

PKS

PUBLIC
KNOWLEDGE
PROJECT

REVISTA DE
GEOGRAFIA

Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE

OJS

OPEN
JOURNAL
SYSTEMS

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia>

AVALIAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA E DA QUALIDADE DA ÁGUA DA SUB-BACIA DO LAJEADO PARDO NO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL

Kauane Andressa Flach¹ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8915-3289>
Ramiro Pereira Bisognin² - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1052-3521>
Genesio Mario da Rosa³ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1247-2286>
Ubiratan Alegransi Bones⁴ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2220-5686>
William Wichrowski Sipert⁵ - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1868-7747>

¹ Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

² Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, RS, Brasil

³ Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

⁴ Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

⁵ Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, RS, Brasil

Artigo recebido em 16/05/2023 e aceito em 09/08/2023

RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o uso e ocupação da terra e a qualidade da água de cinco microbacias do Lajeado Pardo, no noroeste do Rio Grande do Sul, nos municípios de Frederico Westphalen e Taquaruçu do Sul. Para tanto, as diferentes condições de uso e ocupação da terra foram classificadas como: formação florestal; agricultura ou pastagem; infraestrutura urbana; rios, lagos e açudes e lavoura temporária. Os parâmetros de qualidade da água analisados foram: nitrato, nitrito, amônia, fósforo, pH, condutividade elétrica, coliformes totais, *Escherichia coli* (*E. coli*), turbidez, sólidos dissolvidos totais e temperatura. Além disso, foi calculado o índice de estado trófico (IET) que está relacionado ao grau de qualidade por enriquecimento de fósforo total, principal elemento causador da eutrofização. Pela análise de uso e ocupação da terra, constatou-se que as cinco microbacias são ocupadas majoritariamente por atividades agrícolas, como lavoura temporária (58,84%) e agricultura ou pastagem (15,57%). Os parâmetros fósforo e *E. coli* apresentaram, em média, valores elevados, enquadrando as águas dos cinco pontos amostrados como Classe 4 pela Resolução CONAMA nº 357/05. Ainda, as águas em todos os pontos apresentaram IET hipereutrófico. Esses resultados podem ser decorrentes das atividades de uso e ocupação da terra, possivelmente pela lixiviação de fósforo utilizada na

¹Doutoranda do PPG em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS, Brasil. E-mail: kaauane_flaach@hotmail.com

²Professor adjunto da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) unidade Três Passos, RS, Brasil. E-mail: ramiro-bisognin@uergs.edu.br

³Professor titular da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) campus Frederico Westphalen, RS, Brasil. E-mail: genesiomario@yahoo.com.br

⁴Mestrando do PPG em Ciência e Tecnologia Ambiental, pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS, Brasil. E-mail: biraabones@gmail.com

⁵Pós-graduado em Gestão e Sustentabilidade Ambiental pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) unidade Três Passos, RS, Brasil. E-mail: williamsipert@gmail.com

fertilização fosfatada nas áreas agricultáveis, aplicação de dejetos suínos no solo em virtude da expressiva criação de suínos na região e esgotamento sanitário deficitário.

Palavras-chave: geoprocessamento; águas superficiais; estudo ambiental.

EVALUATION OF LAND USE AND LAND COVER AND WATER QUALITY IN THE LAJEADO PARDO SUB-BASIN IN NORTHWEST RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT

This research aimed to evaluate land use and occupation and water quality in five watersheds in Lajeado Pardo, in the northwest of Rio Grande do Sul, in the municipalities of Frederico Westphalen and Taquaruçu do Sul. For this purpose, the different conditions of land use and occupation were classified as: forest formation; agriculture or pasture; urban infrastructure; rivers, lakes and dams and temporary farming. The analyzed water quality parameters were: nitrate, nitrite, ammonia, phosphorus, pH, electrical conductivity, total coliforms, *Escherichia coli* (*E. coli*), turbidity, total dissolved solids and temperature. In addition, the trophic state index (TSI) was calculated, which is related to the degree of quality by enrichment of total phosphorus, the main element causing eutrophication. By analyzing land use and occupation, it was found that the five microbasins are mostly occupied by agricultural activities, such as temporary farming (58.84%) and agriculture or pasture (15.57%). Phosphorus and *E. coli* parameters showed, on average, high values, framing the waters of the five sampled points as Class 4 by CONAMA Resolution nº 357/05. Still, the waters at all points presented hypereutrophic TSI. These results may be a result of land use and occupation activities, possibly due to phosphorus leaching used in phosphate fertilization in arable areas, application of swine manure to the soil due to the significant swine breeding in the region and poor sanitation.

Keywords: geoprocessing; surface water; environmental study.

EVALUACIÓN DEL USO Y COBERTURA DEL SUELO Y LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SUBCUENCA LAJEADO PARDO EL NOROESTE DE RIO GRANDE DO SUL

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el uso y ocupación del suelo y la calidad del agua en cinco cuencas hidrográficas en Lajeado Pardo, en el noroeste de Rio Grande do Sul, en los municipios de Frederico Westphalen y Taquaruçu do Sul. Para ello, las diferentes condiciones de uso y ocupación del suelo se clasificaron en: formación forestal; agricultura o pastos; infraestructura urbana; ríos, lagos y presas y agricultura temporal. Los parámetros de calidad del agua analizados fueron: nitrato, nitrito, amoníaco, fósforo, pH, conductividad eléctrica, coliformes totales, *Escherichia coli* (*E. coli*), turbidez, sólidos disueltos totales y temperatura. Además, se calculó el índice de estado trófico (TSI), que está relacionado con el grado de calidad por enriquecimiento de fósforo total, principal elemento causante de la eutrofización. Al analizar el uso y ocupación del suelo, se encontró que las cinco microcuencas están mayoritariamente ocupadas por actividades agropecuarias, como la agricultura temporal (58,84%) y la agricultura o pastoreo (15,57%). Los parámetros de Fósforo y *E. coli* presentaron, en promedio, valores elevados, encuadrando las aguas de los cinco puntos muestreados como Clase 4 por Resolución CONAMA nº 357/05. Aún así, las aguas en todos los puntos presentaron TSI hipereutrófica. Estos resultados pueden ser el resultado de actividades de uso y ocupación de la tierra, posiblemente debido a la lixiviación de fósforo utilizado en la fertilización con fosfato en áreas cultivables, la aplicación de estiércol porcino al suelo debido a la importante crianza de cerdos en la región y el saneamiento deficiente.

Palabras-clave: geoprosesamiento; superficie del agua; estudio ambiental.

INTRODUÇÃO

A água é essencial a todas as formas de vida (GBEDZI et al., 2022), é necessária, também, às mais diversas atividades humanas. Por conta disso, a demanda pelo uso da água tem aumentado e, em muitos casos, há escassez de disponibilidade, gerando preocupações ecológicas e ambientais. Há vários estudos que retratam problemas relacionados à gestão da quantidade e da qualidade das águas em diferentes países (DOLAN et al, 2021; HE et al., 2021; HUANG et al., 2021; TADESCO; OLIVEIRA; TROJAN, 2021; AMIRGALIEV et al., 2022).

Os problemas quali-quantitativos dos recursos hídricos são decorrentes de diversos estressores, principalmente, do mau uso da água, e das distintas atividades desenvolvidas nas bacias hidrográficas (RICCI; WIECHETECK, 2021; SHEHAB et al., 2021; GBEDZI et al., 2022). Contribuem para esse processo, os elevados consumos de água para irrigação, abastecimento humano e industrial, e os lançamentos de efluentes com tratamento deficitário ou inexistente (HE et al., 2021; VLIET et al., 2021; BRONTOWIYONO, 2022).

