na primeira campanha,  $0,15-0,26 \text{ mg L}^{-1}$  na segunda e  $0,047-0,058 \text{ mg L}^{-1}$  na terceira. Esse analito apresentou valores acima nos pontos 1 e 2 na primeira campanha e no ponto 2 na segunda campanha.

**Tabela 8 - Dados obtidos de Cromo, Cobre, Alumínio, Chumbo e Cádmio na campanha 1.**

PONTOS	Cr ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	Cu ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	Al ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	Pb ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	Cd ( $\text{mg.L}^{-1}$ )
Ponto 1	<LQ	0,030	0,154	0,915	0,005
Ponto 2	<LQ	0,105	0,591	0,450	0,123
Ponto 3	<LQ	0,009	0,014	0,041	<LQ
Ponto 4	<LQ	<LQ	0,013	0,099	0,032
Ponto 5	<LQ	<LQ	0,095	0,056	0,008
CONAMA 357/2005	$\leq 0,05$ $\text{mg.L}^{-1}$	$\leq 0,009$ $\text{mg.L}^{-1}$	$\leq 0,1$ $\text{mg.L}^{-1}$	$\leq 0,01 \text{ mg.L}^{-1}$	$\leq 0,001$ $\text{mg.L}^{-1}$

<LQ: Abaixo do limite de quantificação

**Tabela 9 - Dados obtidos de Cromo, Cobre, Alumínio, Chumbo e Cádmio na Campanha 2.**

PONTOS	Cr ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	Cu ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	Al ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	Pb ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	Cd ( $\text{mg.L}^{-1}$ )
Ponto 1	<LQ	<LQ	<LQ	0,0459	0,002
Ponto 2	<LQ	<LQ	0,2562	0,0214	0,01
Ponto 3	<LQ	0,0544	0,1499	0,3405	0,60
Ponto 4	<LQ	<LQ	<LQ	0,0813	0,0133
Ponto 5	<LQ	<LQ	0,1931	0,0417	0,0065
CONAMA 357/2005	$\leq 0,05$ $\text{mg.L}^{-1}$	$\leq 0,009$ $\text{mg.L}^{-1}$	$\leq 0,1$ $\text{mg.L}^{-1}$	$\leq 0,01 \text{ mg.L}^{-1}$	$\leq 0,001 \text{ mg.L}^{-1}$

<LQ: Abaixo do limite de quantificação

**Tabela 10 - Dados obtidos de Cromo, Cobre, Níquel, Zinco, Alumínio, Chumbo e Cádmio na Campanha 3.**

PONTOS	Cr (mg.L <sup>-1</sup> )	Cu (mg.L <sup>-1</sup> )	Al (mg.L <sup>-1</sup> )	Pb (mg.L <sup>-1</sup> )	Cd (mg.L <sup>-1</sup> )
Ponto 1	<LQ	0,0428	<LQ	0,02	0,01
Ponto 2	<LQ	<LQ	0,058	0,04	0,01
Ponto 3	<LQ	0,0493	0,047	0,36	0,57
Ponto 4	<LQ	<LQ	<LQ	0,05	0,01
Ponto 5	<LQ	<LQ	<LQ	0,04	0,01
CONAMA 357/2005	≤ 0,05 mg.L <sup>-1</sup>	≤ 0,009 mg.L <sup>-1</sup>	≤ 0,1 mg.L <sup>-1</sup>	≤ 0,01 mg.L <sup>-1</sup>	≤ 0,001 mg.L <sup>-1</sup>

<LQ: Abaixo do limite de quantificação

Com as análises, foi possível observar valores excedentes para Cd, Pb Al e Cu. Todos esses elementos em altas concentrações podem causar toxicidades e danos para a saúde humana e a diversidade biológica do rio Mucugê. As exposições a altos teores de metais potencialmente tóxicos pode ocasionar inibição enzimática, oxidação das biomoléculas, alterações nos sistemas redox das células, danos no material genético e nos processos de replicação celular: desencadeando mutagênese, indução de apoptose e carcinogênese. A toxicidade dos metais, ainda podem ser potencializados quando combinados a outros e se sofrer o processo de bioacumulação e biomagnificação entre os organismos (GONÇALVES, 2020).

Os resultados indicam presença de contaminação na área de drenagem de água, provavelmente devido a fontes urbanas de poluição, especialmente o descarte de esgoto doméstico nas áreas analisadas. Devido aos perigos causados pela presença de metais contaminantes em várias fontes de água, muitos estudos têm sido realizados globalmente para entender e resolver esse problema preocupante. Países como África do Sul, Paquistão, Nigéria e, especialmente, a Índia, têm se destacado nessas pesquisas, impulsionados pelos desafios resultantes da rápida urbanização e da falta de sistemas adequados de saneamento. (DEL PULPO, 2023).

#### 4.2.2. Análises de Cafeína

A cafeína (CAF) tem sido amplamente utilizada para avaliar a influência antrópica, já que o seu uso é exclusivamente antrópico e tem sido um eficiente indicador de poluição por esgoto doméstico. Ao contrário de outros compostos, como nutrientes ou substâncias orgânicas comuns, a cafeína não é naturalmente encontrada em grandes quantidades nos ecossistemas aquáticos. Portanto, sua detecção em concentrações anômalas pode ser um forte indicativo de poluição (BEGA, 2021; LIMA, 2023).

Os parâmetros de controle de qualidade das análises de cafeína mostraram um limite de detecção de  $0,0600 \mu\text{g L}^{-1}$  e limite de quantificação de  $0,18 \mu\text{g L}^{-1}$  e sua faixa linear apresentou um bom coeficiente de regressão:  $R^2 = 0,9977$ .

Com dados obtidos pela cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE-DAD), foi possível detectar esse contaminante nos pontos 2 e 4 em todas as campanhas amostrais, nessas regiões foi identificado lançamento de esgoto doméstico, mostrando-se região de contaminação pontual, evidenciando a eficácia da análise de cafeína para indicar a existência do lançamento de tais cargas poluidoras

O ponto 1 apresentou valores significativos de cafeína apenas na primeira e segunda campanha amostral, na terceira já não foi detectada. O ponto 3, região de nascente, apresentou presença desse contaminante na primeira e terceira campanha. Já o ponto 5 não foi quantificado em nenhuma das três campanhas amostrais. As concentrações obtidas nas campanhas entre os pontos amostrais estão descritas na Tabela 9.

