

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CAMPUS DE FREDERICO WESTPHALEN  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Isabela Schamann Konzen

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E INFLUÊNCIA DO  
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM MICROBACIAS DO LAJEADO  
TRÊS PASSOS NO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Frederico Westphalen, RS

2023

Isabela Schamann Konzen

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E INFLUÊNCIA DO USO E  
OCUPAÇÃO DO SOLO EM MICROBACIAS DO LAJEADO TRÊS PASSOS NO  
NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária,  
da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,  
RS), como requisito parcial para a obtenção do  
grau de **Engenheira Ambiental e Sanitarista**.

Orientador: Prof. Dr. Genesio Mario da Rosa

Frederico Westphalen, RS

2023

**Isabela Schamann Konzen**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM MICROBACIAS DO LAJEADO TRÊS PASSOS NO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Engenheira Ambiental e Sanitarista**.

Aprovado em 24 de janeiro de 2023.

---

**Genesio Mario da Rosa, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Hilda Hildebrand Soriani, Dr<sup>a</sup>. (UFSM)**

---

**Raphael Corrêa Medeiros, Dr. (UFSM)**

Frederico Westphalen, RS

2023

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais, Nizete Schamann e Gilmar Konzen, e à minha avó, Maria Olinda Konzen, pois são a minha base, fonte de inspiração e força.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, meus agradecimentos são para a minha família. À minha mãe Nizete Schamann, e ao meu pai, Gilmar Konzen, que me apoiaram, incentivaram e motivaram, e sempre me deram todo o auxílio e suporte durante estes anos de estudo. Por nunca medirem esforços para me ajudar quando eu precisei. E por serem meu ponto de paz e equilíbrio. À minha avó, Maria Olinda Konzen, exemplo de força e persistência, pessoa batalhadora que sempre me ensinou sobre a importância do estudo. Ao meu irmão Rodrigo, por sempre estar por perto, por todo o auxílio e incentivo. Vocês foram essenciais para que eu chegasse até aqui, obrigada por estarem ao meu lado, por sempre me ensinarem a ser forte e resiliente e acreditarem que sou capaz. É com o exemplo de vocês que eu aprendo a lutar pelos meus sonhos e objetivos diariamente!

Agradeço ao meu namorado, companheiro e amigo Lucas, que esteve ao meu lado durante todos estes anos em tantos momentos, desde o início desta trajetória. Obrigada por entender a minha ausência, por vezes necessária para a dedicação aos estudos, por ter me escutado, apoiado e sempre oferecido teu ombro amigo.

Aos meus amigos e amigas que, mesmo com a distância, sempre estiveram por perto, me apoiando e incentivando.

Aos meus queridos colegas e amigos do laboratório do Bloco 7, Ubiratan, Mathias, Tailana Milene, Indiara, Vanessa e Kauane. Sou grata a vocês por todo o auxílio e suporte para que este trabalho fosse possível de ser realizado. Pela ajuda nas coletas, análises e em tantos outros momentos. Obrigada por serem pessoas tão incríveis e não medirem esforços para fazer acontecer. Por toda a parceria, momentos nos laboratórios e a amizade construída. Os levo sempre em meus pensamentos com muito carinho!

Ao meu orientador, Professor Genesio, que me acolheu, aceitou este desafio comigo, e que desde o início fez o que pode para que o trabalho fosse realizado da melhor forma possível. Obrigada pela sua orientação, conselhos e palavras amigas, és uma pessoa e profissional que admiro muito.

A todos os técnicos de laboratório que de alguma forma me auxiliaram na realização do trabalho, especialmente à Michele, sempre muito solícita e disposta. Obrigada pela paciência, por ter oferecido tua ajuda no laboratório e me auxiliado tanto!

Aos servidores e amigos da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Três Passos, que me apoiaram e incentivaram na realização deste estudo e se dispuseram a auxiliar nas coletas e fornecimento de informações e dados. Meu agradecimento por tudo!

À Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de estudar em uma instituição federal, gratuita e de qualidade.

Por fim, agradeço a todos que de alguma maneira me auxiliaram e estiveram presentes durante todo este processo. À tantas pessoas especiais que cruzaram o meu caminho durante estes anos e fizeram com que esta trajetória se tornasse mais leve e feliz. O meu muito obrigada!

*“O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada. Caminhando e semeando, no fim terás o que colher.”*

*Cora Coralina*

## RESUMO

### AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM MICROBACIAS DO LAJEADO TRÊS PASSOS NO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL

AUTORA: Isabela Schamann Konzen  
ORIENTADOR: Genesio Mario da Rosa

A qualidade da água de cursos hídricos é impactada pelas atividades antrópicas, devido principalmente ao desenvolvimento de áreas urbanas e da agricultura. Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar a qualidade da água e influência do uso e ocupação do solo em três microbacias (A, B e C) do Lajeado Três Passos, no município de Três Passos, Rio Grande do Sul. As coletas de água foram realizadas em oito pontos distintos, distribuídos ao longo das três microbacias. Foram executadas duas campanhas de coleta de água, sendo que a primeira campanha foi realizada no mês de setembro e, a segunda campanha, no mês de novembro de 2022. Em geral, os parâmetros analisados estão de acordo com os valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para águas doces de classe 2, exceto pelas variáveis nitrato, fósforo e *E. coli* que, em alguns pontos excederam os limites estabelecidos na legislação. Estes resultados indicam que o uso e ocupação do solo no entorno das microbacias pode estar contribuindo para a piora da qualidade da água, devido à influência urbana com o lançamento de efluentes domésticos e industriais e o possível carreamento de nutrientes de atividades agrícolas ao corpo hídrico. De acordo com Índice de Estado Trófico (IET), o ambiente aquático foi classificado em hipereutrófico para todos os pontos em ambas as campanhas de coleta, exceto para o P6, que apresentou o nível supereutrófico na segunda campanha, despertando um alerta para a qualidade da água no Lajeado. Os resultados das análises obtidas na microbacia C demonstram que esta permanece em melhor estado de preservação, devido à maior área de formação florestal ao seu entorno e maior distanciamento da área urbana.

**Palavras-chave:** Poluição hídrica. Eutrofização. Urbanização.

## ABSTRACT

### EVALUATION OF WATER QUALITY AND THE INFLUENCE OF LAND USE AND OCCUPATION IN THE MICRO-WATERSHEDS OF THE LAJEADO TRÊS PASSOS IN THE NORTHWEST OF RIO GRANDE DO SUL

AUTHOR: Isabela Schamann Konzen  
ADVISOR: Genesio Mario da Rosa

The water quality of watercourses is impacted by anthropic activities, mainly due to the development of urban areas and agriculture. Thus, the present study aimed to evaluate the water quality and the influence of land use and occupation in three watersheds (A, B and C) of Lajeado Três Passos, in the municipality of Três Passos, Rio Grande do Sul. The water collections were performed in eight different points distributed along the three watersheds. Two water collections campaigns were carried out, the first in September, and the second in November 2022. In general, the parameters analyzed are in accordance with the maximum values allowed by the CONAMA Resolution No. 357/2005, for class 2 freshwater, except for the variables nitrate, phosphorus and *E. coli* which, in some points exceeded the limits established in the legislation. These results indicate that the land use and occupation around the watersheds may be contributing to the worsening of the water quality, due to the urban influence with the discharge of domestic and industrial effluents and the possible carriage of nutrients from agricultural activities to the water body. According to the Trophic State Index (TSI), the aquatic environment was classified as hypereutrophic for all points in both collection campaigns, except for P6, which presented the supereutrophic level in the second campaign, raising an alert for the water quality in the Lajeado. The results of the analyses obtained in watershed C demonstrate that it remains in a better state of preservation, due to the larger area of forest formation around it and the longer distance from the urban área.

**Keywords:** Water pollution. Eutrophication. Urbanization.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da sub-bacia do Lajeado Três Passos/RS, e identificação dos pontos de coleta e microbacias em estudo. ....	20
Figura 2 - Imagens e identificação dos pontos de coleta. ....	21
Figura 3 - Mapa de uso e ocupação do solo das microbacias em estudo, no Lajeado Três Passos. ....	27
Figura 4 - Concentração de nitrogênio amoniacal nos pontos de coleta da sub-bacia do Lajeado Três Passos. ....	29
Figura 5 - Concentração de nitrito nos pontos de coleta da sub-bacia do Lajeado Três Passos. ....	31
Figura 6 - Concentração de nitrato nos pontos de coleta da sub-bacia do Lajeado Três Passos. ....	32
Figura 7 - Concentração de oxigênio dissolvido (OD) nos pontos de coleta da sub-bacia do Lajeado Três Passos. ....	34
Figura 8 - Concentração de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nos pontos de coleta da sub-bacia do Lajeado Três Passos. ....	35
Figura 9 - Concentração de sólidos totais nos pontos de coleta da sub-bacia do Lajeado Três Passos. ....	37
Figura 10 - Concentração de coliformes totais e <i>E. coli</i> nos pontos de coleta da sub-bacia do Lajeado Três Passos. ....	39
Figura 11 - Concentração de fósforo total nos pontos de coleta da sub-bacia do Lajeado Três Passos. ....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos níveis tróficos de acordo com concentração de fósforo total e IET. ....	25
Tabela 2 - Código e município sede das estações meteorológicas da região.....	25
Tabela 3 - Análise quantitativa das classes de uso e ocupação do solo categorizadas para cada microbacia em estudo.....	26
Tabela 4 - Valores médios de precipitação com base em estações meteorológicas da região. ....	27
Tabela 5 - Resultados obtidos nas análises para temperatura, pH e turbidez, para as duas campanhas de coleta.....	28
Tabela 6 - Índice de Estado Trófico (IET) e níveis de trofia para todos os pontos de coleta.....	43

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes utilizadas na caracterização do uso e ocupação do solo, de acordo com a plataforma MapBiomias. ....	19
Quadro 2 - Parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de qualidade da água analisados e respectivas metodologias. ....	22

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1	OBJETIVOS.....	16
1.1.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	16
1.1.2	<b>Objetivos Específicos</b> .....	17
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	17
2.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	17
2.2	AVALIAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	18
2.3	METODOLOGIA DE COLETAS E ANÁLISES.....	19
2.4	DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO.....	24
2.5	DADOS DE PRECIPITAÇÃO .....	25
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	25
3.1	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS MICROBACIAS EM ESTUDO .....	25
3.2	DADOS DE PRECIPITAÇÃO .....	27
3.3	QUALIDADE DA ÁGUA E CORRELAÇÃO AO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS MICROBACIAS .....	28
3.3.1	<b>Concentrações de Nitrogênio (N - amoniacal, nitrito e nitrato)</b> .....	28
3.3.2	<b>Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD)</b> .....	33
3.3.3	<b>Concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)</b> .....	35
3.3.4	<b>Concentrações de Sólidos Totais (ST)</b> .....	37
3.3.5	<b>Concentrações de Coliformes Totais e <i>Escherichia coli</i></b> .....	38
3.3.6	<b>Concentrações de Fósforo Total (P)</b> .....	41
3.3.7	<b>Índice De Estado Trófico (IET)</b> .....	42
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	45
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	46

## 1 INTRODUÇÃO

A água é o recurso primordial e mais essencial aos seres humanos, sendo que compõe o papel de manter a vida e a biodiversidade e está presente em praticamente todas as atividades humanas (ANJINHO et al., 2020). Os recursos hídricos, de forma geral, são utilizados para diversos fins, recursos estes que atualmente estão sofrendo uma grande demanda, tendo em vista o aumento da urbanização e o aumento populacional que, conseqüentemente, provocam o crescimento das atividades antrópicas, como a expansão agrícola e industrial (LOURENÇO et al., 2022).

De acordo com a UNESCO (2019), a utilização da água cresce a uma taxa de 1% por ano desde a década de 1980 no mundo, em razão do desenvolvimento socioeconômico, do crescimento populacional e das mudanças nos padrões de consumo, e este deve aumentar ainda mais nos próximos anos devido às altas demandas do setor industrial e doméstico, que se intensificam a cada dia.

Estes aspectos afetam negativamente o meio ambiente e trazem grandes preocupações atualmente, especialmente no que diz respeito à quantidade e qualidade das águas e sua disponibilidade. Por sua vez, estas são prejudicadas devido ao uso e ocupação do solo que ocorre, muitas vezes, de maneira desenfreada no entorno e dentro das bacias hidrográficas, sem ordenamento e planejamento e promovem alterações na qualidade da água, causando poluição (DE SOUZA; GASTALDINI, 2014).

Neste sentido, a precariedade e/ou falta de esgotamento sanitário nos centros urbanos, e os despejos industriais são fatores que colaboram fortemente para a má qualidade das águas, fatores estes que podem estar relacionados à má gestão governamental (SIMONETTI; SILVA; ROSA, 2019).

No Brasil, os esgotos domésticos constituem um grande problema quando se fala em recursos hídricos, visto que, em muitos locais do país, os esgotos ainda não são tratados, ou seu tratamento é feito de forma insuficiente ou, ainda, não há nem rede coletora (DOS SANTOS et al., 2018).

Além disso, aproximadamente 80,0% da água captada de fontes naturais para tratamento e posterior distribuição para o abastecimento da população é transformada em esgoto após a sua utilização, sendo este constituído por 99,9% de água e 0,1% de sólidos (SNIS, 2020).