Dados fornecidos pelo Instituto Trata Brasil apontam que mais de 100 milhões de brasileiros (46%) não possuem acesso a coleta de esgoto, e o país não trata a metade do esgoto que gera (49%), lançando na natureza diariamente dezenas de milhões de metros cúbicos de esgoto sem tratamento (BRASIL, 2021a). Outro fator de risco à saúde dos seres humanos é o consumo de água contendo poluentes emergentes, como produtos farmacêuticos (ADEOLA; FORBES, 2021; KAR et al., 2021; GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, 2022) e de higiene pessoal (DUEÑAS-MUÑOZ et al. 2022), hormônios (TORRES et al., 2021; AJALA et a., 2022), microplásticos (FRED-AHMADU, 2022; XIANG et al., 2022), pesticidas (LÓPEZ-DOVAL et al., 2017; INTISAR et al., 2022) dentre outros, que não são comumente removidos por processos convencionais em estações de tratamento de água (MARSON et al., 2022). Prova disso, um estudo apontou a presença de 27 agrotóxicos na água de consumo humano em mais de duas mil cidades no Brasil, sendo que 11 estão associados ao desenvolvimento de doenças crônicas (BRASIL, 2021b), muito em função do país ser o maior consumidor de agrotóxico do planeta, em volume de produto (FIOCRUZ, 2019).

Fatores locais, como uso e ocupação inadequada da terra, emprego abusivo de fertilizantes e corretivos também provocam inúmeros problemas ambientais, principalmente em áreas de nascentes e várzeas, comprometendo a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos (OLIVEIRA; ACORSI; SMANIOTTO, 2018; GBEDZIA et al., 2022). Portanto, é crescente o número de bacias

hidrográficas poluídas, em maior ou menor grau, devido às contínuas cargas de contaminantes (SILVEIRA et al., 2016; NASCIMENTO et al., 2019; RICCI; WIECHETECK, 2021).

Estudos de uso e ocupação da terra são ferramentas relevantes para a gestão ambiental das microbacias, pois possibilitam entender a dinâmica nesses locais, e auxiliam na identificação dos principais usos da água e dos fatores que podem afetar sua qualidade, a exemplo de desmatamentos, processos erosivos, lançamento de efluentes (NASCIMENTO et al., 2019) e de dejetos de animais (CAUS, 2020; BERNANDO, 2021), bem como expansão de fronteiras agrícolas e urbanização (SERNA et al., 2019). Atrelado a isso, estudos de qualidade das águas são importantes à medida que fornecem subsídio às intervenções necessárias para a melhoria da qualidade ambiental local (BISOGNIN et al., 2017).

Nesse sentido, Carvalho e Braga (2022) descrevem que a identificação dos impactos ambientais com ênfase em padrões de uso e ocupação da terra e métricas de análise da paisagem são muito importantes, à medida que auxiliam na implementação de estratégias de gestão da água e do meio ambiente como um todo. Para realizar análises mais robustas quanto ao uso e ocupação da terra em estudos ambientais, Valle et al. (2016) e Macedo e Veiga (2018) argumentam que a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), e dados georreferenciados, auxiliam na visualização dos atributos da bacia hidrográfica estudada e permitem uma análise mais abrangente da área.

Desse modo, sabendo da importância dos corpos hídricos para manutenção da vida e equilíbrio dos ecossistemas, o objetivo do presente estudo é avaliar o uso e ocupação da terra e a qualidade das águas de cinco microbacias do Lajeado Pardo, no Noroeste do Rio Grande do Sul. Ressalta-se que a relevância deste estudo está embasada no Programa de Objetivos do Milênio (ONU, 2015), proposto pela Organização das Nações Unidas (ONU), especificamente no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6.6, que visa a proteção e restauração de ecossistemas relacionados com a água (COSTA et al., 2019).

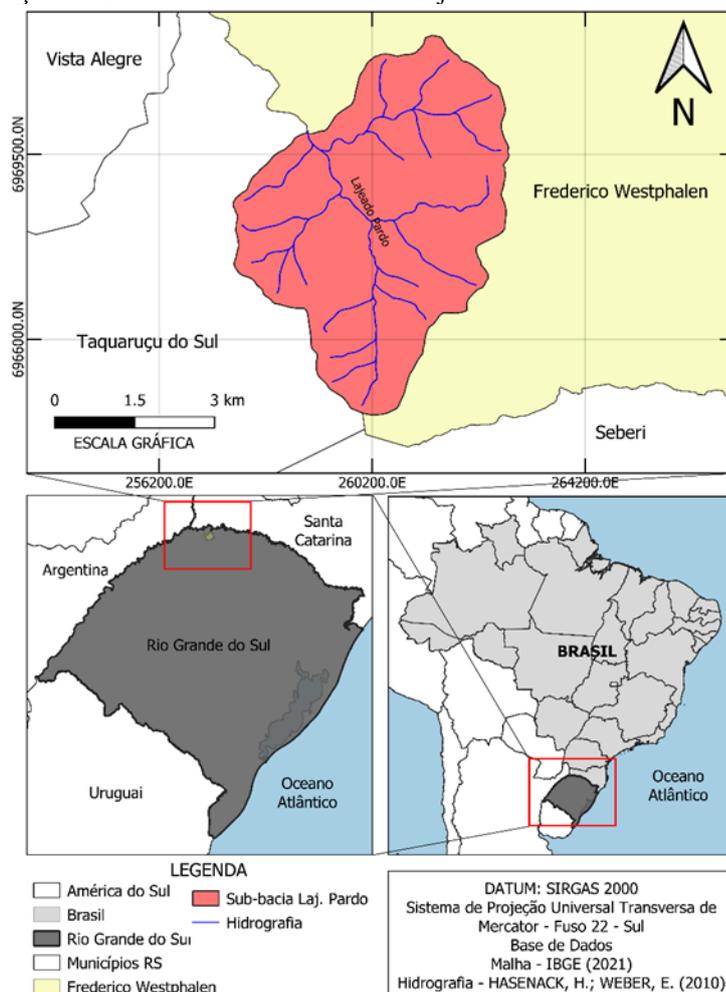
METODOLOGIA

Área de estudo

O trecho de estudo contempla os tributários de cinco microbacias hidrográficas pertencentes a Sub-bacia do Lajeado Pardo, nos municípios de Frederico Westphalen e Taquaruçu do Sul (Figura 1). O Lajeado Pardo, inserido na Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea (U-100), possui extrema importância, especialmente para os municípios de Frederico Westphalen e Caiçara, no Noroeste do

Rio Grande do Sul, pois é utilizado como fonte de água bruta para o abastecimento humano, pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) (MANCUSO et al., 2016), entre outros usos de contato primário, que estão diretamente ligados à saúde pública (FLACH, 2021).

Figura 1 – Localização da área de estudo: Sub-bacia do Lajeado Pardo no Noroeste do Rio Grande do Sul, em 2022.



Fonte: Autores, 2023.

Caracterização do uso e ocupação da terra

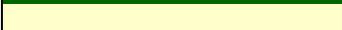
Para a avaliação do uso e ocupação da terra foram utilizados dados do Projeto MapBiomas, os quais foram processados com auxílio do *Software* QGIS v. 3.10.9, de modo a permitir a elaboração do mapa de uso e ocupação da terra e sua análise quantitativa.

Os mapas disponibilizados pelo projeto MapBiomas são gerados a partir de imagens do satélite LANDSAT 8, com resolução espacial de 30 metros (MAPBIOMAS, 2022). Estes dados foram acessados via sítio eletrônico do projeto, mediante realização de cadastro na plataforma. Após,

definiu-se o ano de 2021 como período de análise dos dados e delimitou-se o Estado do Rio Grande do Sul como região de pesquisa. Assim, foi possível realizar o download do arquivo em formato raster, contendo as informações de uso e ocupação da terra para a região.

No software QGIS procedeu-se com a importação do arquivo raster no formato *.tiff*, o qual foi recortado para os limites da área de estudo. Por conseguinte, os valores de cada classe de uso e ocupação foram categorizados (Quadro 1) e com auxílio do algoritmo *r.report* foram quantificadas as áreas de cada classe de uso e ocupação da terra identificadas nos limites do estudo. A partir do relatório de áreas obtido e com auxílio do *software Microsoft Excel®* as informações foram sistematizadas em tabelas, sendo gerado o mapa de interesse, através do *software QGIS v. 3.10.9* para facilitar a visualização e interpretação.