**Tabela 9 - Dados obtidos de cafeína nos pontos amostrais em suas respectivas campanhas.**

Cafeína $\mu\text{g L}^{-1}$			
Pontos	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3
Ponto 1	0,97	1,31	<LQ
Ponto 2	0,95	1,60	0,99
Ponto 3	0,33	<LQ	0,16
Ponto 4	0,34	8,04	0,06
Ponto 5	<LQ	<LQ	<LQ

<LQ: Abaixo do Limite de Quantificação

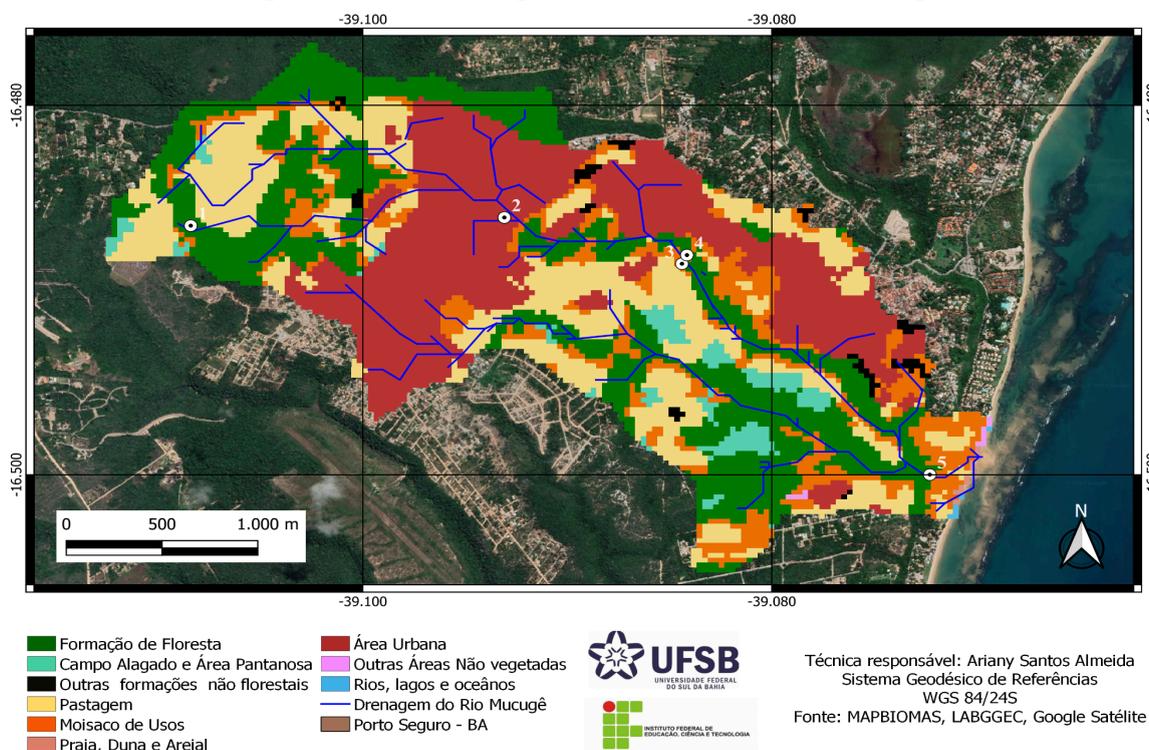
Diversos estudos relacionam a presença de contaminantes, como cafeína, sendo principalmente provenientes de esgoto e são comumente detectados. A sua quantificação é

atribuída sobre efluentes domésticos com ineficiência de tratamento (BIAGIONI, 2022). Identificar a presença da cafeína nos pontos amostrais constatam lançamentos de efluentes de esgoto doméstico na área coletada. O ponto 3 é a região em que foi coletada água de uma das nascentes da bacia Mucugê, esse registro indica a contaminação de água subterrânea da bacia geradas por fossas domiciliares devido à urbanização. Embora não seja diretamente tóxica, a presença de cafeína na água destinada ao consumo humano sugere a possibilidade de outras substâncias químicas e/ou microorganismos patogênicos prejudiciais à saúde estarem presentes

#### 4.2.3. Correlações entre o uso do solo e dados de qualidade

A bacia Mucugê, conforme apresentado no capítulo 1 deste trabalho, apresenta categorias de usos e ocupação de solo distribuídas em: 28,4% de formação florestal, 30,5% de área urbana, 22,9% de pastagem, 13,4% de mosaico de usos, 1,1% de outras formações não florestais, 0,2% para outras áreas não vegetadas e 0,1 para praia, dunas e areais. É possível notar a ausência de mata ciliar em regiões na bacia. As maiores fragmentações florestais estão em algumas áreas da montante e jusante (Figura 5).