Assim, além do comprometimento na qualidade das águas e do meio ambiente em geral, esta vem a se tornar uma questão preocupante quando se fala em saúde pública e saneamento básico. Conforme a UNESCO (2019), a cada dez pessoas, três não possuem acesso à água potável segura e seis não tem acesso a serviços de saneamento, sendo que estes números são muito mais significantes quando se olha em uma perspectiva menor, na grande desigualdade que ocorre entre comunidades e bairros, por exemplo.

As atividades agrícolas e agropecuárias compõem uma parte considerável desta problemática, tendo em vista a excessiva aplicação de fertilizantes e outros defensivos em áreas rurais, sendo o nitrato um notável indicador de contaminação hídrica que, juntamente com outros parâmetros, pode provocar a eutrofização de corpos hídricos, se estiver presente em abundância nas águas (LOURENÇO et al., 2022). Simonetti et al. (2019) ressaltam que nas áreas rurais, é frequente a identificação de propriedades onde não há o cumprimento da preservação e manutenção de áreas de mata ciliar, Áreas de Preservação Permanente (APPs) ou Reservas Legais, fato que pode contribuir para o carreamento de substâncias para os cursos hídricos, levando à degradação mais facilmente.

Neste contexto, destaca-se que o Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651/2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, é de extrema importância para a manutenção da qualidade das águas, pois determina as faixas marginais de APPs que devem ser respeitadas em quaisquer cursos hídricos, em zonas rurais e urbanas, desde a borda da calha do leito regular do curso hídrico (BRASIL, 2012).

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), sendo que o enquadramento dos corpos de água em classes, conforme seus usos preponderantes, é um dos instrumentos da PNRH, estabelecido no Art. 5º, inciso II, da referida Lei. De acordo seu Art. 9º:

O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, visa a: I – assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas; II – diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes. (BRASIL, 1997).

Neste contexto, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) instituiu a Resolução nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, indicando também os padrões de

referência de parâmetros para o monitoramento das águas. A classificação das águas doces inclui a Classe Especial - que representa a melhor qualidade -, a Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4 - de pior qualidade -, ou seja, o uso a que a água pode ser destinada é menos restritivo quanto maior o número da classe (BRASIL, 2005; CINTRA et al., 2020).

Assim, a identificação do estado de conservação de um recurso hídrico e de seus usos múltiplos, através do monitoramento contínuo com a utilização de parâmetros de qualidade da água, é de extrema importância para a identificação de fontes de poluição na bacia hidrográfica (ANJINHO et al., 2020). Dessa forma, estudos acerca da qualidade das águas, especialmente em zonas urbanas, se tornam de grande importância para a verificação da influência das atividades humanas nos recursos hídricos, bem como para avaliar seus possíveis usos, e levar conhecimento à população acerca do tema, visto que corpos hídricos contaminados ou poluídos podem vir a comprometer de forma considerável a saúde pública, por meio da disseminação de doenças de veiculação hídrica, além de afetar a qualidade da água para futuros usos que se tornarem necessários (SANTOS et al., 2018).

Diante do exposto, e da importância da avaliação da qualidade das águas no contexto atual, o objetivo do presente trabalho foi analisar parâmetros de qualidade da água em pontos distribuídos em três microbacias do Lajeado Três Passos, no município de Três Passos, noroeste do estado do Rio Grande do Sul, avaliando a qualidade da água em comparação ao uso e ocupação do solo no entorno do Lajeado, buscando-se fazer um paralelo com os valores máximos permitidos (VMP) determinados na Resolução CONAMA nº 357/2005 para os parâmetros analisados, e enquadrar as microbacias analisadas em relação ao Índice de Estado Trófico da água (IET).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a qualidade da água analisando a influência do uso e ocupação do solo de três microbacias do Lajeado Três Passos.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar análises de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de amostras de água coletadas em diferentes pontos do Lajeado Três Passos, com diferentes características;
- Comparar os resultados obtidos nas análises efetuadas com os valores máximos permitidos (VMP) na Resolução CONAMA nº 357/2005 para os parâmetros analisados;
- Avaliar a influência do uso e ocupação do solo ao entorno das microbacias do Lajeado Três Passos;
- Determinar o Índice de Estado Trófico (IET) das microbacias em estudo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Três Passos, localizado na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, a 27°27'20" latitude Sul e a 53°55'55" longitude Oeste (FAMURS, 2010 apud WERLE, 2013). O município possui uma área territorial de 268,902 km<sup>2</sup> (IBGE, 2021), uma população de 23.965 habitantes e densidade demográfica de 89,29 hab/km<sup>2</sup>, conforme o último censo do IBGE realizado no ano de 2010, e está situado no Conselho Regional de Desenvolvimento (COREDE), da região Ceileiro do estado, conforme o Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul (2022).

A predominância do clima no município de Três Passos é o Cfa, segundo a classificação de Köppen, sendo este caracterizado por ser temperado úmido com verão quente, subtropical, ameno e precipitação média de aproximadamente 1.800 mm/ano. As temperaturas médias anuais são em torno de 20 °C, com variações de cerca de 10 °C (WERLE, 2013).

A sub-bacia do Lajeado Três Passos, está inserida na Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo, na Região Hidrográfica do Rio Uruguai. As nascentes do Lajeado Três Passos, estão localizadas, em sua maioria, no perímetro urbano, portanto já foram rigorosamente afetadas por conta da influência da urbanização, dificultando a exata identificação dos locais onde estão situadas. Os

cursos d'água afluentes, que derivam destas nascentes, também já foram intensamente impactados sendo que, em sua maior parte já foram retificados, drenados ou canalizados. O Lajeado segue seu percurso até desaguar no Rio Turvo.

O Lajeado Três Passos é caracterizado por receber as águas provenientes das galerias pluviais e alta carga de efluentes provindos da cidade, dentre eles, efluentes domésticos e industriais de fontes diversas, sendo que parte deles é disposta no curso hídrico após tratamento simplificado e, parte é disposta sem nenhum tratamento ou, com tratamento ineficiente. Não existem dados precisos acerca da quantidade exata de efluentes despejados no Lajeado, somente àqueles de autorizações e licenças ambientais, municipais e estaduais, expedidas para esta finalidade.

## 2.2 AVALIAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Para a avaliação da interferência do uso e ocupação do solo da área em estudo para a qualidade da água do Lajeado, utilizou-se a plataforma do Projeto MapBiomas de onde foram retirados os dados espaciais de monitoramento. O MapBiomas é um projeto de Mapeamento da Cobertura e Uso do Solo no Brasil, com o qual é possível a geração de mapas e estudos referentes ao uso e ocupação de solo (LIMA et al., 2017), por meio de técnicas de sensoriamento remoto e processamento digital de imagens de satélite (ARRAZ, 2022).

Para tanto, foi elaborado um mapa com a identificação das classes de uso e ocupação na bacia, por meio do aplicativo de sistemas de informações geográficas (SIG) ArcMap versão 10.8.

A metodologia utilizada para a confecção de mapas por meio do projeto MapBiomas, é realizada através da classificação pixel a pixel, de imagens do satélite Landsat com resolução espacial de 30 metros, sendo que os dados são disponibilizados na plataforma Google Earth Engine®, para processamento em nuvem (MAPBIOMAS, 2023).

Um arquivo *raster* com os dados de uso e ocupação do solo para o município de Três Passos foi obtido a partir da plataforma do MapBiomas e a partir deste, foi feito o recorte para a sub-bacia do Lajeado Três Passos. As microbacias foram delimitadas conforme o método de delimitação por curvas de nível, para sua melhor definição e visualização. Foi utilizado um modelo digital de elevação da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com resolução espacial de 30 metros,

disponibilizado pelo site Earthdata (NASA, 2023). Os dados de curvas de nível foram retirados da base de dados da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, 2023).

O MapBiomas possui pré-definição e padronização própria de classes de uso e ocupação do solo. Para o presente estudo, o resultado da classificação se deu em 6 classes predominantes (Quadro 1), pré-definidas a partir do arquivo *raster* referente ao município. Utilizou-se a metodologia de classificação supervisionada, com base nos usos e ocupações mais predominantes na região de estudo.

Quadro 1 - Classes utilizadas na caracterização do uso e ocupação do solo, de acordo com a plataforma MapBiomas.

Classe	Cor correspondente
Formação Florestal	
Silvicultura	
Pastagem	
Lavoura Temporária	
Mosaico Agricultura e Pastagem*	
Área urbanizada	

Fonte: Adaptado de MapBiomas (2023).

\*Mosaico Agricultura e Pastagem: referente a áreas onde são realizadas práticas de rotação de usos durante o ano. Identificada automaticamente pelo MapBiomas.

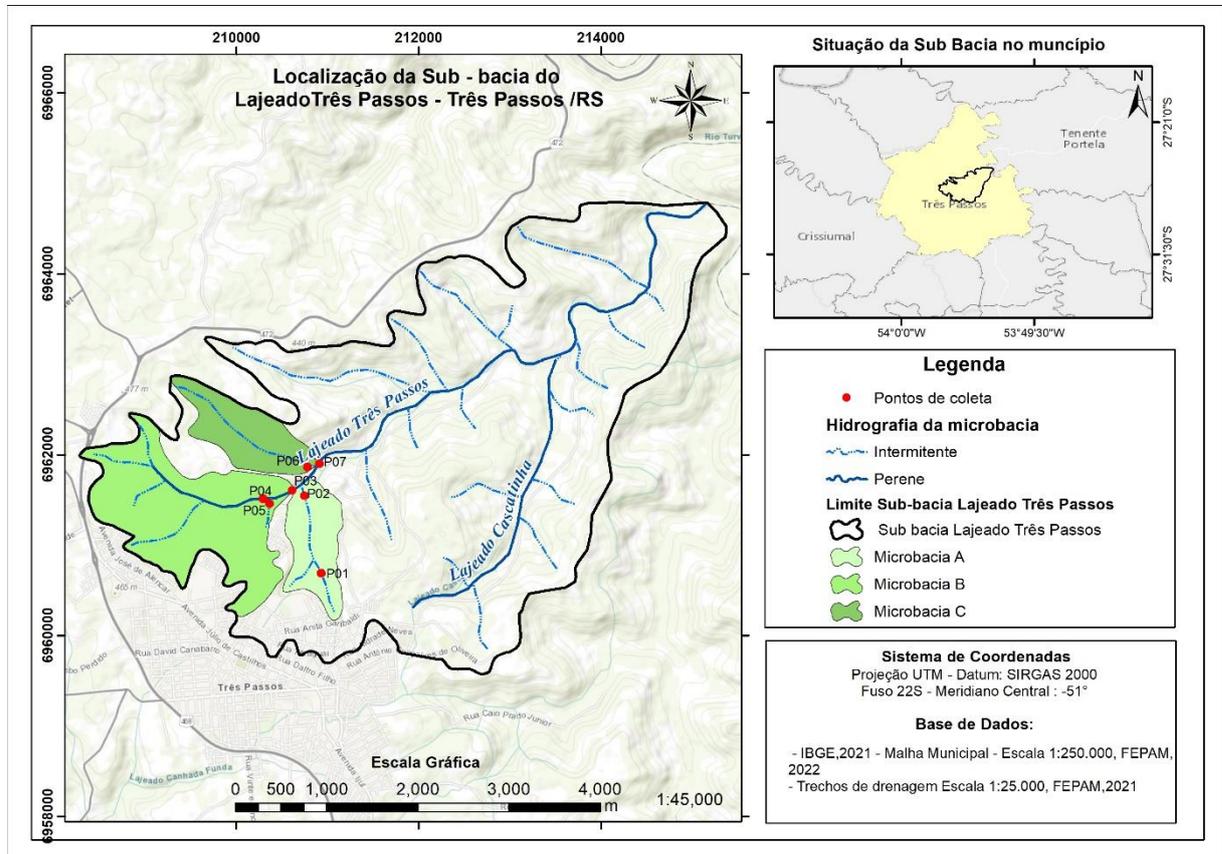
### 2.3 METODOLOGIA DE COLETAS E ANÁLISES

Foram realizadas duas campanhas de coleta de amostras de água, nos meses de setembro e novembro do ano 2022, em três microbacias do Lajeado Três Passos, as quais foram divididas e identificadas como: microbacia A, microbacia B e, microbacia C. A primeira campanha amostral foi realizada na data de 27 de setembro de 2022 e, a segunda, em 07 de novembro de 2022.

Primeiramente, fez-se um levantamento prévio da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Três Passos, a fim de melhor conhecê-la, identificando suas particularidades. As microbacias foram definidas conforme suas diferentes características e uso e ocupação do solo presente em cada uma, levando-se em consideração aspectos como a proximidade da área urbana e indústrias; a presença de mata ciliar e; a presença de áreas agricultáveis. Os pontos de coleta para cada microbacia foram

definidos de maneira a obter-se a melhor representatividade de cada microbacia (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização da sub-bacia do Lajeado Três Passos/RS, e identificação dos pontos de coleta e microbacias em estudo.



Fonte: Autores (2023).

Na microbacia A foram realizadas coletas em dois pontos: P1 e P2. O P1 foi definido pelo fato de estar situado em proximidade a áreas urbanas, distante cerca de 600 metros de um ponto de lançamento de efluentes. O P2 se localiza a diante do P1 (cerca de 870 metros), próximo à junção do afluente com o rio principal.