Quadro 1 – Classes de uso e ocupação da terra utilizadas para classificação.

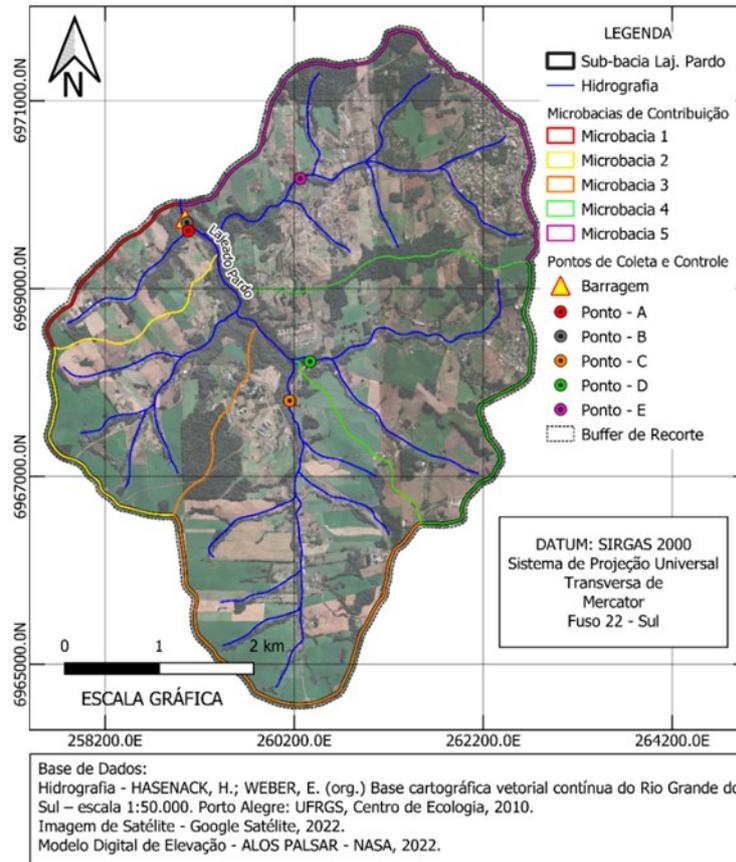
Código da feição	Classe	Cor
1	Formação Florestal	
2	Agricultura ou Pastagem	
3	Infraestrutura Urbana	
4	Rios, Lagos e Açudes	
5	Lavoura Temporária	

Fonte: Autores, 2022.

Análise da qualidade da água do Lajeado Pardo

Inicialmente, pretendia-se realizar duas campanhas de coletas de água, uma em janeiro e outra em fevereiro de 2022, nas cinco microbacias de estudo do Lajeado Pardo. No entanto, foi possível coletar amostras de quatro delas, denominadas de microbacias: 1, 3, 4 e 5 (Figura 2). Destas, apenas a microbacia 1 situa-se no município de Taquaruçu do Sul-RS, enquanto os demais pontos estão inseridos no território de Frederico Westphalen-RS. A microbacia 2, a qual não foi possível coletar as amostras de água, devido ao período de estiagem, também pertencente ao município de Taquaruçu do Sul. Além das quatro microbacias, o quinto ponto de coleta foi realizado na barragem de captação de água que abastece o município de Frederico Westphalen, denominado de ponto B, alusivo à barragem (Figura 2). Em cada local, foram coletadas amostras de água superficial de três pontos equidistantes (triplicata (n=3)) para análise, realizadas de jusante a montante para evitar alterações dos parâmetros pelo pisoteio das margens, estando os pontos medianos demarcados na Figura 2. Foram utilizados frascos da marca Nalgon® para as amostras, conforme as características de análise de cada parâmetro.

Figura 2 – Mapa de localização dos pontos de amostragem na Sub-bacia do Lajeado Pardo e microbacias de estudo, no noroeste do Rio Grande do Sul, em 2022.



Fonte: Autores, 2022.

Após as coletas, as amostras foram armazenadas e preservadas em caixa térmicas ($\sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$) (BRASIL, 2016) e encaminhadas para o Laboratório de Análise de Água da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus Frederico Westphalen, para análise de parâmetros químicos e microbiológicos. Também foram coletadas alíquotas para análises de parâmetros físicos, na segunda campanha, que foram encaminhadas para o Laboratório de Análises Ambientais da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), campus Três Passos-RS.

Os parâmetros foram selecionados conforme a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento (BRASIL, 2005). Portanto, a análise dos resultados se baseou nos valores máximos permitidos (VMP) para as diferentes classes das águas doces, entre 1 a 4, sendo que o maior número representa maior degradação da qualidade da água. O Lajeado Pardo e seus afluentes não possuem enquadramento definido, pois o Plano da Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea ainda não fora elaborado (RIO GRANDE DO SUL, 2022). Diante disso, e segundo o art. 42 da

Resolução CONAMA 357/2005, é classificado como Classe 2 (BRASIL, 2005), até aprovado o respectivo enquadramento, entretanto, pode apresentar qualidade inferior.

As análises físico-químicas e microbiológicas da água foram realizadas conforme *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 2012). Os parâmetros químicos analisados foram: nitrato, nitrito, amônia, fósforo, pH e condutividade elétrica, enquanto que os microbiológicos foram: coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*). Dentre os parâmetros físicos, avaliou-se: turbidez, sólidos dissolvidos totais (SDT) e temperatura (*in loco*).

Ainda, foi utilizado o Índice de Estado Trófico (IET) para avaliar a qualidade dos corpos hídricos, e sua classificação com base no enriquecimento de fósforo total (PT), principal elemento causador da eutrofização (PEREIRA et al., 2020). O IET foi calculado através da Equação de Lamparelli (2004) (Equação 1), cujos resultados podem variar de ultraoligotrófico (menor grau de eutrofização), até hipereutrófico (maior grau de eutrofização) (CETESB, 2013; LAMPARELLI, 2004).

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

Onde: PT é expresso em $\mu\text{g.L}^{-1}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uso e ocupação da terra nas microbacias estudadas do Lajeado Pardo

Foram classificados 22,733 km², das cinco microbacias contribuintes ao trecho analisado do Lajeado Pardo, desde a sua nascente até o ponto de captação de água pela CORSAN.

Os dados da Tabela 1 representam a classe de uso e ocupação da terra e os respectivos percentuais de cobertura. Verificou-se que a classe mais representativa na área de estudo foi a lavoura temporária com 58,84% da área (13,33 km²), seguida de formação florestal com 19,91% (4,51 km²), agricultura ou pastagem com 15,57% (3,53 km²), infraestrutura urbana com 5,80% (1,32 km²) e rios, lagos e açudes com 0,22% (0,05 km²).

Tabela 1 – Classificação do uso e ocupação da terra, suas áreas e respectivos percentuais de cobertura das microbacias estudadas do Lajeado Pardo, em 2022

Uso e ocupação da terra	Microbacias (km ²)					Total (km ²)	Total (%)
	1	2	3	4	5		
1 – Formação Florestal	0,266	0,746	0,947	0,899	1,653	4,511	19,85
2 – Agricultura/Pastagem	0,230	0,479	0,616	0,694	1,508	3,527	15,51
3 – Infraestrutura Urbana	0,000	0,011	1,001	0,223	1,001	1,315	5,78
4 – Rios, Lagos e Açudes	0,004	0,009	0,004	0,017	0,016	0,050	0,22
5 – Lavoura Temporária	0,893	2,177	4,514	3,295	2,451	13,330	58,64
Total	1,394	3,422	7,083	5,126	6,629	22,733	100,00

Fonte: Autores, 2022.

Com base nos resultados, é possível inferir que 79,94% da área de estudo sofreu e/ou sofre interferência antrópica o que, segundo Vieira e Ribeiro (2021), caracteriza ambiente severamente alterado. Diante disso, ressalta-se que as atividades antrópicas na área de estudo caracterizam as fragilidades ambientais da localidade e podem justificar padrões ambientais inadequados.