**Figura 5 - Uso e Ocupação do solo da bacia Mucugê (2021)**

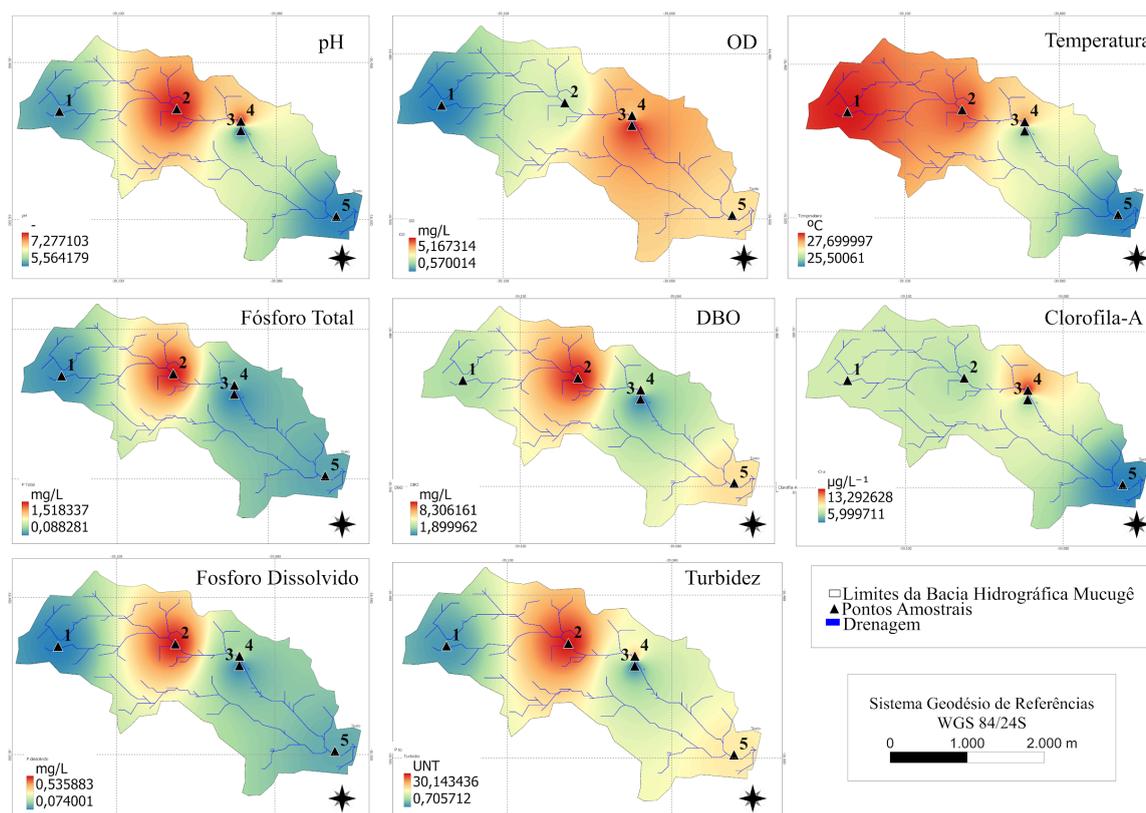


Fonte: Autora, 2023

Com dados obtidos das análises da água, foi possível identificar que o ponto 2 (bairro Guanabara) , onde consiste em área urbana, apresentou valores significativos entre os parâmetros de qualidade. Na figura 6 é possível observar que os maiores teores de fósforo total e fósforo dissolvido, baixo oxigênio dissolvido, alta demanda bioquímica, pH e turbidez são encontrados no ponto 2. Nessa região foi identificado lançamento de esgoto doméstico, caracterizando como área de poluição pontual na drenagem da bacia.

O ponto 4 (Bairro São Francisco), ponto amostral em região de fragmentação florestal, apresentou baixa concentração de oxigênio dissolvido.

**Figura 6 - Mapa de interpolação com as médias dos dados de pH, OD, temperatura, fósforo dissolvido, fósforo total, clorofila-A, DBO e turbidez entre as três campanhas amostrais.**



**Fonte: Autora, 2024**

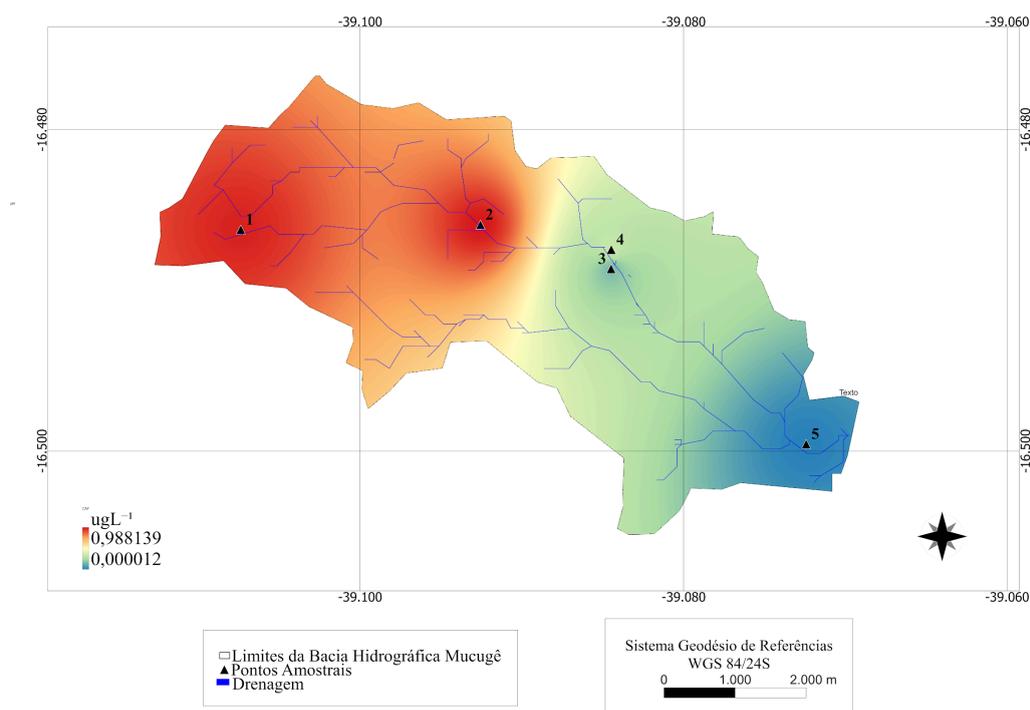
Mesmo em regiões de fragmentação de formação florestal foi possível identificar mudanças significativas para qualidade de água na bacia devido a urbanização. Um dos

contaminantes que tem sido encontrada frequentemente em corpos d'água no mundo para associar à atividades humanas é a cafeína. Este composto psicoativo é amplamente reconhecido como um indicador eficaz de contaminação na água (CARVALHO et al, 2022).

Na Figura 7 é possível observar que as maiores concentrações de CAF foram identificadas nos pontos 1 e 2, de acordo vai descendo a jusante da bacia a concentração diminuiu até não ser quantificada no ponto 5.

A CAF foi também quantificada no ponto 3, região onde foi coletada água de uma das nascentes da bacia, uma das justificativas para quantificação desse analito em região de nascente possa ser por contaminação do aquífero da bacia Mucugê devido fossas inadequadas da região.

**Figura 7- Mapa de interpolação com as médias dos dados de cafeína entre as campanhas amostrais**



**Fonte: Autora, 2024**

Quatro dos cinco metais foram quantificados na água da bacia e em grande maioria acima do que é legislado no CONAMA 357/05. Na Figura 8, é possível observar que a maior concentração de alumínio é encontrada no ponto 2 (área urbana), região com presença de lançamento pontual de esgoto doméstico e resíduos sólidos. Essa região é rodeada por