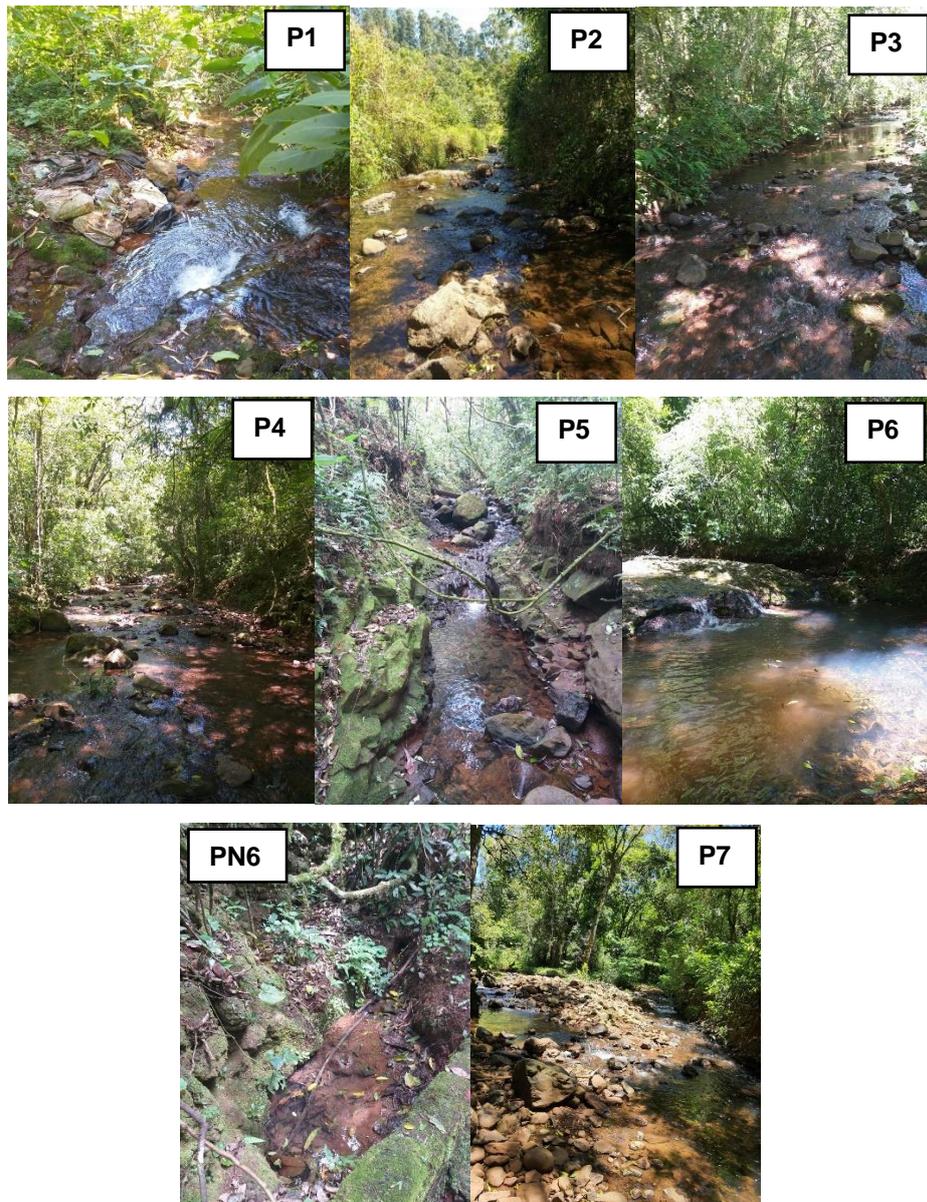
Para a microbacia B, foram determinados dois pontos de coleta no rio principal (P3 e P4) e, ainda, um terceiro ponto (P5) localizado em um contribuinte situado entre o P3 e P4, proveniente diretamente da área urbana, sendo que o ponto localiza-se a cerca de 300 metros da cidade, recebendo também a contribuição de efluentes domésticos e drenagem de águas pluviais.

Na microbacia C, a coleta foi realizada em um ponto, identificado como P6, estando este, mais afastado da influência da urbanização, com maior incidência de vegetação. Além disso, ao lado do P6 está situada uma nascente, da qual também foi

coletada água para análises a título de comparação com os demais pontos analisados, sendo esta denominada de PN6.

Ainda, foi realizada coleta de amostras em um ponto situado após a junção de todos os afluentes inseridos nas três microbacias de estudo - designado como P7 – tendo em vista a importância da análise do Lajeado após a contribuição dos afluentes anteriores a este ponto, e a finalidade de caracterizar o corpo hídrico neste trecho do rio principal.

Figura 2 - Imagens e identificação dos pontos de coleta.



Fonte: Autores (2023).

Foram utilizadas as recomendações do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 2011), NBR 9897 (ABNT, 1987) e NBR 9898 (ABNT, 1987),

para a realização das coletas e armazenamento de amostras. As amostras coletadas foram armazenadas em frascos de polietileno de 1 Litro, da marca Nalgon®, devidamente higienizados e autoclavados, sendo que as amostras foram coletadas de jusante a montante do lajeado. As análises foram efetuadas nos laboratórios de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Santa Maria – Campus Frederico Westphalen. Foram utilizadas caixas térmicas para o transporte das amostras até a Universidade e, anteriormente às análises, estas foram mantidas em refrigeração em geladeira a cerca de  $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , conforme recomendado.

Foram realizadas as análises dos seguintes parâmetros físico-químicos: pH; temperatura; turbidez; oxigênio dissolvido (OD); demanda bioquímica de oxigênio (DBO); sólidos totais; nitrato; nitrito; nitrogênio amoniacal e fósforo total. Para as análises microbiológicas, os parâmetros analisados foram: coliformes totais e coliformes termotolerantes, sendo este último indicador representado neste estudo pela bactéria *Escherichia coli* (*E. coli*). No Quadro 2 são listados os parâmetros e respectivas metodologias e referências utilizadas nas análises de qualidade da água.

Quadro 2 - Parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de qualidade da água analisados e respectivas metodologias.

Parâmetro	Metodologia	Referência
pH	Sonda Multiparâmetro AcquaProbe	*SMEWW – Método 4500 – H + B. 22 <sup>a</sup> Ed. 2012
Temperatura	Sonda Multiparâmetro AcquaProbe	SMEWW – Método 2550 B. 22 <sup>a</sup> Ed. 2012
Turbidez	Espectrofotometria	SMEWW – Método 2130 B. 22 <sup>a</sup> Ed. 2012
OD	Método de Winckler modificado com azida sódica	SMEWW – Método 4500 O C. 22 <sup>a</sup> Ed. 2012.
DBO	Método de incubação (20°C, cinco dias)	SMEWW – Método 5210 B. 22 <sup>a</sup> Ed. 2012; NBR 12614 (ABNT,1992)
Sólidos Totais	Método Gravimétrico	SMEWW – Método 2540 B. 22 <sup>a</sup> Ed. 2012
Nitrato	Método do N-(1-naftil)-etilenodiamina (NTD)**	SMEWW – Método 4500 B. 4-120. 22 <sup>a</sup> Ed. 2012
Nitrito	Método da Alfaftilamina***	SMEWW – Método 4500-NO <sub>2</sub> . 22 <sup>a</sup> Ed. 2012
Nitrogênio Amoniacal	Método Azul de Indofenol****	SMEWW – Método 4500 – Phenate Method. 22 <sup>a</sup> Ed. 2012
Fósforo Total	Método do Ácido Ascórbico*****	SMEWW – Método 4500 E 4-155. 22 <sup>a</sup> Ed. 2012
Coliformes Totais e Termotolerantes	Colilert (IDEXX)	SMEWW – Método 9223 B. 22 <sup>a</sup> Ed. 2012

Fonte: Autores (2023).

\*SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

\*\*Neste método, ocorre a reação do ácido sulfanílico com o diocloreto de N-(1-Naftil)-etilenodiamino, que forma um composto de coloração rósea, correspondente à concentração de nitrato na amostra;

\*\*\*Neste método, ocorre a reação do ácido sulfanílico com o cloridrato de alfa-naftilamina, formando uma coloração rósea, correspondente à concentração de nitrito na amostra;

\*\*\*\*Baseado na formação de um composto azul intenso de indofenol, que na presença de um oxidante, resulta na reação do íon amônio com compostos fenólicos (PLÁCIDO, 2017);

\*\*\*\*\*Baseado na digestão da amostra sob aquecimento em meio ácido. Ocorre a formação de um complexo de molibdênio pela redução da cor amarela do fosfomolibdato de amônio, gerando uma cor azul intensa.

Os parâmetros físicos de pH e temperatura foram determinados *in loco*, por meio da Sonda Multiparâmetro AcquaProbe - modelo AcquaProbe-AP1, e turbidez foi analisada em laboratório, por espectrofotometria.

As análises de OD foram realizadas por meio do método de Winckler modificado com azida sódica, através da titulação da amostra. A DBO foi determinada por meio do método de incubação, na qual as amostras permanecem em incubadora por cinco dias a 20 °C em frascos âmbar, a fim de que a matéria orgânica presente seja consumida pelos microrganismos presentes na amostra. Faz-se a medição do OD no primeiro dia, e após os cinco dias de incubação das amostras, sendo a DBO determinada através da diferença entre o valor de OD inicial e OD final.

Os sólidos totais foram determinados por método gravimétrico, com a metodologia de calcinação e secagem em estufa a 103 – 105 °C, onde as massas das cápsulas secas são aferidas previamente à colocação das amostras, e após permanecerem na estufa por 24 horas com a amostra. A diferença entre as massas corresponde ao total de sólidos na amostra.

As análises de nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal e fósforo total foram realizadas por meio da utilização de Kits de análises fornecidos pela empresa Alfakit®, nos quais a determinação dos parâmetros é realizada conforme métodos colorimétricos, e os quais seguem a metodologias estabelecidas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Após efetuar a metodologia, faz-se a leitura das amostras em espectrofotômetro para a determinação de absorbância e posteriormente, a concentração do parâmetro, que é dada através de uma curva padrão de calibração elaborada para cada análise.

As variáveis coliformes totais e *Escherichia coli*, foram determinados por meio do teste Colilert® (IDEXX), teste este aprovado pela Environmental Protection Agency (EPA) e incluído no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

Os resultados dos parâmetros analisados neste estudo, foram comparados aos valores máximos permitidos (VMP) dispostos na Resolução CONAMA nº 357/2005, que trata sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento (BRASIL, 2005).

## 2.4 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO

Além disso, foi avaliado o Índice de Estado Trófico (IET) para cada ponto de coleta em estudo. De acordo com a CETESB (2014), a finalidade deste índice é de classificar os corpos d'água em graus diferentes de trofia, indicando o enriquecimento da água com nutrientes e sua relação com o crescimento de algas e cianobactérias nos corpos hídricos. Ainda conforme a CETESB (2014), o fósforo é considerado o agente causador da eutrofização, sendo que os resultados do Índice de Estado Trófico relacionados a este parâmetro são de grande importância para a definição do grau de trofia de determinado curso hídrico.

Os cálculos de IET foram realizados conforme metodologia proposta por Lamparelli (2004), para o fósforo total (PT), estabelecida para ambientes lóticos (Equação 01).

$$IET (PT) = 10 * \left( 6 - \left( 0,42 - 0,36 * \left( \frac{\ln PT}{\ln 2} \right) \right) - 20 \right) \quad (1)$$

onde,

IET (PT) = índice de estado trófico;

PT = concentração de fósforo total ( $\mu\text{g. L}^{-1}$ );

ln = logaritmo natural.

A classificação do ambiente aquático em relação ao IET para fósforo é dada em seis níveis de trofia, as quais variam conforme as concentrações de fósforo total e os resultados obtidos para IET (Tabela 1).

Tabela 1 - Classificação dos níveis tróficos de acordo com concentração de fósforo total e IET.

Níveis de trofia	[PT] mg/L	IET
Ultraoligotrófico	$\leq 0,013$	$\leq 47$
Oligotrófico	$0,013 < PT \leq 0,035$	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$0,035 < PT \leq 0,137$	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$0,137 < PT \leq 0,296$	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$0,296 < PT \leq 0,640$	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$> 0,640$	$> 67$

Fonte: Adaptado de Lamparelli (2004).

## 2.5 DADOS DE PRECIPITAÇÃO

As variáveis analisadas podem ser influenciadas pelas condições meteorológicas anteriores à realização das coletas. O município de Três Passos não possui estação meteorológica oficial registrada. Dessa forma, os dados de precipitação foram retirados da plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), de quatro estações automáticas disponíveis na região, sendo que as estações foram escolhidas levando-se em consideração a sua proximidade com o município de Três Passos, e os dados obtidos são referentes a um período de quinze dias anteriores à data das coletas (Tabela 2).

Tabela 2 - Código e município sede das estações meteorológicas da região.

Código da Estação	Município
A810	Santa Rosa/RS
0805	Santo Augusto/RS
0854	Frederico Westphalen/RS
0856	Palmeira das Missões/RS

Fonte: Autores (2023).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS MICROBACIAS EM ESTUDO

A Tabela 3 apresenta a análise quantitativa dos dados de classificação de uso e ocupação do solo obtidos para a microbacia A, B e C. Os dados demonstram que para a microbacia A foram classificados 0,767 km<sup>2</sup>; para a microbacia B, 2,711 km<sup>2</sup> e; para a microbacia C, 0,897 km<sup>2</sup>.

Tabela 3 - Análise quantitativa das classes de uso e ocupação do solo categorizadas para cada microbacia em estudo.