É perceptível que as áreas de floresta nativa deram espaço às atividades agrícolas (Tabela 1). Esse cenário vem se desenhando por todo o mundo, segundo Curtis et al. (2018), que utilizaram um modelo de classificação de perda florestal, 27%±5% da perda global de florestas foi atribuída ao desmatamento causado por commodities entre 2001 e 2015.

A microbacia 3, mais extensa em território (7,083 km²), apresentou 73,27% da cobertura por lavoura temporária e 10,00% da cobertura composta por agricultura ou pastagem. Assim, 83,27% dessa microbacia possui influência da agricultura.

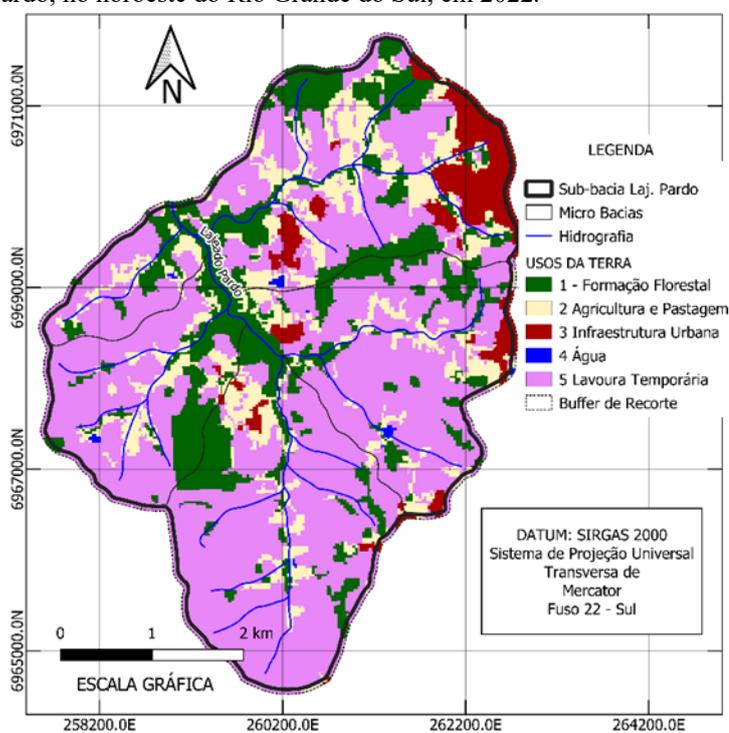
A segunda maior microbacia em área (6,629 km²) é a 5, que possui 36,97% do seu território ocupado por lavoura temporária, e 22,74% ocupado pela agricultura ou pastagem. Em contraponto, 15,11% da área da microbacia 5 é ocupada por infraestrutura urbana, sendo que dentre as microbacias estudadas, é a que compõe o maior percentual de urbanização. Apesar de possuir o maior percentual de formação florestal (24,94%), é possível perceber que as ações antrópicas ligadas a agricultura e urbanização podem afetar negativamente os parâmetros de qualidade da água dessa microbacia (item 3.2).

A terceira maior microbacia em área (5,126 km²) é a 4, onde 64,27% da cobertura da terra é lavoura temporária. Somado a 13,53% da terra ocupada por agricultura ou pastagem, tem-se que 77,80% da microbacia sofre interferência da agricultura. Ainda, 4,34% de sua área está urbanizada, o que reforça as alterações antropogênicas.

As microbacias 1 e 2 apresentam 80,58% e 77,61%, respectivamente, de suas áreas influenciadas pela agricultura. Ressalta-se que a Microbacia 1 não possui nenhuma influência de urbanização e na 2, essa influência é pequena (0,32%).

A partir do mapa de uso e ocupação da terra (Figura 3) verifica-se que, grande parte da área de estudo se encontra em zona rural, onde se destacam a agricultura, com a produção de grãos, e agropecuária, com a forte atuação da atividade suinícola. Segundo Lopes et al. (2019), ao analisarem a produção agrícola da Região do Médio Alto Uruguai do Estado do RS, entre os anos de 2013 e 2015, verificaram que 50% dos municípios investiram em suinocultura como meio de subsistência, sendo que Frederico Westphalen está entre os municípios da região com maior percentual de criação de suínos, assim como é a principal atividade econômica da produção primária do município de Taquaruçu do Sul, responsável por 71% da arrecadação municipal (KUWIATZ, 2021).

Figura 3 – Classes de cobertura da terra nas cinco microbacias estudadas na Sub-bacia do Lajeado Pardo, no noroeste do Rio Grande do Sul, em 2022.



Fonte: Autores, 2022.

Dados da Associação de Criadores de Suínos do Rio Grande do Sul (ACSURS) (2022) revelam que Frederico Westphalen é o 19º município com maior produção de suínos para abate em 2021 (124.136 cabeças). Além disso, segundo o relatório da ACSURS, o município se situa na região com maior produção de suínos para abate do RS. Nesse sentido, os dejetos de suínos, quando mal

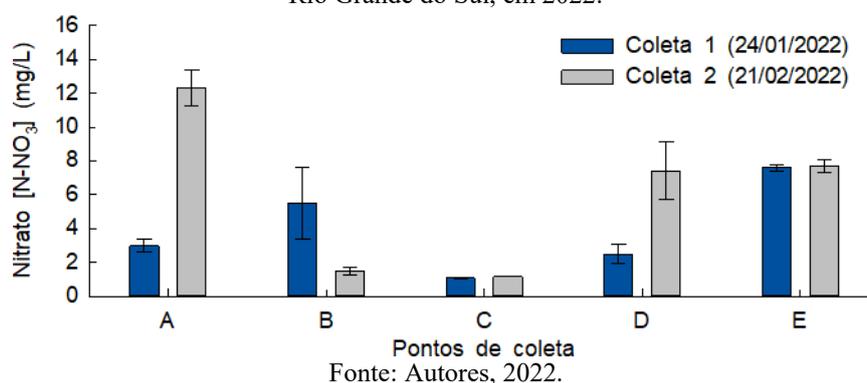
geridos, podem provocar alterações nos padrões de qualidade das águas superficiais, tendo em vista que após o período de pré-estabilização em esterqueiras, os dejetos dos suínos são comumente aplicados em áreas agricultáveis como forma de disposição final e fonte de adubação orgânica.

Outro estudo realizado ao longo do Lajeado Pardo verificou problemas similares de solo descoberto, falta de vegetação marginal, construções em zonas de drenagem, e despejos de efluentes no manancial (RITTER et al., 2015). Segundo Marinho et al. (2020) e Dias et al. (2021), a poluição causada pelo contato direto com resíduos e efluentes (domésticos e/ou industriais) está entre os impactos mais comuns nos corpos d'água próximos das cidades.

Qualidade das águas nas microbacias do Lajeado Pardo

Os valores mais altos de nitrato na campanha 1 estão localizados no ponto E ($(\bar{X}) = 7,576 \pm 0,317$); média e desvio padrão, respectivamente) e na barragem de captação de água (ponto B) ($(\bar{X}) = 5,488 \pm 3,644$), conforme Figura 4. Por outro lado, para a campanha 2, os maiores valores de nitrato foram observados no ponto A ($(\bar{X}) = 12,327 \pm 1,812$), e em ambas as campanhas, os níveis mais baixos foram observados no ponto C.

Figura 4 – Níveis médios (n=3) de nitrato em cinco locais de coleta da Sub-bacia do Lajeado Pardo, no Noroeste do Rio Grande do Sul, em 2022.