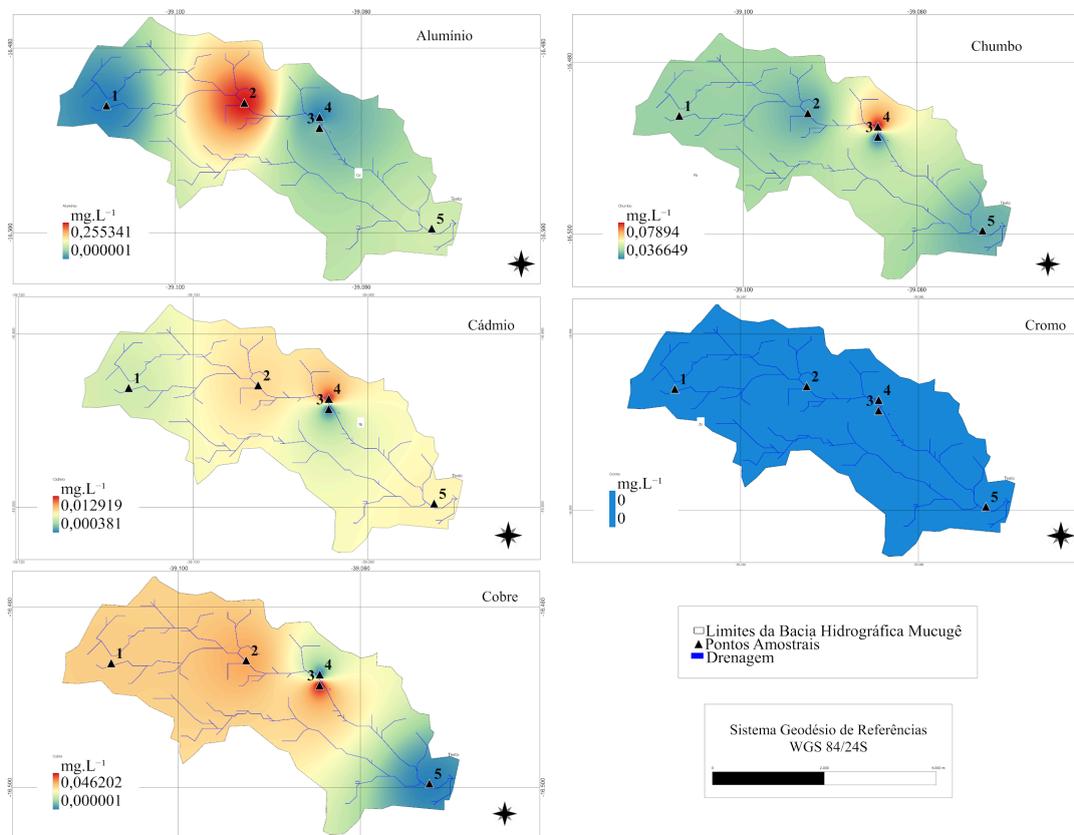
domicílios próximos ao leito do rio. O alumínio está presente em muitos produtos de uso diário, como latas de refrigerante, embalagens de alimentos, produtos de limpeza, cosméticos e outros resíduos domésticos. Quando produtos contendo alumínio são descartados de forma inadequada, seja como lixo doméstico ou através de descarte irregular de esgoto muitas vezes não tratado ou inadequadamente tratado, pode ser uma fonte significativa de alumínio em rios urbanos.

A ausência de mata ciliar, que normalmente atuaria como uma barreira natural contra a erosão e a dispersão de poluentes, agrava essa situação. Sem essa vegetação protetora, observou-se uma intensificação da erosão do solo. Este processo não só degrada a qualidade do solo, mas também libera alumínio que estava anteriormente adsorvido às partículas do solo.

O cádmio e o chumbo foram quantificados em todos os pontos amostrais, no ponto 4 (Fragmentação Florestal) apresentou maiores concentrações. Mesmo em área FF, apresentou lançamento de esgoto, resíduos sólidos e erosão de solo em suas margens. Quando foram realizadas as coletas, estavam sendo construídas anilhas para passagem da água do rio, o que pode ter contribuído para os valores desses analitos na região. De acordo a CETESB (2011), o chumbo e o cádmio podem ser introduzidos nos ambientes aquáticos por meio de baterias de níquel-cádmio, pigmentos, componentes eletrônicos, misturas de zinco, chumbo e cobre, além de tubos, soldas, acessórios e conexões que contenham chumbo.

Na Figura 8, também identificou-se que as maiores concentrações de cobre foram quantificadas nos pontos 1, 2 e 3. Em áreas urbanas, o solo pode conter partículas de cobre devido ao uso de tintas, pesticidas ou resíduos industriais. Durante chuvas intensas, a erosão do solo pode transportar essas partículas de cobre para os rios. Para além, descartes inadequados de resíduos sólidos urbanos pode incluir produtos que contêm cobre, como baterias, fios elétricos, tubulações de cobre, que, ao se degradarem, liberam o metal no meio ambiente.

**Figura 8 - Mapa de interpolação com as médias dos dados dos metais entre as campanhas amostrais**

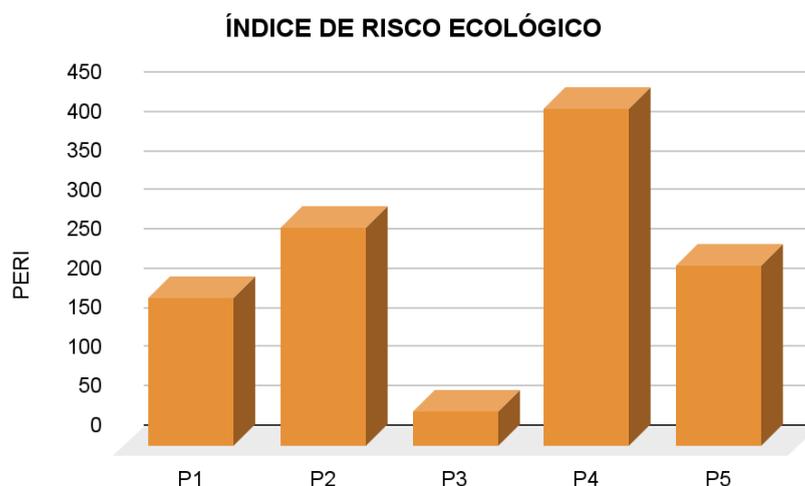


Fonte: Autora, 2024

## 5. AVALIAÇÃO DO RISCO ECOLÓGICO

Os índices fornecem uma avaliação do grau de poluição, considerando as concentrações detectadas nas águas superficiais, permitindo avaliar a qualidade das fontes ambientais estudadas e oferecem insights sobre o potencial risco ecológico envolvido. Para avaliar os níveis de poluição em águas superficiais, considerando a presença de todos os metais estudados, foram determinados os índices coletivos de poluição para cada ponto de amostragem, sendo pelos índices de Risco Ecológico Potencial (PERI), Carga De Poluição (PLI), Poluição de Limiar Integrado (IPIth) .