Classes de uso e ocupação	Microbacias					
	A		B		C	
	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Formação Florestal	0,465	60,68	0,775	28,59	0,581	64,79
Silvicultura	0,032	4,11	0,025	0,93	0,012	1,30
Pastagem	0,009	1,17	0,113	4,18	0,007	0,80
Lavoura Temporária	0,070	9,15	0,852	31,44	0,277	30,89
Mosaico Agricultura e Pastagem	0,191	24,88	0,187	6,91	0,020	2,21
Área urbanizada	0,00	0,00	0,758	27,95	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>0,767</b>	<b>100</b>	<b>2,711</b>	<b>100</b>	<b>0,897</b>	<b>100</b>

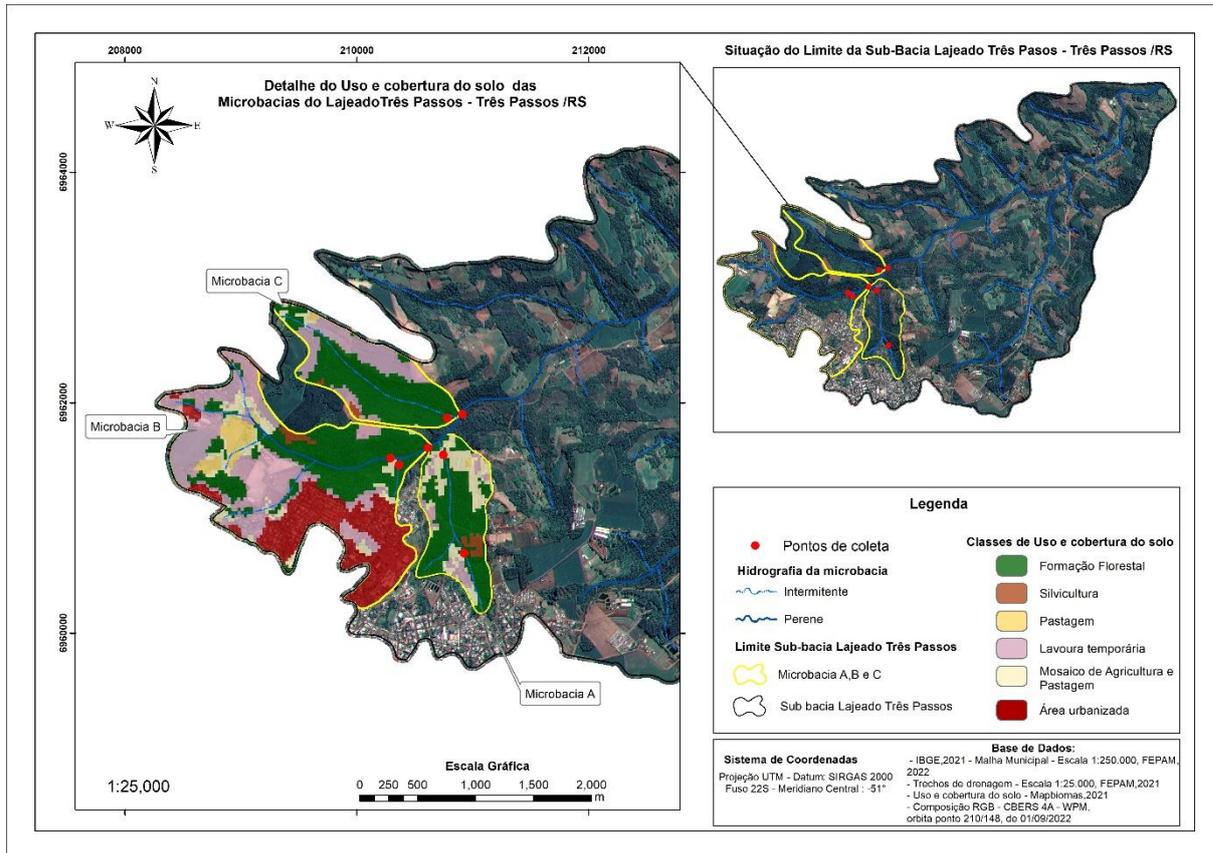
Fonte: Autores (2023).

Observa-se que a microbacia B é a maior entre as estudadas, seguida da microbacia C e microbacia A. A microbacia C possui o percentual mais elevado de formação florestal (64,79%), e a microbacia B possui cobertura florestal mais reduzida (28,59%), além de estar situada mais próxima à área urbana, composta de 27,95% de área urbanizada. Vale ressaltar que, a partir dos trabalhos de campo realizados e análises do local de estudo verificou-se que a microbacia A possui porções de urbanização ao seu entorno, apesar de não ter sido caracterizada com esta classe neste trabalho, devido às restrições da própria metodologia utilizada para a classificação.

Em relação à influência antrópica relacionada à agricultura, observa-se que todas as microbacias possuem esta interferência, sendo que a microbacia B possui 0,852 km<sup>2</sup> de lavouras temporárias, com o maior percentual de cobertura para esta classificação. A microbacia C, apesar de possuir maior área de formação florestal, possui a segunda maior área classificada com lavouras temporárias, com 0,277 km<sup>2</sup>.

O mapa de uso e ocupação do solo elaborado para as microbacias em estudo é apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Mapa de uso e ocupação do solo das microbacias em estudo, na sub-bacia do Lajeado Três Passos.



Fonte: Autores (2023).

### 3.2 DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Observa-se que os níveis mais elevados de precipitação ocorreram anteriormente à segunda campanha de coletas, entre o mês de outubro e novembro de 2022, registrando em média 63,75 mm. Para a primeira campanha, a média foi em torno de 40,2 mm de precipitação (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores médios de precipitação com base em estações meteorológicas da região.

Código da Estação / Município / UF	Precipitação (mm)	
	13/09 à 27/09/22	24/10 à 07/11/22
A810 / SANTA ROSA / RS	40,2	42,8
0805 / SANTO AUGUSTO / RS	36,4	57,4
0854 / FREDERICO WESTPHALEN / RS	44,0	83,8
0856 / PALMEIRA DAS MISSÕES / RS	-*	71,0
<b>Valores Médios</b>	<b>40,2</b>	<b>63,75</b>

Fonte: Adaptado de INMET (2023).

\*Dados de precipitação não disponíveis para este período.

### 3.3 QUALIDADE DA ÁGUA E CORRELAÇÃO AO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS MICROBACIAS

Os resultados obtidos para as análises de temperatura, pH e turbidez estão demonstrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados obtidos nas análises para temperatura, pH e turbidez, para as duas campanhas de coleta.

Ponto	Temperatura (°C)		pH		Turbidez (UNT)*	
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2
1	19,18	19,99	7,95	8,67	5	<1
2	19,08	18,86	8,32	7,88	1	<1
3	17,89	18,14	7,97	7,63	2	<1
4	17,86	18,19	7,86	7,48	3	<1
5	19,18	18,43	8,27	7,41	1	<1
6	17,82	18,64	7,78	7,72	3	<1
N6	19,00	18,51	6,80	7,10	7	9
7	18,18	19,20	8,03	8,11	2	<1

Fonte: Autores (2023).

\*UNT: Unidade nefelométrica de turbidez.

A Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelece valores máximos permitidos para os parâmetros de pH e turbidez. Para águas doces de classe 1 e classe 2, o pH da água deve variar entre 6,0 a 9,0, estando de acordo com os valores encontrados no presente estudo. Quanto à turbidez, esta deve possuir um valor máximo de 40 UNT. Observa-se que os valores de turbidez encontrados também estão dentro do VMP da Resolução. Para a variável temperatura, não há VMP estabelecido na Resolução nº 357/2005. Em geral, os valores tiveram comportamento semelhante em ambas as campanhas de coleta, com variações entre 17,0 a 19,0 °C, aproximadamente.

#### 3.3.1 Concentrações de Nitrogênio (N - amoniacal, nitrito e nitrato)

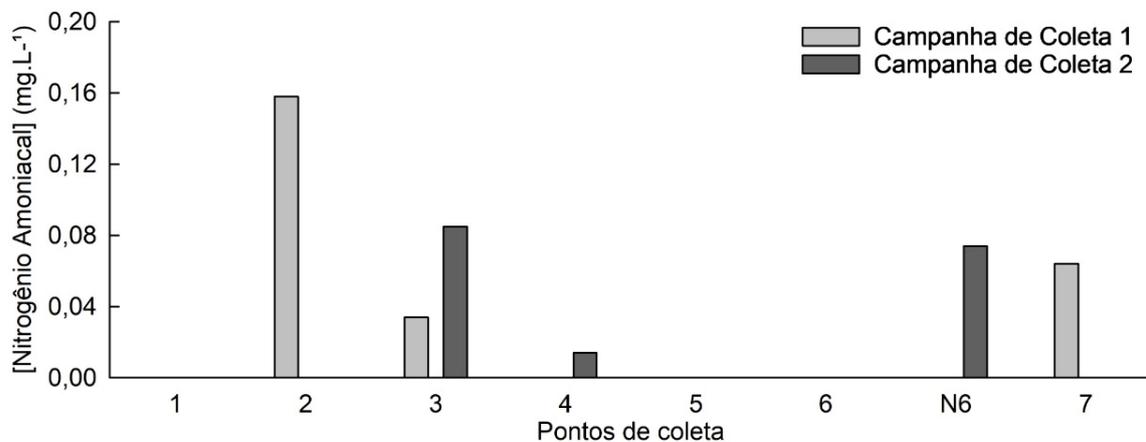
Em seu ciclo, o nitrogênio se alterna entre diferentes formas e estados de oxidação por conta dos diversos processos bioquímicos ocorridos. Nas águas, este pode estar presente nas formas de nitrogênio molecular, nitrogênio orgânico, amônia

livre, íon amônio, íon nitrito e íon nitrato, sendo de grande importância para o controle da poluição das águas (VON SPERLING, 2014).

Por outro lado, o nitrogênio em suas diferentes formas, é um indicador de contaminação de corpos hídricos. Em áreas urbanas, esta contaminação indica condições sanitárias inadequadas e, em áreas rurais, o parâmetro indica que pode estar havendo a contaminação das águas também por efluentes de atividade pecuária, além de compostos nitrogenados adicionados para adubação em áreas de agricultura (CADONÁ et al., 2018).

A Figura 4 demonstra os níveis de nitrogênio amoniacal presentes em cada ponto de coleta nas duas campanhas amostrais.

Figura 4 - Concentração de nitrogênio amoniacal nos pontos de coleta da sub-bacia do Lajeado Três Passos.



Fonte: Autores (2023).

Para os pontos de coleta analisados, na primeira campanha de coleta observaram-se valores de nitrogênio amoniacal entre 0 a 0,16 mg.L<sup>-1</sup>. Para a segunda campanha de coleta, os valores variaram de 0 a 0,09 mg.L<sup>-1</sup>. O P3 apresenta teores de nitrogênio amoniacal nas duas campanhas amostrais.

Em meio aquoso, a amônia existe na forma de íon amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e em sua forma livre, não ionizada (NH<sub>3</sub>) sendo que o nitrogênio amoniacal é composto por estas duas variáveis. A amônia livre, mesmo em baixas concentrações possui altos níveis de toxicidade a peixes, sendo a temperatura da água também um fator relevante para sua concentração. A hidrólise da ureia é a principal origem da amônia. Para

esgotos domésticos, o nitrogênio orgânico e em forma de amônia são predominantes (VON SPERLING, 2014).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece o VMP para este parâmetro conforme o valor de pH da água, sendo o menor VMP admissível de  $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ , para  $\text{pH} > 8,5$ . Observa-se que nenhum dos pontos com a presença de nitrogênio amoniacal excedeu o limite para este parâmetro determinado na Resolução.

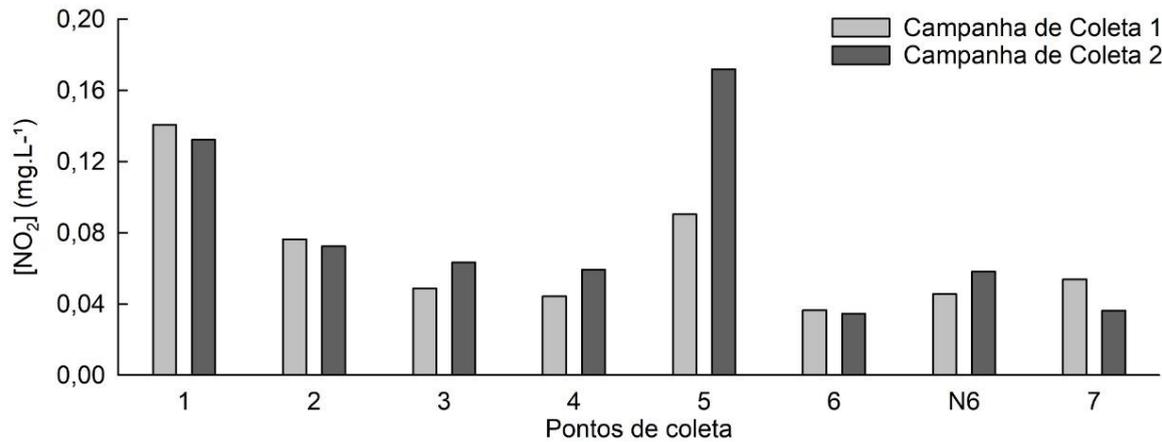
Silva (2022), em estudo realizado em microbacia de abastecimento hídrico localizada também no noroeste do Rio Grande do Sul, evidencia que a concentração de amônia no curso d'água se eleva conforme o aumento dos níveis de chuva, em razão do lançamento de efluentes domésticos e degradação natural de materiais orgânicos, que em épocas de precipitação são carreados mais facilmente ao corpo hídrico. Gargiulo et al. (2022) também demonstraram nos resultados de seu estudo que, os valores de nitrogênio amoniacal presentes no corpo hídrico analisado apresentaram uma tendência à piora da qualidade da água em estação chuvosa. No presente estudo, nota-se que apesar da maior precipitação ter sido registrada na região anteriormente à segunda campanha amostral, esta não foi determinante para os dados de nitrogênio amoniacal.