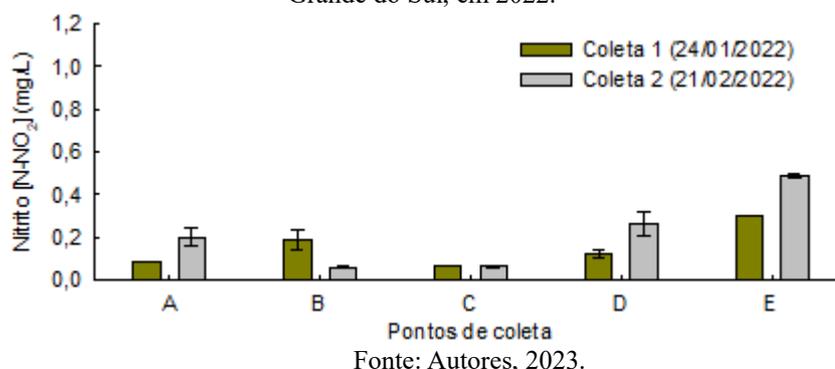


Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, o valor máximo permitido (VMP) de nitrato para águas doces Classes 1 até 3 é de 10 mg/L. Apesar da provisória classificação do Lajeado Pardo em Classe 2, é possível constatar que na coleta 1, nenhum ponto excedeu o valor limite de referência para Classe 1 (BRASIL, 2005). Na coleta 2, apenas o ponto A excedeu o valor de 10 mg/L, classificando esse ponto em Classe 4.

Apesar de apenas um ponto ultrapassar o VMP de nitrato para Classes 1 até 3, é importante mencionar que outros estudos constataram que o aumento de nitrato está diretamente ligado às práticas agrícolas (FONSECA, 2017; CHIANG et al., 2021), o qual é lixiviado para os corpos da água, durante e após a chuva (SILVA, 2022).

Quando avaliados os níveis de nitrito (Figura 5), constatou-se que na coleta 1, o ponto E ($\bar{X}=0,301 \pm 0,005$) apresentou o maior valor, seguido dos pontos coletados na barragem de captação de água (ponto B) ($\bar{X}=0,187 \pm 0,078$). No entanto, na coleta 2, os maiores valores foram observados nos pontos de coleta E ($\bar{X}=0,489 \pm 0,015$) e D ($\bar{X}=0,264 \pm 0,104$), enquanto que os níveis mais baixos foram observados na coleta 1 no ponto C ($\bar{X}=0,066 \pm 0,003$), e na coleta 2 nos pontos B ($\bar{X}=0,060 \pm 0,003$) e C ($\bar{X}=0,062 \pm 0,009$). Além disso, é importante mencionar que tanto nas coletas 1 e 2, nenhum ponto excedeu o VMP de nitrito para águas doces classe 1, que é de 1,0 mg/L.

Figura 5 – Níveis médios (n=3) de nitrito em cinco locais de coleta da Sub-bacia do Lajeado Pardo, no Noroeste do Rio Grande do Sul, em 2022.



Segundo Fonseca (2017), os parâmetros de nitrito e nitrato em águas superficiais atuam na ocorrência de processos biológicos ativos influenciados, respectivamente, por poluição orgânica e transporte de solos agrícolas para corpos hídricos. As baixas concentrações de nitrito e nitrato presentes na água podem estar relacionadas ao período de estiagem (Tabela 2) em que as coletas foram realizadas, uma vez que nessa época o carreamento de partículas para os cursos d'água, devido o escoamento superficial, são substancialmente reduzidos.

Tabela 2 – Precipitação total diária (mm) em Frederico Westphalen no período das coletas, de janeiro à fevereiro de 2022

Data	17/01	18/01	19/01	20/01	21/01	22/01	23/01	24/01	25/01	26/01	27/01	28/01
Prec	0,0	11,2	0,0	0,4	0,0	0,0	2,0	21,6	3,4	2,2	1,4	0,0
Data	29/01	30/01	31/01	01/02	02/02	03/02	04/02	05/02	06/02	07/02	08/02	09/02
Prec	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,0	1,6	0,2	0,0	0,0	0,0
Data	10/02	11/02	12/02	13/02	14/02	15/02	16/02	17/02	18/02	19/02	20/02	21/02
Prec	0,0	3,6	2,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	23,6

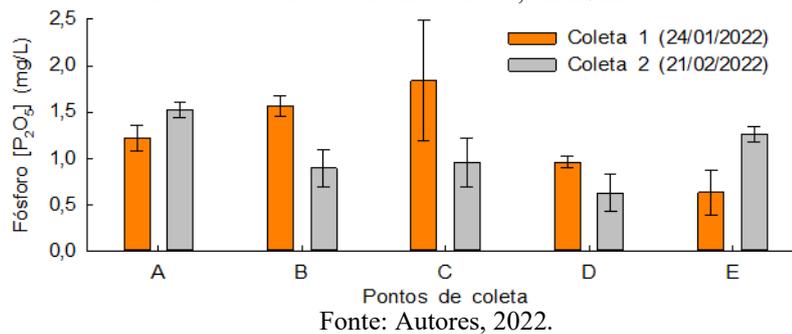
Fonte: Adaptado de Instituto Nacional de Meteorologia (2022). Prec= Precipitação (mm).

Para a coleta 1, os níveis mais elevados de nitrogênio amoniacal foram verificados nos pontos A ($(\bar{X}) = 0,805 \pm 0,744$) e E ($(\bar{X}) = 0,888 \pm 0,052$). Na coleta 2, os níveis mais elevados foram encontrados nos pontos E ($(\bar{X}) = 1,192 \pm 0,934$) e D ($(\bar{X}) = 0,624 \pm 0,191$). Contudo, na coleta 1, as menores concentrações foram encontradas no ponto C ($(\bar{X}) = 0,00 \pm 0,009$), enquanto que na coleta 2, os menores valores foram observados na barragem de captação de água (ponto B) ($(\bar{X}) = 0,124 \pm 0,007$) e no ponto C ($(\bar{X}) = 0,216 \pm 0,077$). Nenhum dos pontos excedeu o VMP de nitrogênio amoniacal pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces classe 1, que é de 3,7 mg/L, apesar dos usos da terra na região serem potencialmente enriquecedores de nitrogênio amoniacal, devido o uso de fertilizantes e o lançamento de dejetos e efluentes (RASHID; ROMSHOO, 2013).

Os valores reduzidos de nitrogênio amoniacal também podem estar relacionados ao período de estiagem (Tabela 2) em que o estudo foi realizado. Segundo descrito por Shi et al. (2017), a qualidade da água de córregos apresenta variação sazonal das concentrações de nitrogênio amoniacal, sendo verificado níveis mais baixos nas épocas de seca, e valores mais elevados nas estações chuvosas. Neste mesmo sentido, Silva (2022), ao realizar um estudo no Lajeado Pardo constatou que a concentração crescente de amônia está diretamente ligada ao volume de chuva registrada nos períodos de coleta. O autor também confirma que a amônia é facilmente carregada para os cursos de água nos eventos chuvosos.

O comportamento do fósforo (Figura 6) variou ao longo dos pontos amostrados na coleta 1, em média a concentração mais baixa pode ser observada no ponto E ($(\bar{X}) = 0,63 \pm 0,236$). Além disso, as concentrações mais elevadas na coleta 1 foram verificadas nos pontos B ($(\bar{X}) = 1,563 \pm 0,194$) e C ($(\bar{X}) = 1,840 \pm 1,125$). Por outro lado, na coleta 2, os pontos de máxima concentração de fósforo foram observados em A ($(\bar{X}) = 1,521 \pm 0,141$) e E ($(\bar{X}) = 1,261 \pm 0,152$), enquanto que a concentração mínima foi registrada no ponto D ($(\bar{X}) = 0,628 \pm 0,355$).

Figura 6 – Níveis médios (n=3) de fósforo em cinco locais de coleta da sub-bacia do Lajeado Pardo, no Noroeste do Rio Grande do Sul, em 2022.



O VMP para fósforo total em ambientes lóticos é de 0,1 mg/L para águas doces classe 1, segundo a Resolução CONAMA nº 357/05. Considerando as duas campanhas de coleta, os valores de fósforo ultrapassaram o limite para classe 1. Desse modo, ao comparar os resultados encontrados com o valor de referência para fósforo, as águas dos cinco pontos nas duas campanhas amostrais seriam enquadradas como classe 4, que é por legislação (BRASIL, 2005) a classe mais restritiva, indicada apenas para navegação e harmonia paisagística.