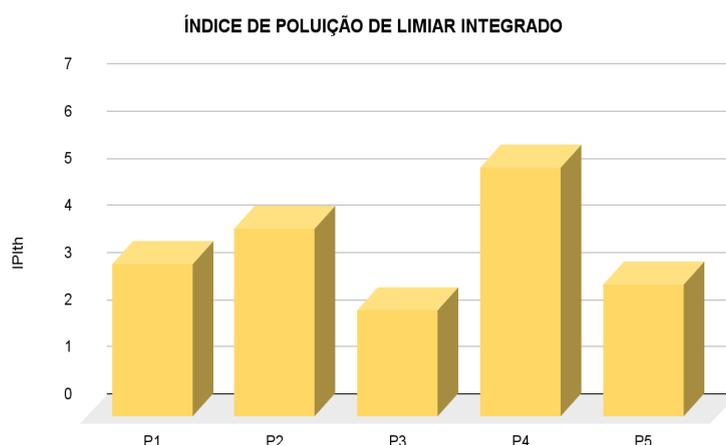
Na Figura 10 é possível observar os resultados das análises de PERI nos pontos amostrais da bacia. O ponto 3, apresentou baixo risco e os pontos 1, 2 e 5 apresentaram risco moderado. Entretanto, o ponto 4 apresentou alto risco ecológico.

**Figura 10 - Índice de risco ecológico potencial da bacia Mucugê**

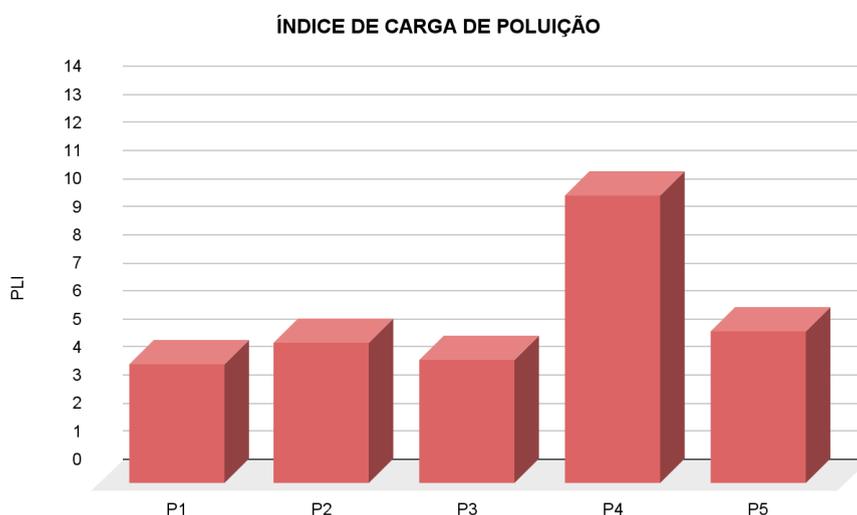
Ter obtido um alto valor de risco ecológico para metais potencialmente tóxicos em um ponto de amostragem é um indicativo alarmante. Isso sugere que a presença elevada desses metais pode representar sérios riscos para o ambiente local, podendo levar à redução da biodiversidade, a morte ou diminuição da população de organismos sensíveis à presença desses metais.

Esses metais podem se acumular nos tecidos dos organismos ao longo do tempo, resultando em efeitos crônicos, como problemas de reprodução, crescimento anormal e comprometimento do sistema imunológico. Portanto, é essencial adotar medidas imediatas para mitigar os efeitos da contaminação por metais potencialmente tóxicos nesse ponto amostral. Isso pode envolver a identificação e remoção da fonte de contaminação, a implementação de práticas de gestão ambiental mais rigorosas e o monitoramento constante para avaliar a eficácia das medidas tomadas na preservação do ambiente.

O Índice de Poluição de Limiar Integrado (IPIth), é fundamentado nos parâmetros estabelecidos pelas diretrizes do CONAMA 357/05. Com a análise de IPIth, foi possível observar variações entre 2,26 a 5,27. É possível identificar na Figura 11 que os pontos 1, 2, 3 e 5 apresentaram está muito poluído e o ponto 4, apresentou-se está extremamente poluído. Essa classificação indica que há uma presença significativa de substâncias poluentes nos pontos de amostragem, o que pode gerar sérios impactos negativos no ambiente aquático.

**Figura 11 - Índice de Poluição Limiar Integrado da Bacia Mucugê**

Como demonstrado na Figura 12, a análise dos resultados mostrou que os índices de carga de poluição (PLI) na bacia Mucugê em todos os pontos amostrais estavam  $> 1$ , o que indica a presença de poluição em toda a área estudada. Isso é um sinal alarmante e sugere que a qualidade ambiental do rio está comprometida, com possíveis impactos negativos significativos. A presença de poluentes pode representar riscos à saúde pública, causando problemas como doenças de pele, problemas respiratórios e até mesmo doenças mais graves, como câncer, dependendo da natureza e concentração das substâncias presentes.

**Figura 12 - Índice de Carga de Poluição**

Como os índices de risco mostraram, é necessário e fundamental adotar medidas preventivas para proteger a qualidade ambiental do Rio Mucugê e reduzir eventuais impactos prejudiciais à saúde pública e ao ecossistema local.

## 6. CONCLUSÕES

As análises de qualidade de água tornam-se necessárias para o monitoramento ambiental da bacia Mucugê. As análises in situ com uso da sonda multiparâmetros, mostrou eficácia e trouxe resultados importantes para a identificação da qualidade de água da bacia, o oxigênio dissolvido, apresentou valores abaixo do que é legislado pelo CONAMA 357/05 como Classe II de água doce em 4 pontos amostrais.

As análises laboratoriais também mostraram eficácia e foi possível identificar que a demanda bioquímica de oxigênio em um ponto amostral e fósforo total em 4 pontos amostrais também está acima do legislado.

A metodologia para determinação de cromo, cobre, alumínio, chumbo e cádmio por MP-AES também foi eficiente, revelando valores elevados de cobre, alumínio, chumbo e cádmio nos pontos amostrais, principalmente para o ponto 2, que obteve quatro dos cinco metais acima do legislado.

A metodologia para determinação de cafeína por cromatografia líquida de alta eficiência, foi eficaz e quantificou cafeína em 4 pontos amostrais, registrando a influência da urbanização e dos esgotos domésticos para qualidade da água da bacia.

As análises integradas de risco ecológico realizadas utilizando o software HeRisk permitiram identificar a poluição na bacia do Mucugê devido à introdução de metais potencialmente tóxicos pela urbanização. Essas análises demonstraram o potencial de risco ecológico presente na água, indicando que a poluição resultante do processo de urbanização está colocando em risco o ecossistema local e, conseqüentemente, a saúde pública.

Através da análise dos dados gerados pelas amostras de água e sua comparação com o mapa de uso e ocupação do solo, foi possível confirmar a influência significativa da urbanização e da perda de cobertura vegetal na bacia. Essas alterações impactaram negativamente a qualidade da água na bacia do Mucugê, localizada no distrito de Arraial D'Ajuda.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Portal da Qualidade de Águas. Portal da Qualidade das Águas** ([ana.gov.br](http://ana.gov.br)).