Valores mais altos de nitrogênio amoniacal no P2 (microbacia A) podem ser explicados devido ao fato de este ponto possuir áreas urbanas ao seu entorno e ser caracterizado por recebimento de efluentes, domésticos e industriais.

De acordo com Von Sperling (2014), poluições em cursos d'água eventualmente causadas por lançamento de efluentes podem ser consideradas em estágio antigo, quando o nitrogênio orgânico e amônia se encontram em concentrações mais reduzidas, e as concentrações de nitrato são mais elevadas, visto que o nitrogênio em forma de amônia é convertido a nitritos, e posteriormente, a nitratos.

A Figura 5 demonstra os resultados obtidos para as concentrações de nitrito encontradas para todos os pontos de coleta, nas duas campanhas amostrais.

Figura 5 - Concentração de nitrito nos pontos de coleta da sub-bacia do Lajeado Três Passos.



Fonte: Autores (2023).

Em geral, percebe-se que as concentrações de nitrito obtiveram um comportamento semelhante para cada ponto, em cada uma das campanhas amostrais.

Para a primeira campanha de coleta foram encontrados valores que variaram de 0,037 mg.L<sup>-1</sup>, para o P6, a 0,141 mg.L<sup>-1</sup>, para o P1. Na segunda campanha de coleta os resultados variaram de 0,035 mg.L<sup>-1</sup>, também para o P6, a 0,172 mg.L<sup>-1</sup>, para o P5. Ou seja, percebe-se que, as maiores concentrações de nitrito foram encontradas para os pontos 1 e 5, na primeira e segunda campanha de coleta, respectivamente e, as menores concentrações para o P6, para ambas as coletas (microbacia C).

Para este parâmetro, a Resolução CONAMA nº 357/2005, impõe um valor máximo permitido (VMP) de 1,0 mg.L<sup>-1</sup>, para águas doces de classe 1 e classe 2. Todos os pontos permaneceram dentro deste VMP em ambas as campanhas amostrais.

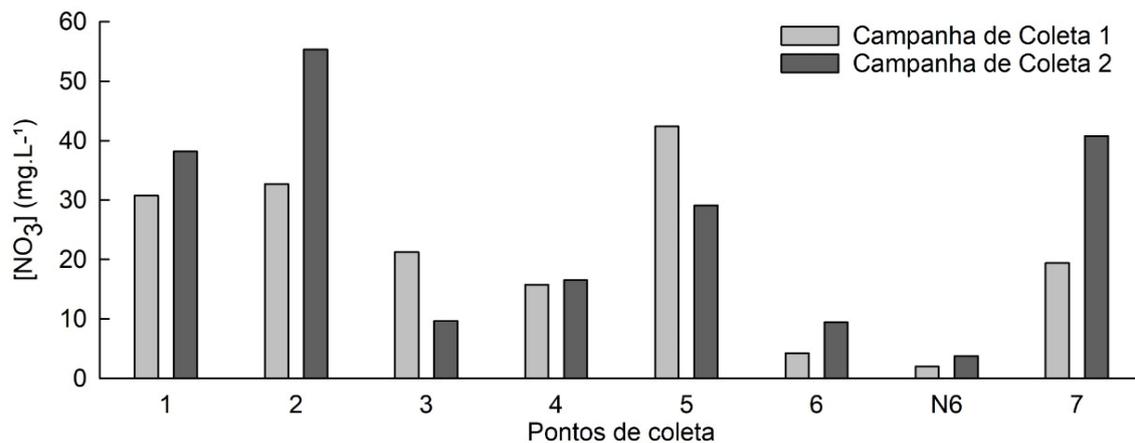
Os pontos 3, 4 e 5 (microbacia B) apresentaram elevações de concentrações de nitrito para a segunda coleta, assim como o ponto N6.

Conforme Von Sperling (2014), o conhecimento das formas de nitrogênio presentes no curso d'água podem indicar o grau de poluição do mesmo por lançamentos de esgotos, sendo que o nitrito geralmente é encontrado em

concentrações mais reduzidas, presente principalmente em casos em que o estágio de poluição no curso d'água é intermediário.

A Figura 6 apresenta as concentrações encontradas nas análises de nitrato, para todos os pontos de coleta, na primeira e segunda campanha.

Figura 6 - Concentração de nitrato nos pontos de coleta da sub-bacia do Lajeado Três Passos.



Fonte: Autores (2023).

Os resultados obtidos para as concentrações de nitrato, se mostraram bastante elevados em ambas as campanhas amostrais. Em geral, os valores tenderam a aumentar na segunda coleta, exceto pelo P3 e P5, em que houve uma redução, comparada à primeira coleta. Na primeira campanha, observa-se o maior valor de concentração de nitrato para o P5, sendo este de 42,40 mg.L<sup>-1</sup>, seguido do P2, com 32,71 mg.L<sup>-1</sup>. Para a segunda campanha, o maior valor foi observado no P2, com 55 mg.L<sup>-1</sup>, seguido do ponto 7, com 40,75 mg.L<sup>-1</sup>.

A menor concentração de nitrato observada em ambas as coletas foi para o PN6 (nascente), com 2,00 mg.L<sup>-1</sup> na primeira campanha e, 3,77 mg.L<sup>-1</sup> na segunda campanha. Grande parte dos valores excederam o valor máximo permitido (VMP) para nitrato determinado na Resolução CONAMA nº 357/2005, que é de 10 mg.L<sup>-1</sup>, para águas doces de classe 1, classe 2 e classe 3.

De acordo com Padilla, Gallargo e Manzano-Agugliaro (2018), o nitrato pode ser proveniente de algumas fontes localizadas, como o lançamento de efluentes de animais, efluentes de diversos segmentos da indústria, lodos de lagoas de tratamento

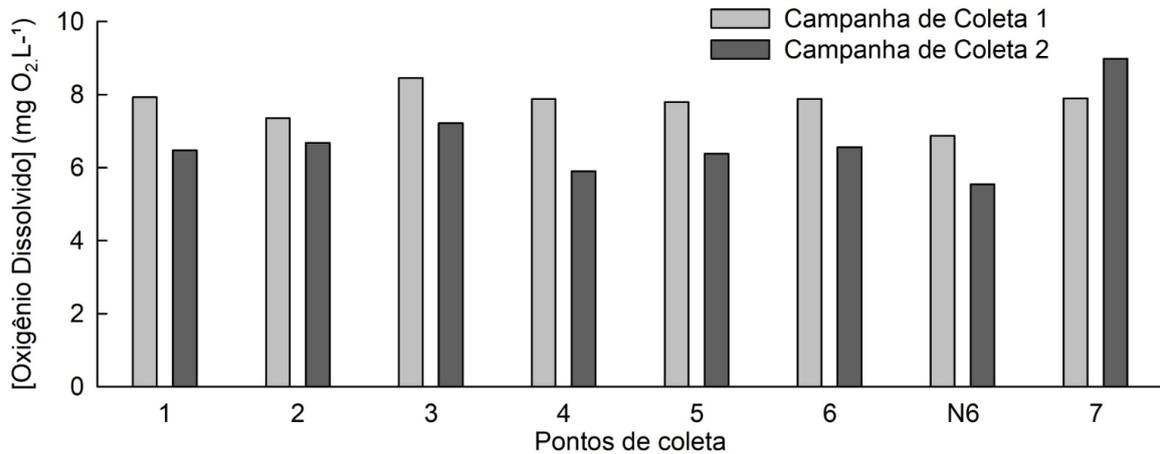
de efluentes, resíduos de atividades agropecuárias, como a suinocultura, e o lançamento de efluentes domésticos. Além disso, a lixiviação do solo e carreamento de defensivos agrícolas aos corpos hídricos também são fontes relevantes para a contaminação das águas por nitrato (PADILLA; GALLARGO; MANZANO-AGUGLIARO, 2018).

Estas características podem explicar as elevadas concentrações de nitrato para o P1 e P2, que compõem a microbacia A, visto que estes contribuintes são caracterizados por receberem altas cargas de efluentes, especialmente de área urbana com grande concentração populacional, e de uma indústria de abate de suínos, com capacidade para abate de até 2.600 suínos por dia. O P5 está localizado a cerca de 300 metros da área urbana, em um contribuinte também caracterizado por receber efluentes domésticos. O P7 recebe as contribuições de todos os pontos anteriores em razão de sua localização, característica que também pode explicar altas concentrações de nitrato neste ponto, especialmente na segunda campanha.

### **3.3.2 Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD)**

As concentrações de OD são demonstradas na Figura 7. As menores concentrações de OD para a primeira campanha foram encontradas no PN6 (6,87 mg.L<sup>-1</sup>). Valores mais altos foram encontrados no P3 (8,46 mg.L<sup>-1</sup>). Na segunda campanha, o menor valor de OD também foi encontrado no PN6 (5,55 mg.L<sup>-1</sup>) e o mais elevado, no P7 (8,99 mg.L<sup>-1</sup>).

Figura 7 - Concentração de oxigênio dissolvido (OD) nos pontos de coleta da sub-bacia do Lajeado Três Passos.



Fonte: Autores (2023).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 determina que as concentrações de oxigênio para águas doces de classe 1 não sejam inferiores a  $6 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$ . Para a classe 2, o valor de OD não deve ser inferior a  $5 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$  e, para classe 3, não inferior a  $4 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$ . Em todos os pontos das microbacias em estudo, os valores de OD estiveram acima do mínimo estabelecido para este parâmetro na legislação. Em exceção ao P7, que apresentou maior concentração de OD na segunda campanha de coleta, todos os outros pontos obtiveram valores mais elevados na primeira campanha.

Conforme Von Sperling (2014), a solubilidade do OD varia de acordo com altitude e temperatura, sendo a concentração de saturação em água limpa de  $9,2 \text{ mg.L}^{-1}$ . Acima deste valor, as concentrações podem indicar a proliferação de algas e, abaixo, indicam a presença de matéria orgânica no corpo hídrico, provavelmente oriunda de despejos de esgotos. Ainda, de acordo com Oliveira et al. (2021), o consumo de OD nas águas pelos microrganismos pode ser influenciado pelo lançamento de efluentes domésticos.

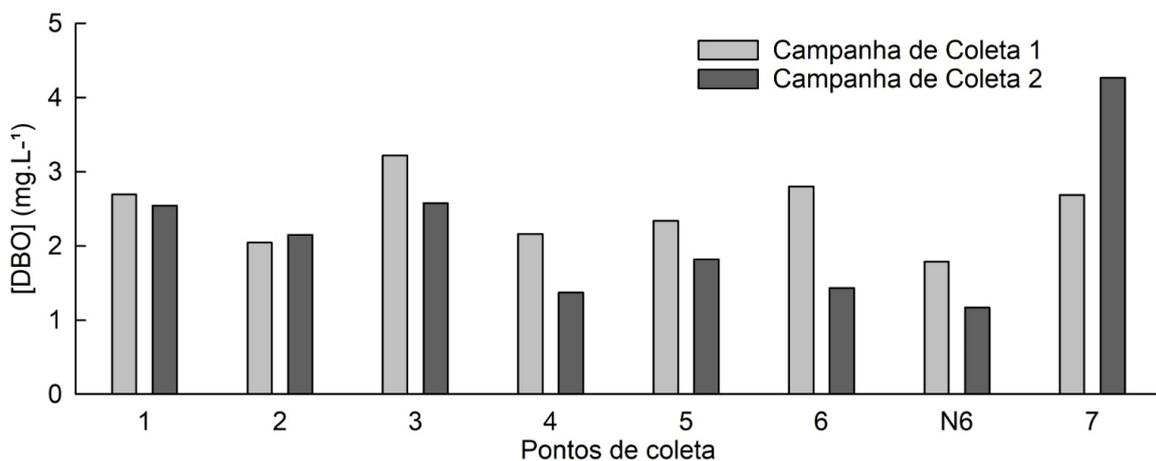
Altas concentrações de OD também podem ser justificadas devido à turbulência gerada pelo escoamento da água, gerando a reoxigenação do meio (SEVERO et al., 2021), que pode ser intensificada em razão da presença de corredeiras ao longo do percurso do Lajeado e por este ser caracterizado por possuir pouca profundidade.

### 3.3.3 Concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

No presente estudo obteve-se valores semelhantes para as concentrações de DBO entre as duas coletas. Para a primeira campanha, os valores variaram de 1,79 mg.L<sup>-1</sup> no PN6, a 3,22 mg.L<sup>-1</sup> para o P3. Na segunda campanha de coletas, houve uma pequena redução nas concentrações, exceto no P7 e no P2. Houve variação dos valores entre 1,17 mg.L<sup>-1</sup>, para o PN6, a 4,27 mg.L<sup>-1</sup> para o P7 (Figura 8).

A DBO é um dos parâmetros mais importantes para a determinação do grau de poluição de corpos d'água, pois é um indicativo do teor de matéria orgânica presente no mesmo, bem como é um indicador do potencial do consumo do oxigênio dissolvido por microrganismos decompositores, que utilizam deste oxigênio para a realização de seus processos metabólicos, estabilizando a matéria orgânica presente no meio (VON SPERLING, 2014).