As concentrações de fósforo nos pontos estudados despertam um alerta sobre a qualidade do manancial, trazendo à tona a preocupação com o uso e ocupação da terra, bem como com as práticas de manejo do solo, dos dejetos de suínos, das atividades agrícolas, do lançamento de esgotos e efluentes industriais, além das drenagens pluviais agropecuárias, agrícolas e urbanas, como enfatiza Galavoti (2018).

O fósforo em excesso pode causar crescimento excessivo das algas, processo conhecido como eutrofização, o que pode prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática (ANA, 2005), portanto, representa uma ameaça aos recursos de água doce, com consequências para a saúde pública, biodiversidade e outros serviços ecossistêmicos (LIMA et al., 2018; LE MOAL et al., 2019; SHUVO et al., 2021). Ademais, a eutrofização pode reduzir os níveis de oxigênio, aumentando a turbidez, mortalidade de peixes e a geração de odores indesejáveis (LE MOAL et al., 2019).

Cabe um alerta para os níveis de fósforo na barragem de captação de água, observados nas duas campanhas amostrais, pois o nutriente apresentou valor médio acima do VMP para Classe 3 (0,15 mg/L), comprometendo a qualidade da água, tão importante para o abastecimento público da população westphalense e caiçarense. Silva (2022) também encontrou valores elevados de fósforo ($P \geq 0,25$ mg/L) nas águas do Lajeado Pardo, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

Em virtude das elevadas concentrações de fósforo, é extremamente necessário o monitoramento constante de parâmetros de qualidade da água para garantir os padrões recomendados para os usos prioritários a que se destinam, evitando a posteriori, problemas de saúde pública. Diante de sua relevância, para avaliar o nível de eutrofização na Sub-bacia do Lajeado Pardo, realizou-se o cálculo do IET. A classificação do IET para os cinco pontos amostrados, nas duas campanhas (Tabela 3), resultou em valores correspondentes a classe de estado trófico hipereutrófico (IET > 67), ou seja, a mais severa.

Tabela 3 – Valores médios do Índice de Estado Trófico nos cinco pontos de coleta nas duas campanhas amostrais na sub-bacia do Lajeado Pardo, em 2022.

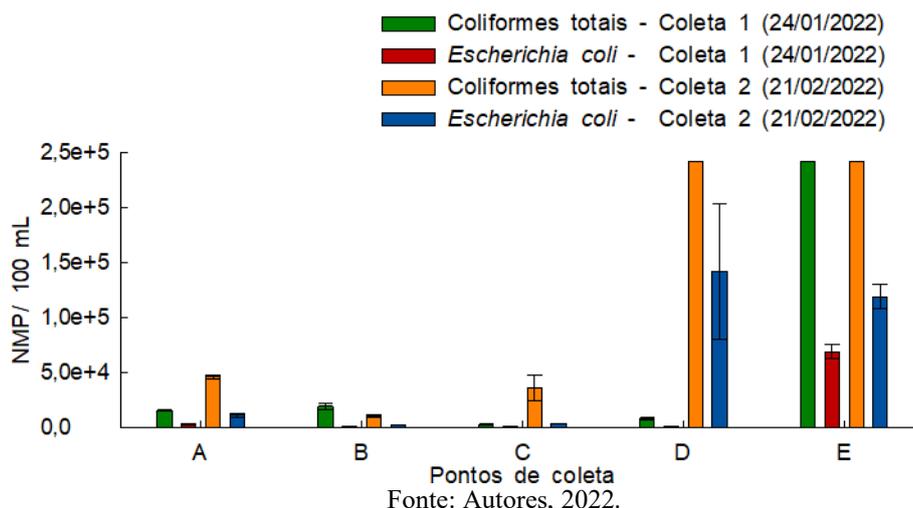
Pontos de Coleta	Campanha amostral	
	1	2
A	74 - Hipereutrófico	71 - Hipereutrófico
B	73 - Hipereutrófico	74 - Hipereutrófico
C	69 - Hipereutrófico	73 - Hipereutrófico
D	71 - Hipereutrófico	68 - Hipereutrófico
E	74 - Hipereutrófico	71 - Hipereutrófico

Fonte: Autores, 2023.

A classificação do estado trófico como hipereutrófico em todos os pontos de amostragem indica significativa concentração de matéria orgânica e nutrientes nos corpos d'água (LAMPARELLI, 2004). Diante disso, levanta-se um alerta para o monitoramento contínuo desses parâmetros, uma vez que o manancial de estudo, é uma importante fonte de água para abastecimento público e demais usos múltiplos. Araújo et al. (2020) reforçam a importância e complementam que o monitoramento da concentração de fósforo auxilia na execução de medidas de prevenção dos efeitos maléficos a qualidade da água, como por exemplo a eutrofização.

Quanto a análise dos parâmetros biológicos, as concentrações máximas de coliformes totais (Figura 7) foram verificadas nos pontos E (\bar{X}) = 241.960,000 ± 0,000) e B (\bar{X}) = 19.763,333 ± 5.257,113) na coleta 1, e D (241.960,000 ± 0,000) e E (241.960,000 ± 0,000) na coleta 2. No entanto, para *E. coli*, o ponto E (\bar{X}) = 69.276,667 ± 10.854,733) na coleta 1 e os pontos D (\bar{X}) = 142.360,000 ± 106.666,220) e E (\bar{X}) = 119.323,333 ± 19.436,827) na coleta 2 foram os de máxima concentração.

Figura 7 – Níveis médios (n=3) de coliformes totais e *Escherichia coli* em cinco locais de coleta da Sub-bacia do Lajeado Pardo, no Noroeste do Rio Grande do Sul, em 2022.



Na coleta 1, 40% das amostras apresentavam índices aceitáveis para Classe 2 (até 1000 *E. coli*/100 mL) e 20% para Classe 3 (até 2500 *E. coli*/100 mL). Os 40% restantes excederam o VMP para Classe 3, e enquadraram-se em Classe 4. Ao realizar a mesma análise para a coleta 2, 20% das amostras se enquadravam no VMP para Classe 3 e os 80% restantes, excederam esse limite, enquadrando-se na classe mais restritiva preconizada na legislação, ou seja, Classe 4 (BRASIL, 2005).

Outro estudo realizado ao longo do Lajeado do Pardo verificou que a presença de *E. coli* excedia o VMP para Classe 2 (FLACH, 2021), reforçando o alerta, pois a população usa esse manancial para as mais diversas finalidades, inclusive para a recreação de contato primário. Além disso, os valores encontrados podem estar subdimensionados, tendo em vista que no período de estiagem as concentrações de coliformes podem ser reduzidas, devido o maior transporte de coliformes ocorrer de áreas de aplicação de dejetos após eventos de chuva. Esta informação é reforçada por Medeiros et al. (2016), que relatam maior carreamento de sedimentos para o leito dos rios no período chuvoso, com aumento da turbidez e coliformes nos corpos hídricos.

Em uma análise global das águas das microbacias estudadas e sua influência no Lajeado Pardo, constatou-se que os pontos de coleta A e E, localizados nas microbacias 1 e 5, respectivamente, excederam os limites para classe 1, conforme Resolução CONAMA nº 357/05, dos parâmetros analisados nas duas campanhas amostrais, quando comparados as demais microbacias. Isso pode estar associado ao fato da microbacia 5 possuir 36,97% de sua área ocupada

por lavoura temporária, e 22,74% ocupada por agricultura ou pastagem. Além disso, a microbacia 5 possui a maior área dentre as bacias estudadas com influência da urbanização, sofrendo forte interferências dos efluentes domésticos. De outro modo, a microbacia 1 sofre influência devido às grandes porções de terra ocupadas pela agricultura (80,58%), que podem afetar as concentrações de nutrientes, matéria orgânica, fertilizantes, dentre outros, nas águas da microbacia.