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **ÁGUA NO MUNDO**, 2023. Disponível em: [Água no mundo — Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico \(ANA\) \(www.gov.br\)](http://www.gov.br). Acesso em 10 de outubro de 2022.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Indicadores de qualidade - índice de qualidade das águas (IQA)**, 2022. Disponível em: [Qualidade da água — Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico \(ANA\) \(www.gov.br\)](http://www.gov.br). Acesso em 20 de março de 2023.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **USOS DA ÁGUA. 2019**. Disponível em: [Usos da água — Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico \(ANA\) \(www.gov.br\)](http://www.gov.br). Acesso em 20 de junho de 2023.

ANDRADE, M. H. S; FREITAS, S. C; ELEUTÉRIO, A. S. **Qualidade ecológica da água: monitoramento com bioindicadores e análise do uso e ocupação da terra em uma Bacia Hidrográfica Urbana**. Brazilian Journal of Development 6, no. 11 (2020): 88187-88200.

ASADZADEH, F; HAGHIZADEH, A; FEGHHI, J. **Environmental impact assessment of water resources: An integrated approach to assess water quality and its impact on biodiversity**. Environmental Monitoring and Assessment, p.1-17, 2020.

ATTAR, N., DEHGHANI, M; HOSSEINI, S. M; ASGARI, A. **Land Use Change Detection and Water Quality Assessment in a Dam Reservoir**. Applied Water Science, p.1-15, 2020.

BEGA, M. M J; OLIVEIRA, N. J; ALBERTIN, L .L ; ISIQUEL, D. W. **Uso da cafeína como indicador de poluição por esgoto doméstico em corpos d'água urbanos**, p. 1-8, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220190084>. Acesso em 10 de Novembro de 2021.

BELMEZITI, A; LEGROURI, A; ALLAOUI, S. **A Comparative Study of Land Use Impact on Water Quality of Three Lakes: Case of the Sidi Boughaba, Nador, and Dayet Aoua, Morocco**. Lakes & Reservoirs: Research & Management, p. 132-143 , 2016

BIAGIONI, LUIS HENRIQUE ZAVATTIERI. **A cafeína como indicador de poluição por contaminantes emergentes de esgoto doméstico na Lagoa da Conceição: Revisão Sistemática da Literatura**, p-13, 2022.

BONFIM, O. T; BURKERT, D; FERNANDES, M. R; REIS, A. L. **Análise da distribuição espacial e evolução do número de áreas contaminadas nas bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe.** *Research, Society and Development* 10, no. 8 (2021): e14710817264-e14710817264.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília.** p. 18 - 67, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997.**

CADORE, J. S; TOCHETTO, M. **Recursos Hídricos: Panorama geral do setor e perspectivas ao atendimento da Agenda 2030.** *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 9, n. 3, p. 5-18, 2021.

CAMARGO, A; CAMACHO, J. **Convivir con el agua.** *Revista Colombiana de Antropología*, v. 55, n. 1, p. 7-25, 2019. disponível em : <https://doi.org/10.22380/2539472x.567>. Acesso em 15 de maio de 2023.

CARVALHO, A. C. C ET AL. **"A ocorrência de cafeína em águas superficiais para abastecimento público."** *Engenharia Sanitaria e Ambiental* 27 (2022): 845-852.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.** São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, p.326, 2011.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Avaliação de Risco Ecológico (ARE), 2020.**

DEL PULPO, A. S. **AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL E HUMANO POR METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS EM RIOS URBANOS,** 2023.

FERREIRA, K. S; RANI-BORGES, B; Santos, G. L. M; CARDOSO-SILVA, S; de Sá, L. R. M; Pompêo, M. **Metais nos Sedimentos em Reservatórios: há Toxicidade Potencial?.** *Sociedade & Natureza* 33, p.8, 2021.

FURTADO, R R, PEREIRA, M. C. S; SUCCI, M. M. D; MARTINS. J. R. S. **ANÁLISE DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO NO RIO PINHEIROS ENTRE 2009 E 2019 E ATENDIMENTO AOS PARÂMETROS DE QUALIDADE ÁGUA DO PROJETO NOVO RIO PINHEIROS,** 2022.

**GEOPIXEL. Relatório Técnico de Mapeamento Uso e Cobertura do Solo. Ref: Fornecimento de Serviços Especializados em Geoprocessamento para Realizar a Adequação no Mapeamento Temático do Monitoramento, Caracterizado como Estudo de Evolução Temporal da Cobertura Vegetal de Áreas de Atuação da Suzano e Veracel, vol. 2, p. 15 - 190, 2019.**

**GIRARD, E. J. Princípios da Química Ambiental. ed nº 2, p. 121 - 145, 2010.**

**GULCZYNSKI, M; MARQUES, M. L; MONEGO, D. C. L M; AZEVEDO, R. C. J. Variação da Concentração de Cafeína e de Fármacos no Rio Atuba, p. 1-4, 2019.**

**HAKANSON, L., 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. Water Res. 14, 975–1001. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(80\)90143-8](https://doi.org/10.1016/0043-1354(80)90143-8)**

**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). PANORAMA DE CIDADES. Disponível em: IBGE | Cidades@ | Bahia | Porto Seguro | Panorama. Acesso em: 20 de março de 2023.**

**IDE, A. H; CARDOSO, F. D; SANTOS, M. M; KRAMER, R. D; AZEVEDO, J. C. R. ;MIZUKAWA, A. Utilização da Cafeína como Indicador de Contaminação por Esgotos Domésticos na Bacia do Alto Iguaçu RBRH. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 18,n.2, p. 201-211, 2013.**

**JESUS, Wackson Júnior Teles; DA SILVA, Solange Aparecida Arrolho. Educação ambiental e as contribuições na gestão dos recursos hídricos. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 15, n. 3, 2019.**

**JRIBI, S; BEN I. H ;DOGGUI, D. Impact of COVID-19 pandemic on the socio-economic environment. Environmental Research, p.195, 110202, 2020.**

**KAZI, T. G.; JAMALI, M. K.; ARIAN, M. B.; AFRIDI, H. I.; JALBANI, N.; SARFRAZ, R. A.; ANSARI, R. Evaluation of an ultrasonic acid digestion procedure for total heavy metals determination in environmental and biological samples. Journal of Hazardous Materials, Nº 161, p.1391-1398, 2009**

**LIMA, Q. N. S. Ocorrência, distribuição, fontes e avaliação de risco ecologico de contaminantes emergentes em Rios urbanos na região sul da Bahia", p.1, 2023. Disponível em: [SIGAA - Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas \(ufsb.edu.br\)](https://sigaa.ufsb.edu.br). acesso em 22 de julho de 2023**

LAMAS, I.; PEREIRA, R.; CUNHA, R.; MAIA, M. ; TEDESCO, E.; NASCIMENTO, E.; **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Porto Seguro – Bahia**. 2. ed. p. 24 - 8, 2014. Disponível em: [Plano Municipal de Conservação.indd \(gamba.org.br\)](#). Acesso em: 15 de junho agosto. 2022

MICHELI, C. M. *et al.* **UTILIZAÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO DE STREETER-PHELPS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO APLICADO NA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO QUILOMBO NA REGIÃO OESTE CATARINENSE**. *Anais de Engenharia Química*, v. 1, n. 1, p. 166-187, 2022.