Figura 8 - Concentração de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nos pontos de coleta da sub-bacia do Lajeado Três Passos.



Fonte: Autores (2023).

Para águas doces de classe 2, o VMP estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 para DBO, é de até 5 mg.L<sup>-1</sup>. As concentrações de DBO encontradas em todos os pontos estão dentro dos limites estabelecidos na legislação para esta classe. Observa-se o aumento da concentração para o P7, principalmente na segunda coleta, com 4,27 mg.L<sup>-1</sup>.

O P7 está situado após a junção do restante dos afluentes analisados, no rio principal, recebendo a contribuição de todas as microbacias anteriores, podendo este ser um dos motivos de maiores níveis de DBO neste ponto. Ainda, este fato pode estar relacionado a poluentes difusos ao entorno deste trecho (OLIVEIRA et al., 2021), como a erosão do solo e influência do descarte de resíduos sólidos de forma inadequada, fazendo com que estes cheguem diretamente ao Lajeado, fato observado durante os trabalhos de campo realizados no local.

Para ambas as campanhas, maiores valores de DBO foram encontrados para a microbacia A (P1 e P2) e a microbacia B, especialmente para o P3. Este ponto recebe contribuições do afluente onde se situa o ponto 5, que recebe efluentes domésticos e drenagem de águas pluviais, fato que pode explicar valores mais altos de DBO no ponto 3. O P6 (microbacia C) também apresentou concentração mais elevada, especialmente na primeira campanha ( $2,80 \text{ mg.L}^{-1}$ ), apesar de estar situado em local com maior percentual de formação florestal ao entorno (64,79%), e sem interferência urbana. O PN6, apresenta os menores valores de DBO em ambas as campanhas amostrais, com  $1,79 \text{ mg.L}^{-1}$  na primeira e  $1,17 \text{ mg.L}^{-1}$  na segunda.

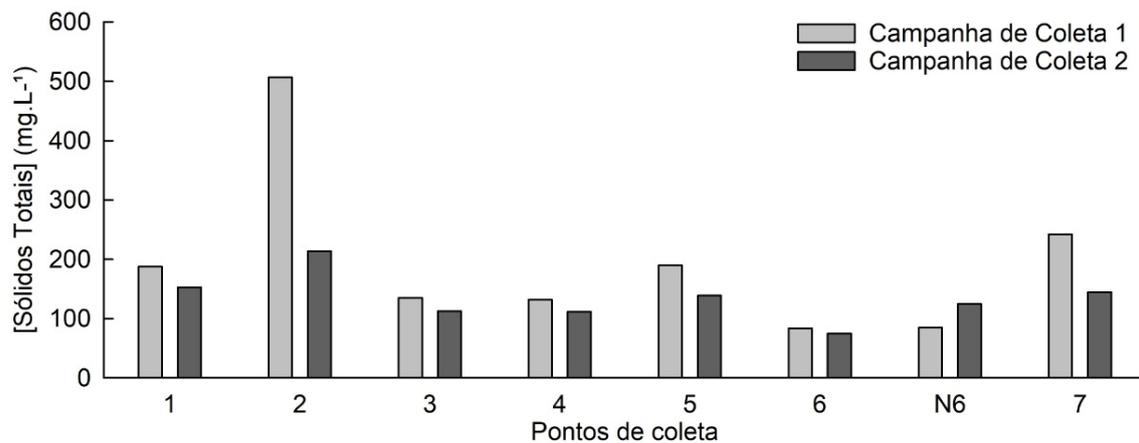
Quinelato et al. (2021) em seu estudo de determinação da qualidade da água superficial do Rio Caraíva, em Porto Seguro – BA, encontraram valores de DBO em comportamento inverso ao de OD, questão justificada pelo fato de que quanto maiores os teores de matéria orgânica, maior é a quantidade de oxigênio requerida pelos microrganismos para estabilizá-la, reduzindo a suas concentrações no meio (ALMEIDA et al., 2017; GARCIA et al., 2018). Esse comportamento vai ao encontro ao observado neste estudo, visto que, os valores de DBO estão reduzidos em comparação com os valores de OD, que permaneceram em níveis mais elevados, indicando que este foi pouco consumido pelos microrganismos, ou seja, a quantidade de matéria orgânica no meio está razoavelmente baixa.

Entretanto, Von Sperling (2014) afirma que existem algumas limitações na determinação de DBO, sendo possível encontrar valores baixos caso os microrganismos responsáveis pela estabilização não estejam adaptados aos despejos ocorridos. Ainda, segundo o mesmo autor, os processos bióticos dos microrganismos podem ser inibidos quando há a contaminação da água por metais pesados ou substâncias tóxicas, sendo necessárias muitas vezes análises mais avançadas para melhor determinação da qualidade.

### 3.3.4 Concentrações de Sólidos Totais (ST)

Na maior parte dos pontos analisados, a concentração de sólidos totais foi superior para a primeira campanha de coletas, em exceção ao PN6, no qual a concentração permaneceu mais elevada na segunda campanha. Destaca-se o P2, no qual obteve-se o valor mais elevado, com  $507 \text{ mg.L}^{-1}$  na primeira coleta, seguido do P7, com  $242 \text{ mg.L}^{-1}$ . Na segunda campanha, o P2 atingiu  $214 \text{ mg.L}^{-1}$  de sólidos totais, seguido do P1, com  $153 \text{ mg.L}^{-1}$  (Figura 9).

Figura 9 - Concentração de sólidos totais nos pontos de coleta da sub-bacia do Lajeado Três Passos.



Fonte: Autores (2023).

De acordo com Mendes (2020) a concentração de sólidos em mananciais é elevada quando há maior exposição de partículas de solo à bacia, bem como a declividade do terreno pode influenciar nestas concentrações, visto que pode ocorrer maior erosão do solo quando não há a adoção de práticas conservacionistas nestes locais, fato que vai ao encontro ao presente estudo, visto que o P1 (microbacia A) está situado a uma altitude mais alta e com área de pastagem (1,17%) e criação de animais ao seu entorno, podendo facilitar a erosão e carreamento de partículas ao corpo hídrico.

Conforme Severo (2021), as concentrações de sólidos também estão relacionadas à turbidez da água, sendo uma variável proporcional à outra. Valores de turbidez mais elevados foram encontrados na primeira coleta, fato que pode explicar

maiores valores de sólidos totais, em geral, nesta campanha. Já para o PN6, a turbidez foi mais elevada na segunda coleta. Assim, a concentração de sólidos totais neste ponto, também foi mais elevada nesta segunda campanha.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece VMP para o parâmetro de sólidos totais, porém, preconiza que materiais flutuantes e resíduos sólidos objetáveis, bem como espumas não naturais, devem estar virtualmente ausentes (NETO et al., 2017). Alguns resíduos sólidos foram encontrados ao longo do percurso do Lajeado, principalmente nas proximidades do P1, P5 e P7.

### **3.3.5 Concentrações de Coliformes Totais e *Escherichia coli***

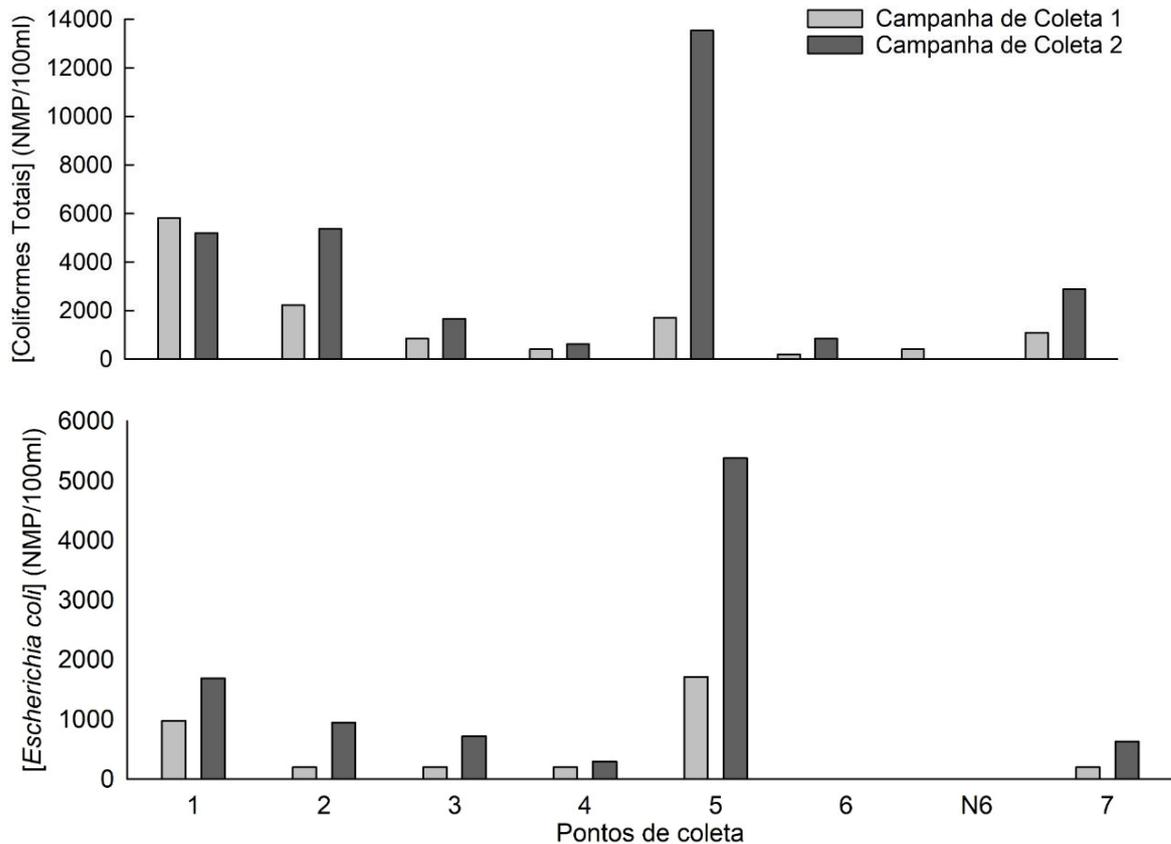
O grupo de coliformes totais é um grande grupo de bactérias, detectado em amostras de água e solo poluídos e não poluídos, bem como em fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente. No entanto, os coliformes totais podem ser indicativos da presença de outros organismos de vida livre, e não somente intestinal. Os coliformes fecais, denominados também de coliformes termotolerantes, devido aos testes de altas temperaturas a que são submetidos, são um grupo de bactérias que predominam no sistema intestinal humano e de outros animais. Neste grupo, está a *Escherichia coli*, principal bactéria utilizada como indicador de contaminação exclusivamente fecal, a qual pode ser encontrada em esgotos, efluentes tratados e águas com contaminações antrópicas recentes, bem como provenientes de atividades agropecuárias e de animais selvagens (VON SPERLING, 2014).

Todos os pontos analisados apresentaram resultados positivos para coliformes totais. Dentre eles, destacam-se o P1, o P2, o P5 e o P7, os quais obtiveram os maiores valores na primeira campanha de coletas (5.810 NMP/100 mL; 2.230 NMP/100 mL; 1.710 NMP/100 mL e; 1.090 NMP/100 mL, respectivamente). Em geral, os valores para coliformes totais tenderam a aumentar na segunda coleta, sendo importante frisar o P2, com 5.370 NMP/100 mL; o P3, com 1660 NMP/100 mL; o P5, com 13.540 NMP/100 mL e; o P7, com 2.880 NMP/100 mL (Figura 10).

Em relação à *E. coli*, na primeira campanha amostral os maiores valores se concentraram no P1 (980 NMP/100 mL) e P5 (1710 NMP/100 mL). Na segunda campanha, observa-se que os valores tenderam a um aumento, com maiores valores

sendo encontrados no P1 (1.690 NMP/100 mL), P2 (950 NMP/100 mL) e P5 (5.380 NMP/100 mL) (Figura 10).

Figura 10 - Concentração de coliformes totais e *E. coli* nos pontos de coleta da sub-bacia do Lajeado Três Passos.



Fonte: Autores (2023).

Observa-se que o P6 e PN6 (microbacia C) foram os únicos pontos que não apresentaram nenhuma concentração para *E. coli* em ambas as campanhas amostrais. Cadoná et al. (2016) enfatiza que os resultados para coliformes totais e termotolerantes podem sofrer rápidas variações nas águas, sendo que as condições ambientais, tais como clima, mata ciliar, uso do solo, temperatura e disponibilidade de nutrientes próximos aos pontos de coleta influenciam nestes valores, bem como, há diferenças nos resultados em épocas com precipitação e em épocas de estiagem.

Este fato pode explicar as baixas concentrações de *E. coli* na microbacia C, visto que, apesar desta estar situada em área com altos índices de lavoura temporária (30,89%), se mantém mais preservada por possuir maior cobertura de formação

florestal (64,79%) e não estar sendo fortemente afetada pela urbanização. Além disso, os maiores valores de precipitação para a segunda coleta podem ter influenciado para valores mais altos para estas variáveis na segunda campanha amostral.