No ponto B, barragem de captação da água, verificou-se concentrações compatíveis com a Classe 1 para os parâmetros nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal nas duas campanhas amostrais, porém os valores reduzidos podem estar sob influência do período de estiagem, em que o estudo foi conduzido. Além disso, cabe destacar que as concentrações de fósforo e *E. coli* nas duas campanhas excederam o VMP para Classe 3, nesse ponto.

Quando comparadas as médias das coletas 1 e 2, é possível inferir que na maioria dos parâmetros analisados, a coleta 2 apresentou valores superiores aos da coleta 1. Ao comparar os dados de precipitação das duas campanhas amostrais (Tabela 2), não foram encontradas diferenças pluviométricas que pudessem justificar esses valores. Nesse sentido, como sugestão para futuros estudos, tem-se a importância de seguir com o acompanhamento das análises ao longo do tempo, para verificar o comportamento dos parâmetros em escala temporal.

A Tabela 4 resume os valores dos parâmetros físicos analisados ao longo dos cinco locais de coleta, na campanha 2, realizada em fevereiro de 2022. Constatou-se que os valores de pH e SDT, em todos os pontos analisados, estão abaixo dos VMPs para águas Classe 1, que são de 6 a 9 para pH e de até 500 mg/L para SDT.

Tabela 4 – Valores médios dos parâmetros físicos analisados em cinco microbacias do Lajeado Pardo, no noroeste do Rio Grande do Sul, em 2022.

Locais de Coleta	pH	Condutividade (µS/cm)	Temperatura (°C)	SDT (mg/L)	Turbidez (UNT)
A	6,34	83	24,2	15	60,02
B	6,78	77	24,2	5	11,90
C	6,57	163	24,2	8	9,22
D	6,37	140	24,2	27	34,67
E	6,43	217	24,2	39	89,33

Fonte: Autores, 2023.

A turbidez média das microbacias 1 e 5 se enquadram como águas de Classe 2 (até 100 UNT), enquanto que as demais se enquadram como águas de Classe 1 (até 40 UNT).

Ao avaliar a possível correlação existente entre o uso e ocupação da terra com os padrões de qualidade das águas superficiais nas cinco microbacias estudadas (Tabela 5), percebe-se a predominância de atividades agrícolas, fazendo com que pelo menos um dos parâmetros analisados nas duas campanhas amostrais, enquadrasse as águas como Classes 4 (BRASIL, 2005).

Tabela 5 – Correlação dos principais usos da terra e a qualidade das águas superficiais nos cinco locais de coleta do Lajeado Pardo, no noroeste do Rio Grande do Sul, em 2022.

Locais de Coleta	Principais usos e ocupações da terra (%)	Qualidade das águas superficiais
A	Lavoura temporária (64,06%) e Formação florestal (19,08%)	Classe 4* ^c **
B	Lavoura temporária (63,62%) e Formação florestal (21,80%)	Classe 4* ^c **
C	Lavoura temporária (63,73%), Infraestrutura urbana (14,13%) e Formação florestal (13,37%)	Classe 4* ^c **
D	Lavoura temporária (64,28%), Formação florestal (17,54%) e Agricultura/pastagem (13,54%)	Classe 4* ^c **
E	Lavoura temporária (36,97%), Formação florestal (24,94%), Agricultura/pastagem (22,75%) e Infraestrutura Urbana (15,10%)	Classe 4* ^c **

Fonte: Organizado pelos autores (dezembro, 2022). Fósforo*; *E. coli***

Todos os pontos excederem o VMP de fósforo ($P \leq 0,15$ mg/L) para Classe 3, despertando o alerta para a poluição do manancial por esse nutriente. Esses valores podem estar relacionados ao elevado emprego de fertilizantes agrícolas que são lixiviados até os corpos da água (SOARES et al., 2022), uma vez que as microbacias estudadas são majoritariamente agrícolas, e o principal uso da terra está relacionado as lavouras temporárias e agricultura/pastagem.

Nos últimos anos, as entradas de nutrientes, dentre eles o fósforo, representam um dos maiores problemas em rios e estuários (BIANCHI, 2007) e tem sido considerado como principal responsável pela eutrofização de corpos hídricos (ESTEVES, 2011). No presente estudo, esse fato é corroborado pelo valor do IET, em que todos os pontos amostrados foram classificados como hipereutrófico, ou seja, corpo d'água afetado significativamente por nutrientes que podem causar consequências indesejáveis para os usos múltiplos da água.

Uma justificativa para os altos valores de coliformes termotolerantes, que excederam na maior parte das análises o VMP para Classe 3, é a forte influência dos efluentes domésticos. Os mesmos são responsáveis pela contaminação fecal dos mananciais da água (ponto de coleta C) e os dejetos suínos que são usados como fertilizantes orgânicos nas áreas agrícolas (pontos A, B, D e E). Cabe destacar a possível influência da atividade da suinocultura nos parâmetros analisados, uma vez que Frederico Westphalen e Taquaruçu do Sul estão inseridos na maior região produtora de suínos para abate no Estado do RS. Encontrou-se neste estudo, concentrações de fósforo e *E. coli* que excedem

o limite máximo permitido por legislação, e a má gestão dos desejos da suinocultura podem influenciar esses parâmetros. Diante disso, destaca-se a importância da adoção de boas práticas de manejo dos dejetos nas microbacias em que a atividade é praticada, pois a qualidade da água pode ser influenciada pelo uso e ocupação da terra (GBEDZI et al., 2022).

O estudo de Shehab et al. (2021) corrobora esse argumento, quando afirmam que compreender a distribuição espacial e alocar as fontes de poluição da água são elementos vitais na implementação de práticas eficazes de gestão de recursos hídricos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao caracterizar o uso e ocupação da terra nas cinco microbacias, foi possível constatar que 74,15% da área de estudo caracteriza-se como agrícola, onde desempenham-se diversas atividades, como plantio de culturas temporárias, pastagem e a criação animal.

As águas superficiais na área de estudo apresentaram qualidade condizente com a Classe 1 da Resolução CONAMA nº. 357/2005, para os parâmetros nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal total. No entanto, os parâmetros fósforo e *E. coli* apresentaram, em média, valores elevados, enquadrando as águas dos cinco pontos amostrados como Classe 4. Ainda, as águas em todos os pontos apresentaram índice de estado trófico classificado como hipereutrófico.

Desse modo, é possível inferir que as atividades agrícolas e a urbanização podem elevar os níveis de nutrientes e coliformes fecais nas águas superficiais, diminuindo sua qualidade e restringindo seu uso. Contudo, sugere-se o monitoramento contínuo das microbacias estudadas, para que se possa identificar quais as fontes poluidoras estão comprometendo a qualidade dos mananciais estudados. Além disso, faz-se necessário mencionar a importância de ações de monitoramento em todas as bacias hidrográficas do Brasil, uma vez que grande parte dos corpos d'água são utilizados para atender as necessidades da comunidade. Dessa forma, medidas de enfrentamento e remediação são necessárias para garantir a qualidade ambiental em consonância com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6.6.

REFERÊNCIAS

ADEOLA, A. O.; PATRICIA, B.C. FORBES, P. B. C. Antiretroviral Drugs in African Surface Waters: Prevalence, Analysis, and Potential Remediation, **Environmental Toxicology and Chemistry**. v. 41, n. 2, 2022. DOI: <https://doi-org.ez47.periodicos.capes.gov.br/10.1002/etc.5127>.

AGÊNCIA NACIONAL DE AGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil/Agência Nacional de Águas**, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília: 176p. 2005. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/panorama_da_qualidade_das_aguas.pdf. Acesso em: 20 out. 2022.

AJALA, O.J.; TIJANI, J.O.; SALAU, R.B.; ABDULKAREEM, A.S. AREMU, O.S. A review of emerging micro-pollutants in hospital wastewater: Environmental fate and remediation options. **Results in Engineering**. V. 16, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100671>.

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.