MOSCHEM, J. C; GONÇALVES, P. R. **Impacto Toxicológico de Metais Pesados: Uma Análise de Efeitos Bioquímicos e Celulares: Impact of Heavy Metals: An Analysis of Biochemical and Cellular Effects**. *Health and Biosciences* 1, no. 2, p. 88-100, 2020.

MULLER, G. **Index of geoaccumulation insediments of the Rhine River**. *Geojournal*, 2: 108-118, 1969.

NASCIMENTO, R. C. M. *et al.* **Qualidade da água de três estuários tropicais expostos a diferentes níveis de urbanização**. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, v. 20, n. 3, 2020.

NERIS, J. B; DIANGO M. M. Olivares 2020 **HERisk Guide**, 2020.

NETO, L. E; LIMAL, P. B.; MAMEDE, L. G. **Monitoramento e modelagem da qualidade de água em uma bacia hidrográfica semiárida**, p. 1 - 11, 2018. Disponível em: [SciELO - Brasil - Monitoramento e modelagem da qualidade de água em uma bacia hidrográfica semiárida Monitoramento e modelagem da qualidade de água em uma bacia hidrográfica semiárida](#). Acesso em: 04 de novembro de 2022.

NETO, W. M. P; MATOSINHOS, C. C; FILHO, H. B. **"Efeito do uso e ocupação do solo sobre a concentração dos metais nas águas da sub-bacia do Rio Paraúna."** *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research* 4, no. 1, p. 749-759, 2021.

POLETO *et al.* **Bacias hidrográficas e Recursos Hídricos**. 1. ed. p. 31 - 45 , 2014.

QINGJIE, G., JUN, D., YUNCHUAN, X., QINGFEI, W., LIQIANG, Y., 2008. **Calculating Pollution Indices by Heavy Metals in Ecological Geochemistry Assessment and a Case Study in Parks of Beijing**. *J. China Univ. Geosci.* 19, 230–241. [https://doi.org/10.1016/S1002-0705\(08\)60042-4](https://doi.org/10.1016/S1002-0705(08)60042-4)

RODRIGUES, B; OSCO, L. P; ANTUNES, P. A; RAMOS, A. P. M. **Avaliação da influência do uso e cobertura da terra na qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Pirapozinho (SP).** *Revista Brasileira de Geografia Física* 12, no. 3, p. 738-753, 2019.

RUGGIERO *et al.* **Determinação do potencial de contaminação de aquíferos no município de Artur Nogueira (São Paulo, Brasil), por meio de atributos geoambientais.** *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 31(2), p.324-340, 2022.

SAHA, D; PATRA, M. **"Hydrological Modeling for Watershed Management: A Comprehensive Review."** *Hydrology Research*, 49(1), p. 1-32, 2018.

SANTOS, L. V. A; SOUZA, B. S. **Diagnóstico ambiental e aplicação da análise de risco ecológico de um tributário do rio Poxim, Sergipe-Brasil** *Environmental diagnosis and application of the ecological risk analysis of a tributary of the Poxim River, Sergipe-Brazil* **Diagnóstico ambiental y aplicación de análisis de riesgo ecológico de un afluente del río.** *Research, Society and Development*, v. 9, n. 11, 2020.

SECRETARIA ESTADUAL DE EDUCAÇÃO DO ESTADO DE GOIÁS. **CADERNO DO PROFESSOR - GESTÃO DAS ÁGUAS EM MEIO URBANO**, p. 1 - 16, 2011. Disponível em: [Caderno do Professor 05.pdf \(educacao.go.gov.br\)](#). Acesso em 28 de outubro de 2022.

SELVAM, S; VISHNUDAS, S; SIVASAKTHIVEL, T. **Environmental impacts of surface water pollution.** *In Pollutant Diseases, Remediation and Recycling*, p. 269-288, 2021.

SIMONETTI, C; SILVA, V. D. C. C; ROSA, A. H. **ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS ATIVIDADES ANTRÓPICAS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DA APA ITUPARARANGA (SP), BRASIL.** *Geosul* 34, no. 72 , p. 10-19, 2019.

SHARMA, S; SINGH, R; GURJAR, M. S. **"Environmental impact assessment of surface water quality in urban area: a case study of Yamuna River in Delhi, India."** *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(11), p.1-13, 2019

SILVA *et al.* **Segurança Hídrica Ecológica: fundamentos para um conceito jurídico**, p.16, 2020.

SILVA, S. M; SILVA, A. C. N; NASCIMENTO, E. L. **Qualidade da água superficial com análise físico-químicas: bacia do igarapé dois de abril, JI-PARANÁ-RO**, 2021.

SILVA, O. D; LIMA, U. C. C. **Uso e Ocupação do Solo entre Trancoso e Arraial D'ajuda, Costa do Descobrimento, Litoral Sul do Estado Da Bahia**, p. 1-4, 2019.

SILVA, V. N. **Distribuição granulométrica, avaliação de risco ecológico e monitoramento de metais em sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce/RN.** MS thesis. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2022.

SILVEIRA, S. M. B; SILVA, M. G. **Conflitos socioambientais por água no Nordeste brasileiro: expropriações contemporâneas e lutas sociais no campo.** Revista katálysis, v. 22, p. 342-352, 2019.

SPIELK, R. F. **Crise hídrica, saúde e parâmetros de qualidade microbiológica da água no Brasil,** p. 1 - 8, 2015.

TYRRELL, J. **THE EFFECT OF WATER TEMPERATURE ON IN-STREAM SEDIMENT CONCENTRATION AND TRANSPORTATION AND TRANSPORT RATE,** 2015.

USEPA. Method 3050-B: **acid digestion of sediments, sludges and soils.** Washington: USEPA, 1996a. 12 p.