Rosa (2019), em estudo também realizado no Lajeado Três Passos, encontrou resultados positivos para coliformes totais e *E. coli* em todos os pontos de coleta analisados, e ressalta que os valores chegaram ao pico em coleta realizada em período chuvoso. Ainda, segundo a mesma autora, maiores concentrações de coliformes podem estar relacionados às atividades agropecuárias existentes nas proximidades do Lajeado, as quais podem provocar um maior aporte de dejetos ao corpo hídrico em períodos com maiores índices pluviométricos, bem como, devido ao lançamento de efluentes sanitários de forma irregular nas águas do Lajeado Três Passos.

Martins et al. (2022), em seu estudo relacionado à qualidade da água do Córrego Demetrio, afluente do Rio Gravataí, alegam que resultados positivos para coliformes totais e termotolerantes foram encontrados em todas as amostras analisadas, tanto em trechos mais próximos a sua nascente, quanto mais afastados, em áreas com maior parcela de urbanização. A cidade de Gravataí, na qual o Córrego Demetrio percorre, possui um dos maiores índices de coleta e tratamento de esgoto do Brasil. Ainda assim, devido ao aumento dos índices de urbanização e conseqüentemente, do despejo de efluentes, altos níveis de coliformes são frequentemente evidenciados nas águas do córrego (MARTINS et al., 2022).

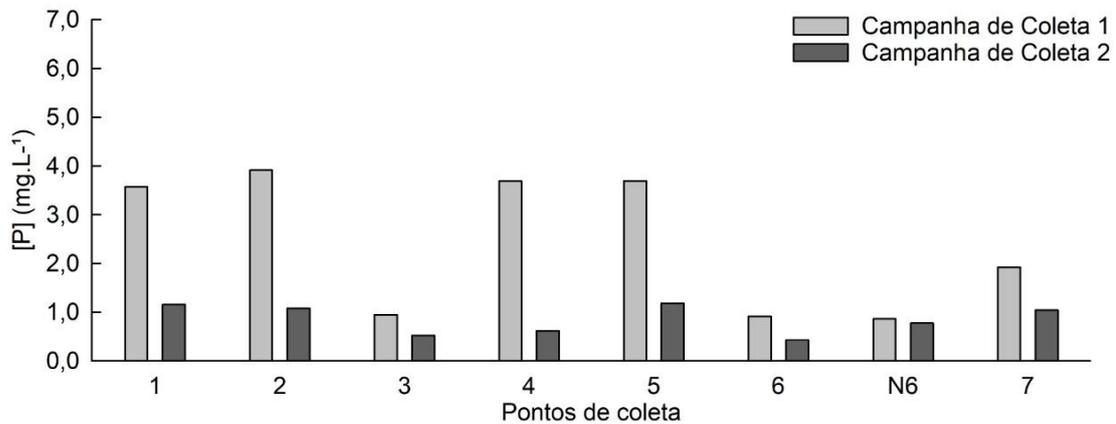
Alves et al. (2015), em estudo sobre a distribuição espacial e temporal de coliformes termotolerantes no Canal de Passagem, em Vitória – ES, também confirmam que o ponto de coleta com maior concentração de coliformes foi aquele afetado diretamente por contaminação fecal, em razão de sua maior proximidade a fontes de poluição, fato que também corrobora com o presente estudo.

Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, águas doces de classe 2 não devem ultrapassar o limite de 1.000 coliformes termotolerantes (neste caso, *E. coli*) por 100 mL em no mínimo 80% de amostras coletadas durante o período de um ano. No presente estudo, constatou-se que, o P5 excede os limites de coliformes termotolerantes em ambas as campanhas e, o P1 o excede na segunda. O restante dos pontos está dentro do VMP para classe 2, para as duas campanhas amostrais. Ressalta-se que, a realização de mais campanhas amostrais é de grande relevância para a melhor identificação e classificação do Lajeado em relação a este parâmetro.

### 3.3.6 Concentrações de Fósforo Total (P)

Na Figura 11, é possível observar que concentrações mais elevadas de fósforo total foram encontradas em todos os pontos na primeira campanha de coletas. Dentre eles, destacam-se os pontos 1, 2, 4, 5 e 7, os quais obtiveram os maiores valores, sendo de  $3,57 \text{ mg.L}^{-1}$ ,  $3,91 \text{ mg.L}^{-1}$ ,  $3,69 \text{ mg.L}^{-1}$ ,  $3,69 \text{ mg.L}^{-1}$  e  $1,92 \text{ mg.L}^{-1}$ , respectivamente. Nesta campanha, a menor concentração foi de  $0,86 \text{ mg.L}^{-1}$ , para o PN6. Na segunda campanha amostral, houve redução nestes valores em todos os pontos, sendo que o P5 apresentou a maior concentração ( $1,18 \text{ mg.L}^{-1}$ ), enquanto que a menor concentração foi encontrada no P6 ( $0,43 \text{ mg.L}^{-1}$ ).

Figura 11 - Concentração de fósforo total nos pontos de coleta da sub-bacia do Lajeado Três Passos.



Fonte: Autores (2023).

O VMP pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para fósforo total em ambientes lóticos, para águas doces de classe 1 e 2, é de  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ . Já para a classe 3, este VMP é de  $0,15 \text{ mg.L}^{-1}$ . Dessa forma, todos os valores de fósforo total, para todos os pontos, tanto na primeira quanto na segunda campanha de coleta, excederam os limites estabelecidos na legislação para corpos d'água de até classe 3, enquadrando o lajeado em classe 4, quando leva-se em consideração este parâmetro.

A aplicação de adubos minerais e orgânicos no solo para a correção da fertilidade é uma prática que contribui para a chegada de fósforo aos corpos hídricos, devido à erosão dos solos, que faz com que os nutrientes ali presentes sejam

carreados aos sistemas aquáticos, por escoamento superficial ou lixiviação (GATIBONI et al., 2015).

Em geral, as microbacias A e B apresentaram os valores mais elevados de fósforo. Wroblewski et al. (2021), em seu estudo sobre o impacto da antropização na qualidade da água e solo de uma bacia hidrográfica, encontraram resultados semelhantes para o fósforo, onde os maiores valores ocorreram em locais do curso d'água situados próximos à área urbana, ou seja, em áreas antropizadas, devido principalmente ao livre lançamento de efluentes domésticos no leito do rio, fato que corrobora os dados deste estudo, visto que a microbacia B é composta por 31,44% de área de lavouras temporárias e 27,95% de área urbanizada. A microbacia A possui cobertura de 9,15% de lavoura temporária bem como 24,88% de áreas de agricultura e pastagem, além de possuir ao seu entorno parcelas de urbanização, as quais podem estar contribuindo na microbacia.

A microbacia C, composta pelos pontos 6 e N6, está situada em uma região com maior parcela de formação florestal (64,79%) o que pode explicar os valores mais baixos de fósforo a chegarem ao corpo hídrico neste local.

O fósforo é um dos principais parâmetros responsáveis por causar eutrofização nos mananciais e, pode ter origem natural, sendo proveniente de rochas e materiais particulados na atmosfera, e antrópica, por meio dos efluentes domésticos e industriais e, da lixiviação do solo (QUINELATO et al., 2021). A eutrofização corresponde ao crescimento excessivo de plantas aquáticas em cursos d'água, de forma que estas possam vir a causar interferências para os usos desejáveis do corpo hídrico, sendo o excesso de nutrientes um dos principais fatores para esta ocorrência (VON SPERLING, 2014), quando estes estão presentes em maiores quantidades do que a capacidade assimilativa do curso hídrico (WROBLEWSKI et al., 2021).

### **3.3.7 Índice De Estado Trófico (IET)**

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos para IET e níveis tróficos de todos os pontos amostrais, de acordo com as concentrações de fósforo total presentes nas águas do Lajeado Três Passos, conforme a metodologia proposta por Lamparelli (2004).

Tabela 6 - Índice de Estado Trófico (IET) e níveis de trofia para todos os pontos de coleta.

Ponto	[P] $\mu\text{g.L}^{-1}$		IET		Nível de trofia	
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 1	Coleta 2
P1	3571,64	1153,16	78	72	Hipereutrófico	Hipereutrófico
P2	3911,08	1080,43	79	72	Hipereutrófico	Hipereutrófico
P3	944,05	519,75	71	68	Hipereutrófico	Hipereutrófico
P4	3686,81	616,73	78	69	Hipereutrófico	Hipereutrófico
P5	3692,87	1180,44	78	73	Hipereutrófico	Hipereutrófico
P6	910,71	428,83	71	67	Hipereutrófico	Supereutrófico
PN6	862,22	774,33	71	70	Hipereutrófico	Hipereutrófico
P7	1921,94	1044,06	75	72	Hipereutrófico	Hipereutrófico

Fonte: Autores (2023).

Segundo a CETESB (2014):

O índice de Estado Trófico (IET), tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas e cianobactérias. (CETESB, 2014).

De acordo com a metodologia de Lamparelli (2004), o Índice de Estado Trófico (IET) tende a ser maior que 67 quando as concentrações de fósforo atingem valores acima de  $0,640 \text{ mg.L}^{-1}$  ( $640 \mu\text{g.L}^{-1}$ ), dessa forma, classifica-se o ambiente aquático em um nível hipereutrófico.

Como observado, obtiveram-se valores de fósforo total elevados no Lajeado em estudo, sendo que todos os pontos ultrapassaram os valores máximos permitidos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para esta variável. O fósforo é entendido como o agente causador do processo de eutrofização, indicando uma medida do potencial da ocorrência da eutrofização (CETESB, 2014).

Em relação ao IET, para a primeira campanha de coleta, o índice obteve variação entre 71, para o P6 e PN6, a 79, para o P2, classificando todos os pontos em nível hipereutrófico. Para a segunda campanha de coleta, os valores do IET variaram de 67, para o P6, a 73, para o P5. Assim, com exceção do P6, classificado como supereutrófico, o restante dos pontos também atingiu níveis hipereutróficos na segunda coleta. Observa-se que, apesar das três microbacias em estudo apresentarem características de uso e ocupação do solo diferentes entre si, todas apresentam índices de estado trófico elevados.

A eutrofização de águas se refere a um processo de enriquecimento da água por nutrientes, sendo estes, principalmente, o nitrogênio e o fósforo. A eutrofização em corpos hídricos pode trazer diversas consequências, dentre elas, a degradação da saúde de todo um ecossistema, visto que este processo leva a um aumento no crescimento, produção primária e biomassa de algas, alterações no equilíbrio dos organismos e a deterioração da qualidade da água (FERREIRA et al., 2011).

Este processo, quando causado por atividades antrópicas gera uma grande preocupação, visto que há um aumento deste fenômeno, proporcional ao crescimento populacional e urbanização das cidades, os usos múltiplos da água e a falta de saneamento, sendo que suas principais fontes são resultantes do lançamento de efluentes domésticos, agrícolas e industriais (SILVA, 2019).

Segundo Von Sperling (2014), a ocupação por matas e florestas é uma condição natural que também pode acarretar a eutrofização de águas, através da morte e decomposição de plantas, que chegam ao corpo hídrico, incrementando a concentração de nutrientes. A ocorrência deste fenômeno, entretanto, é mais comum em áreas de ambientes lênticos, com baixa produtividade. Ainda segundo o mesmo autor, a ocupação por agricultura e ocupação urbana são outros dois fatores que contribuem significativamente na eutrofização de corpos d'água, por meio do incremento dos nutrientes nitrogênio e fósforo às culturas, e devido ao assoreamento causado pela urbanização, a drenagem pluvial urbana e o lançamento de esgotos.

Gargiulo et al. (2022) encontraram resultados de IET semelhantes ao presente estudo, ao avaliarem a qualidade da água do Compartimento Taquacetuba, Reservatório Billings, no estado de São Paulo (SP), sendo que todos os pontos analisados no estudo foram classificados em hipereutrófico ou supereutrófico, níveis estes que indicam sinais da depreciação ambiental.

O nível hipereutrófico em ambiente aquático indica que o corpo hídrico está sendo afetado significativamente por concentrações elevadas de matéria orgânica e nutrientes, levando a florações de algas e mortandade de peixes e prejudicando seus múltiplos usos, inclusive em relação às atividades pecuárias praticadas em regiões ribeirinhas (CETESB, 2014; LAMPARELLI, 2004).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da caracterização e avaliação do uso e ocupação do solo ao entorno das microbacias em estudo no Lajeado Três Passos, é possível inferir que estas, em geral, possuem maior área de formação florestal, seguida de lavouras temporárias, pastagem e outros usos da agricultura, e áreas urbanizadas.

Foi constatado que, em geral, os resultados das análises estão em conformidade com os valores máximos permitidos para águas doces de classe 2, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005. Porém, destacam-se os parâmetros de nitrato e fósforo total, em que a maior parte dos pontos de coleta apresentaram valores elevados, que excedem o VMP da legislação, de maneira a enquadrar o Lajeado em classe 4. Frisa-se também a presença da *E. coli*, especialmente para o P1 e P5, os quais excederam o VMP para classe 2.

Dessa forma, foi possível verificar através da investigação realizada, que o uso e ocupação do solo dentro das microbacias e ao seu entorno pode estar influenciando nos resultados das análises de água, sendo que as microbacias A e B possuem maior interferência urbana e da agricultura, e o lançamento de efluentes domésticos e industriais e possível carreamento de fertilizantes agrícolas ao curso hídrico favorecem a piora da qualidade da água nos pontos analisados nestas microbacias, principalmente no P1, P2 e P5.

Evidencia-se que, a maior parcela de cobertura florestal presente na microbacia C e seu maior distanciamento da área urbana contribuem para que esta permaneça em maior estado de preservação em comparação às outras em estudo, em relação aos parâmetros de qualidade da água analisados.

Em relação ao IET, a maioria dos pontos analisados indicam a presença de ambientes aquáticos em níveis hipereutróficos, devido aos altos valores de fósforo total constatados em todas as análises.

Assim, cria-se um alerta acerca da qualidade da água deste curso hídrico e, recomenda-se que o monitoramento do Lajeado Três Passos e suas microbacias seja realizado de maneira mais frequente e contínua, a fim de obterem-se diagnósticos mais precisos. Enfatiza-se também a importância da identificação e controle das fontes de poluição que possam estar afetando o Lajeado, bem como a avaliação de seus possíveis usos, tendo em vista que este é um importante curso hídrico na região.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. C. O. de. et al. Reflexões e fragilidades sobre a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em rios. **Revista de Gestão de Água da América Latina - REGA**, Porto Alegre, v. 14, n. 9, p. 1-10, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Cristovao-Fernandes-2/publication/322574245\\_Reflexoes\\_e\\_fragilidades\\_sobre\\_a\\_Demanda\\_Bioquimica\\_de\\_Oxigenio\\_DBO\\_em\\_rios/links/5bb16bb645851574f7f396a3/Reflexoes-e-fragilidades-sobre-a-Demanda-Bioquimica-de-Oxigenio-DBO-em-rios.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Cristovao-Fernandes-2/publication/322574245_Reflexoes_e_fragilidades_sobre_a_Demanda_Bioquimica_de_Oxigenio_DBO_em_rios/links/5bb16bb645851574f7f396a3/Reflexoes-e-fragilidades-sobre-a-Demanda-Bioquimica-de-Oxigenio-DBO-em-rios.pdf). Acesso em: 03 dez. 2022.
- ALVES, M. M.; BARROSO, G. F.; NETO, R. R. Spatial and temporal distribution of thermotolerant coliform in Canal de Passagem (Vitória - ES) - related to physico-chemical parameters and tide. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 63, n. 4, p. 423–428, 1 out. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjoce/a/dkRZrr5YyWXCGDDgzgcW6wr/?format=html&lang=en>. Acesso em: 10 dez. 2022.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION (WEF). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22th Edition. Washington, DC, p. 1360, 2012.
- ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Indicadores de Qualidade – Índice de Estado Trófico (IET)**. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>. Acesso em: 16 mai. 2022.
- ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **ATLAS ESGOTOS: despoluição de bacias hidrográficas**, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 2017. 88 p. il.
- ANJINHO, Phelipe da Silva *et al.* Análise da qualidade das águas e do estado trófico de cursos hídricos afluentes ao reservatório do Lobo, Itirapina, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 01, p. 364-376, mar. 2020.

Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/242256>. Acesso em: 06 nov. 2022.

ARRAZ, R. M.; MARQUES, E. E.; RIBEIRO, L. S. da. Análise da dinâmica temporal do uso e ocupação do solo no município de Conceição do Araguaia-PA (1985-2020). **Research, Society And Development**, [S.L.], v. 11, n. 8, p. 1-12, 23 jun. 2022. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i8.31026>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/31026/26617>. Acesso em: 05 jan. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12614: Águas – Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) – Método de incubação (20°C, cinco dias)**. Rio de Janeiro. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9897: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro. 1987.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>. Acesso em: 20 abr. 2020.

BRASIL. **Lei nº 12651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF, 25

maio 2012. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 01 out. 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF, 1997. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm). Acesso em: 01 out. 2022.

CADONÁ, E. A. et al. Contaminação por Nitrogênio e Fósforo de Águas Destinadas ao Consumo Humano em Região com Intensa Atividade Suinícola. **Geociências**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 883-891, jan. 2018. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/12274/8749>. Acesso em: 02 jan. 2023.

CADONÁ, E. A. et al. Utilização de Adubação Orgânica com Dejetos de Suínos e Contaminação de Água e de Solo por Coliformes. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 3, p. 1601-1609, 28 set. 2016. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4675/467547716048.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2023.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Apêndice D – Índices de Qualidade das Águas**. 2014. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/03/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas-1.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2022.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos** / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão et al. – São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

CINTRA, L. S. et al. Monitoramento de parâmetros de qualidade da água do Rio Paraíba do Sul em Campos dos Goytacazes - RJ. **Holos**, v. 5, n. 9564, p. 1-16, 2020. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

(IFRN). <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2020.9564>. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/9564>. Acesso em: 20 nov. 2022.

DOS SANTOS, S. A. et al. Qualidade da água na bacia hidrográfica urbana Cancela Tamandaí, Santa Maria/RS. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 23-44, ago. 2018. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/3213/321364350002/321364350002.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2022.

FERREIRA, J. G. et al. Overview of eutrophication indicators to assess environmental status within the European Marine Strategy Framework Directive. **Estuarine, Coastal And Shelf Science**, v. 93, n. 2, p. 117-131, jun. 2011. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0272771411001077?token=43E62F479A078AD3705D12C83CE6DB9B9B8B498BC4D4A1F65C1FB5A1D543F410782B24958FD2FCE16F8971D9EB5FEEDE&originRegion=us-east-1&originCreation=20230205214141>. Acesso em: 02 dez. 2022.

GARCIA, J. M.; et al. Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 228-254, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/DvNMBqxxQbSvQ4xhtQv36Ts/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 03 dez. 2022.

GARGIULO, J. R. B. C. et al. Taquacetuba Compartment of Billings Reservoir (SP, Brazil): differential influence of the main water body and tributaries in the water quality. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 34, n. 4, p. 1-11, 2022. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s2179-975x1221>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/alb/a/wCbGwznzYfnCv3LyWg4H4DH/abstract/?lang=en>. Acesso em: 04 dez. 2022.

GATIBONI, L. C. et al. SOIL PHOSPHORUS THRESHOLDS IN EVALUATING RISK OF ENVIRONMENTAL TRANSFER TO SURFACE WATERS IN SANTA CATARINA, BRAZIL. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, p. 1225-1234, ago.

2015. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/djfrFMHZ4m57QTHvWKt4Hkh/?format=pdf&lang=en>.

Acesso em: 03 jan. 2023.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL; SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul. Conselhos Regionais de Desenvolvimento – COREDEs**. ISBN: 978-65-87878-08-9. 7ª Ed. 2022. Disponível em:

<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/conselhos-regionais-de-desenvolvimento-coredes>. Acesso em: 15 dez. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades – Panorama Três Passos**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/tres-passos/panorama>. Acesso em: 01 out. 2022.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Mapa de Estações Meteorológicas**. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/>. Acesso em: 10 dez. 2022.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. 238 f. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo, 2004. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-20032006-075813/en.php>. Acesso em: 25 jun. 2022.

LIMA, V. N. et al. MAPBIOMAS e uso e cobertura dos solos do município de Brejinho, Pernambuco. In: **Congresso Brasileiro de Cartografia. Rio de Janeiro. 2017**. Disponível em:

[http://www.cartografia.org.br/cbc/2017/trabalhos/4/fullpaper/CT04-174\\_1506688707.pdf](http://www.cartografia.org.br/cbc/2017/trabalhos/4/fullpaper/CT04-174_1506688707.pdf). Acesso em: 05 jan. 2023.

LOURENÇO, R. W. et al. Reflexos ambientais do desenvolvimento e expansão das atividades humanas sobre a qualidade da água. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 01, p. 175-198, fev. 2022. Disponível em:

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/250917>. Acesso em: 06 nov. 2022.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomias – **Coleções MapBiomias**. Disponível em: [https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR). Acesso em: 01 dez. 2022.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomias – **O Projeto**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/o-projeto>. Acesso em: 01 dez. 2022.

MARTINS, L. P. et al. Water quality assessment of the Demetrio stream: an affluent of the gravataí river in the south of brazil. **Brazilian Journal Of Biology**, v. 82, n. 234692, p. 1-10, 2022. [Http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.234692](http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.234692). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/cXb3GybhCBb37Q4yKfJtmDh/>. Acesso em: 24 dez. 2022.

MENDES, M. R. **Índice de Qualidade da Água em Diferentes Nascentes e em um Trecho do Córrego Laranjal no Município de Pires do Rio - GO**. 2020. 42 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado, Instituto Federal Goiano, Urutaí, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1312>. Acesso em: 04 jan. 2023.

NASA. National Aeronautics and Space Administration. **Earthdata - Open Access for Open Science**. Disponível em: <https://www.earthdata.nasa.gov/>. Acesso em: Acesso em: 01 dez. 2022.

NETO, J. C. et al. Qualidade da água da Lagoa do Josino, em Formiga (MG). **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 9, n. 2, p. 95-107, jun. 2017. Instituto Federal do Sul de Minas. <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n22017998>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Michael-Thebaldi/publication/318729091\\_Qualidade\\_da\\_agua\\_da\\_Lagoa\\_do\\_Josino\\_em\\_Formiga\\_MG/links/597aa2870f7e9b0469c7cde1/Qualidade-da-agua-da-Lagoa-do-Josino-em-Formiga-MG.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Michael-Thebaldi/publication/318729091_Qualidade_da_agua_da_Lagoa_do_Josino_em_Formiga_MG/links/597aa2870f7e9b0469c7cde1/Qualidade-da-agua-da-Lagoa-do-Josino-em-Formiga-MG.pdf). Acesso em: 28 dez. 2022.

OLIVEIRA, L. D. et al. Análise das relações entre aspectos físicos e qualidade hídrica da alta bacia hidrográfica do Ribeirão da Laje, no município de Rio Verde, estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 05, p. 2664-2684, 2021. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>>. Acesso em: 01 dez. 2022.

PADILLA, F. M. et al. Global trends in nitrate leaching research in the 1960–2017 period. **Science Of The Total Environment**, v. 643, p. 400-413, dez. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.215>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718322915?via%3Dihub>. Acesso em: 01 dez. 2022.

PLÁCIDO, K. M. **Avaliação do uso de imagens digitais obtidas por smartphones para determinação de amônia total em águas**. 2017. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Química Tecnológica, Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em: [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/17595/1/2017\\_KatharinaMonteiroPlacido.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/17595/1/2017_KatharinaMonteiroPlacido.pdf). Acesso em: 20 out. 2022.

QUINELATO, R. V. et al. Determinação da qualidade da água superficial e sua compatibilidade com os múltiplos usos: estudo de caso do estuário do rio caraíva. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 01, p. 037-057, dez. 2021. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v14.1.p037-057>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>. Acesso em: 03 dez. 2022.

ROSA, T. A. da. **Importância da faixa de mata ciliar na qualidade das águas superficiais: Estudo de caso em trecho do Rio Lajeado Três Passos, Três Passos–RS**. 2019. Disponível em: <https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/handle/123456789/2331>. Acesso em: 05 nov. 2022.

SEVERO, Gabriella et al. Avaliação da Qualidade da Água da Secção Urbana do Arroio Olarias (Ponta Grossa - PR). **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 13, n. 3, p. 38-49, set. 2021. Disponível em:

<https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/18136/209209215361>. Acesso em: 03 jan. 2023.

SILVA, A. R. da. **Avaliação do processo de eutrofização das águas superficiais, do cenário nacional ao local: estudo de caso nas Bacias Hidrográficas Costeiras dos Rios Ratonés, Itacorubi e Tavares (Ilha de Santa Catarina, Brasil)**. 2019. 311 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pósgraduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/204457>. Acesso em: 02 dez. 2022.

SILVA, D. W. **Parâmetros de qualidade da água e índice trófico em microbacia de abastecimento hídrico no noroeste do Rio Grande do Sul**. 64 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen, Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, RS, 2022.

Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/26443>. Acesso em: 24 dez. 2022.

SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C. C.; ROSA, A. H. Análise da influência das atividades antrópicas sobre a qualidade da água da APA Itupararanga (SP), Brasil. **Geosul**, [S.L.], v. 34, n. 72, p. 01-27, 25 jul. 2019. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/1982-5153.2019v34n72p01>.

Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/1982-5153.2019v34n72p01>. Acesso em: 01 dez. 2022.

SNIS. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto**. Visão Geral ano referência 2020. Disponível em:

<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/agua-e-esgotos>. Acesso em: 20 abr. 2022.

SOUZA, M. M. de; GASTALDINI, M. C. do. Cauduro. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 263-274, set. 2014. FapUNIFESP (SciELO).

<http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522014019000001097>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/esa/a/LGHJSGCrD9fgGKzFwnnRZhG/>. Acesso em: 06 nov. 2022.

UNESCO; WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2019: Não deixar ninguém para trás**. Resumo executivo. 2019, p. 1-12. Disponível em: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367303\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367303_por). Acesso em: 24 out. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (URFGS). Centro de Ecologia. Laboratório de Geoprocessamento – **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul – Escala 1:50.000**. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/labgeo/index.php/downloads/dados-geoespaciais/base-cartografica-vetorial-continua-do-rio-grande-do-sul-escala-150-000/>. Acesso em: 01 dez. 2022.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 472 p.

WERLE, W. **Pagamento por Prestação de Serviços Ambientais**: um estudo do programa municipal de recuperação de nascentes de três passos/rs. 2013. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Graduação Tecnológica em Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Três Passos, 2013. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/87405>. Acesso em: 13 mai. 2022.

WROBLECKI, F. A. et al. Assessed impact of anthropization on water and soil quality in a drainage basin in southern Brazil. **Revista de Ciências Agroveterinarias**, v. 20, n. 1, p. 74–85, 29 mar. 2021. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/porta1/resource/pt/vti-28939>. Acesso em: 02 jan. 2023.