VIEIRA, I. C. B; COSTA, V. S C; CIONEK, V. M;BRANCO, J. O; RIBEIRO, E. A. W. **"Predileção de riachos para o monitoramento da qualidade da água:: Um serviço ecossistêmico de provisão na bacia hidrográfica do rio Itajaí-Mirim (Brasil)."** *Finisterra* 57, no. 121 p. 95-108, 2022.

VIEIRA, I. C. B; RIBEIRO, E. A. W. **"Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água no rio Itajaí-Açu, Santa Catarina."** *Revista de Geografia (Recife)* 38.2 (2021).

VÖRÖSMARTY, C. J; MCINTYRE, P. B; GESSNER, M. O; DUDGEON, D; PRUSEVICH, A; GREEN, P; DAVIES, P. M.**"Global threats to human water security and river biodiversity."** *Nature*, 467(7315), p.555-561, 2010.

YOUNG, C. E. F.; SPANHOLI, M. L. **Uma visão econômica sobre a conservação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos.** *Com Ciência*, p-3-8, 2020.

## CONCLUSÃO GERAL

Os resultados obtidos a partir das análises de uso e ocupação do solo, juntamente com as análises de qualidade da água, evidenciam claramente como o processo de urbanização e a perda de formações florestais afetam diretamente os corpos hídricos. Estes impactos são multifacetados, incluindo a introdução de poluentes, a alteração dos regimes hidrológicos e a degradação da qualidade da água.

Estudos dessa natureza são extremamente relevantes, pois fornecem uma base científica sólida para a tomada de decisões e a elaboração de planos de gerenciamento para a conservação de bacias hidrográficas. A compreensão detalhada das relações entre o uso do solo e a qualidade da água permite identificar áreas críticas que necessitam de intervenção e planejar estratégias de mitigação eficazes.

A importância da continuidade de estudos e pesquisas sobre a bacia do Mucugê é especialmente destacada pela necessidade de desenvolver e implementar medidas mitigadoras para as contaminações decorrentes da urbanização. Tais medidas podem incluir a restauração de áreas degradadas, a implementação de zonas de proteção ciliar, o controle de fontes pontuais e difusas de poluição, e o monitoramento contínuo da qualidade da água.

Além disso, a integração de políticas públicas que promovam o uso sustentável do solo e a preservação das formações florestais é crucial para assegurar a resiliência dos ecossistemas aquáticos. A educação e a conscientização das comunidades locais também desempenham um papel vital na proteção dos recursos hídricos, promovendo práticas de manejo sustentável e incentivando a participação ativa na conservação ambiental.

O estudo dos tipos de uso e ocupação de solo na bacia durante 36 anos, mostraram como a distribuição de solo sem planejamento afeta a bacia, já que há perdas de matas ciliares e ocupações irregulares em sua área territorial. O estudo da qualidade da água apontou que as concentrações de metais acima do que é legislado, além do teor de fósforo total e DBO. Também, foi encontrado oxigênio dissolvido abaixo dos padrões e quantificado cafeína em 4 pontos amostrais, indicando a influência da urbanização para alterações na qualidade de água na bacia.

Com os índices de risco ecológico realizados no software HERisk, foi possível observar que a urbanização está contribuindo com impactos negativos, como poluição na bacia e geração de potenciais riscos ecológicos na água da bacia. Com os dados obtidos, se

faz necessária medidas de proteção e gerenciamento da bacia Mucugê, presente no distrito de Arraial D'Ajuda - BA

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALBERTIN, R. M.; TROMBETA, R. L.; BOTELHO, A. L. **Geografia e Recursos Hídricos**. Porto Alegre, p. 14, 2021. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786556902661/pageid/13>. Acesso em: 02 abril. 2022.

ALVAREZ, J; SCHAEFER, G; TIECHER, T; CAMPONE, V; BURROW, R; SANTOS, D. **BOLETIM GAÚCHO DE GEOGRAFIA. Avaliação da qualidade dos sedimentos de leito em uma bacia hidrográfica no noroeste do Rio Grande do Norte**, p. 203 - 219, 2016. Disponível em: [Vista do Avaliação da qualidade dos sedimentos de leito em uma bacia hidrográfica do Noroeste do Rio Grande do Sul \(ufrgs.br\)](#) . Acesso em: 15 de abril. 2022

AMARAL, F. M.; JESUS, N. R.;SILA, M. T.; SANTOS, J. J. Monitoramento ambiental do Rio Jiquiriá. **Anais da 2ª semana de biologia - UFSB**. p. 23 , 2020. Disponível em: [Anais\\_2a\\_Sembio.pdf \(ufsb.edu.br\)](#). Acesso em: 3 de abril. 2022.

GIRARD, E. J. **Princípios da Química Ambiental**. ed nº 2, p. 121 - 145, 2010.

NASCIMENTO, V . T; FERNANDES, L. L; **Mapeamento de Uso e Ocupação do Solo em uma Pequena Bacia Hidrográfica Da Amazônia**, p. 1-5, 2017.

PEZENTE, M. F. **Relação entre Urbanização e Rios: Um Estudo da Cidade de Francisco Beltrão (PR)**, p. 21 - 57, 2018. Disponível em: [Relação entre urbanização e rios: um estudo da cidade de Francisco Beltrão \(PR\) \(ufsc.br\)](#). Acesso em: 20 de Outubro de 2022.

POLETO et al. **Bacias hidrográficas e Recursos Hídricos**. 1. ed. p. 31 - 45 , 2014.

SILVA, C. F; MORAIS, C. P; SILVA, K. S. G; MILORI, D. M. B. **Análise de Ca em sedimentos do rio Piracicaba por LIBS**. São Paulo, p. 1-5, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/204639/1/P-Analise-de-Ca-em-sedimentos-do-rio-Piracicaba-por-LIBS.pdf> . Acesso em: 15 de abril. 2022

SILVA, O. D; LIMA, U. C .C. **Uso e Ocupação do Solo entre Trancoso e Arraial D'ajuda, Costa do Descobrimento, Litoral Sul do Estado da Bahia**, p. 1-4, 2018. Disponível em: [USO E OCUPAÇÃO DO SOLO ENTRE TRANCOSO E ARRAIAL D'AJUDA, COSTA DO DESCOBRIMENTO, LITORAL SUL DO ESTADO DA BAHIA | Anais dos Seminários de Iniciação Científica \(uefs.br\)](#). Acesso em: 20 de outubro 2022.

SILVA, A. C. L. **Avaliação da qualidade da água de consumo humano no município de Santo Amaro do Maranhão – MA como instrumento de garantia do direito à saúde**. p.21-22, 2011. Disponível em: [CENTRO UNIVERSITÁRIO DO MARANHÃO –UNICEUMA \(ufma.br\)](#). Acesso em: 03 abril. 2022.