AMIRGALIEV, N. A.; ASKAROVA, M.; OPP, C.; MEDEU, A.; KULBEKOVA, R.; MEDEU, A. R.; Water Quality Problems Analysis and Assessment of the Ecological Security Level of the Transboundary Ural-Caspian Basin of the Republic of Kazakhstan. **Applied Sciences**. V. 12, n. 4, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12042059>.

ASSOCIAÇÃO DE CRIADORES DE SUÍNOS DO RIO GRANDE DO SUL – ACSURS. **Abate de suínos no RS 2021**, p. 20, 2022. Disponível em: <https://acsurs.com.br/wp-content/uploads/2022/03/Abates-Suinos-RS-2021.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.

BERNANDO, E. L. Proposta metodológica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de áreas agrícolas que utilizam dejetos de suínos como adubo. **Tese de doutorado**, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, p. 100, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/226868/PGEA0704-T.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. Acesso em 27 jun. 2022.

BIANCHI, T. S. **Biogeochemistry of estuaries**. New York, Oxford, p. 706, 2007.

BISOGNIN, R. P.; WEBER, F. H.; VIEIRA, L. F.; SILVA, B. R. Análise e divulgação da qualidade da água de nascentes, afluentes e ponto de captação do arroio Lajeado Erval Novo no município de Três Passos–RS. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 44-55, 2017. DOI: 10.19177/rgsa.v6e2201744-55.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Brasília, 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005, p. 58-63 Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso: 26jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**, Brasília : Ministério da Saúde, p. 51, 2016. Disponível em: bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_agua_consumo_humano. Acesso em: 25 mai. 2022.

BRASIL. Instituto Trata Brasil. **Dia Mundial da Saúde: veja quais são as principais doenças por falta de saneamento**, 2021a. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/blog/2021/04/06/dia-mundial-da-saude-veja-quais-sao-asprincipais-doencas-por-falta-de-saneamento/>>. Acesso em: 4 abr. 2022.

BRASIL. **Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano - Sisagua**. 2021b. Disponível em: <<http://sisagua.treinamento.saude.gov.br/sisagua/paginaExterna.jsf>>. Acesso em: 28 jun.2022.

BRONTOWIYONO, W.; ASMARA, A. A.; JANA, R.; YULIANTO, A.; RAHMAWATI, S. Land-Use Impact on Water Quality of the Opak Sub-Watershed, Yogyakarta, Indonesia. **Sustainability**, v.14, 2022. DOI:10.3390/su14074346.

CARVALHO, S. J.; BRAGA, R. A análise da paisagem como subsídio para a gestão ambiental urbana: estudo da bacia hidrográfica do Córrego do Enxofre, Piracicaba/SP. **Espaço em Revista**, v. 24, n. 1, p.322-341, 2022. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/espaco/article/view/70123/38044>>. Acesso em: 29 jun. 2022.

CAUS, G. F. Teores de P, Cu e Zn em solos a partir da aplicação de dejetos líquidos de suínos em diferentes sistemas de uso, **monografia**, Agronomia, UFFS, 2020. Disponível em: <<https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/4474>>. Acesso em 27 jun. 2022.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Índice do Estado Tráfico**. Secretaria do Meio Ambiente. Governo do Estado de São Paulo, 2013. Disponível em:<<https://www.cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/04.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2022.

CHIANG, L. C.; WANG, Y. C.; CHEN, Y. K. L.; LIAO, C. J. Quantification of land use/land cover impacts on stream water quality across, Taiwan. **Journal of Cleaner Production**, v. 318, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128443>.

COSTA, D. de A.; ASSUMPÇÃO, R. dos S. F. V.; AZEVEDO, J. P. S.; SANTOS, M. A. Dos instrumentos de gestão de recursos hídricos – o Enquadramento – como ferramenta para reabilitação de rios. **Saúde Debate (Especial)**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 35-50, dez, 2019. DOI: 10.1590/0103-11042019S303.

CURTIS, P. G.; SLAY, C. M.; HARRIS, N. L.; TYUKAVINA, A.; HANSEN, M. C. **Classifying drivers of global forest loss**, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aau3445>.

DIAS, G. de O.; ALVES, E. I.; ALMEIDA, M. K. A.; DRUMMOND, V. H. A.; MAIA, J. L.; VIEIRA, E. M. Determination of land use and occupation, highlighting the Legal Reserve areas and urban zoning of the Ribeirão Candidópolis - MG watershed. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e343101422248, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i14.22248.

DOLAN, F.; LAMONTAGNE, J.; LINK, R.; HEJAZI, M.; REED, P.; EDMONDS, J. Evaluating the economic impact of water scarcity in a changing world. **Nature Communications**, v. 12, n. 1915, 2021. DOI: 10.1038/s41467-021-22194-0.

DUEÑAS-MUÑOZ, D.; GUEVARA, O.; OVIEDO, G.-R.; CRISANTO-PERRAZO, T.; TOULKERIDIS, T. Sustainable Treatment Techniques for Emerging Pollutants -The Case of Personal Hygiene Products. **Appl. Sci.** v. 12, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12136330>.

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, p. 826, 2011.

FIOCRUZ. **Contaminação da água potável por agrotóxico no Brasil é tema de audiência pública na Câmara dos Deputados**, 2019. Online. Disponível em: <<https://www.fiocruzbrasil.fiocruz.br/contaminacao-da-agua-potavel-por-agrotoxico-no-brasil-e-tema-de-audiencia-publica-na-camara-dos-deputados/>>. Acesso em: 27 jun. 2022.

FLACH, K. A. **Deteção de *Escherichia coli* resistente a antibióticos em manancial no noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil**. 2021, p. 127. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/23720/DIS_PPGCTA_2021_FLACH_KAUANE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 25 mai. 2022.

FONSECA, A. L. Determinação do índice de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal na água da lagoa de Extremoz/RN. 2017. 48p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química do Petróleo) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

FRED-AHMADU, O. H.; TENEBE, I. T.; AYEJUYO, O. O.; BENSON, N. U. Microplastics and associated organic pollutants in beach sediments from the Gulf of Guinea (SE Atlantic) coastal ecosystems, **Chemosphere**. v. 298, 2022, DOI: 10.1016/j.chemosphere.2022.134193.

GALAVOTI, R. C. **Uso e Gestão da Água em Edificações - Aproveitamento Pluvial e Reuso de Águas Residuais**: Pesquisas e Suas Aplicações. São Carlos: Rima, 2018. 277 p.

GBEDZI, D. D.; OFOSU, E. A.; MORTEY, E. M.; OBIRI-YEBOAH, A.; NYANTAKYI, E. K.; SIABI, E. K.; ABDALLAH, F.; DOMFEH, M. K.; AMANKWAH-MINKAH, A. Impact of mining on land use land cover change and water quality in the Asutifi North District of Ghana, West Africa. **Environmental Challenges**, V.6, 2022. DOI: 10.1016/j.envc.2022.100441.

GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, B. R.; SHARMA, A.; PARRA-SALDÍVAR, R.; RAMIREZ-MENDOZA, R. A.; BILAL, M.; IQBAL, H. M. N. Decontamination of emerging pharmaceutical pollutants using carbon-dots as robust materials, **Journal of Hazardous Materials**, v. 423, 2022, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127145>.

HASENACK, H.; WEBER, E. (org.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul** – escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010

HE, C.; LIU, Z.; WU, J.; PAN, X.; FANG, Z.; LI, J.; BRYAN, B. A. Future global urban water scarcity and potential solutions. **Nature Communications**, v. 12, n. 4667, p.2021. DOI:10.1038/s41467-021-25026-3.

HUANG, J.; ZHANG, Y.; BING, H.; PENG, J.; DONG, F.; GAO, J.; ARHONDITSIS, G. B. Characterizing the river water quality in China: Recent progress and on-going challenges, **Water Research**, v. 201, 2021, 117309. DOI:10.1016/j.watres.2021.117309.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malha Territorial**, 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Tabela de dados das estações**. Disponível em: < <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>>. Acesso em: 28 dez. 2022.

INTISAR, A.; RAMZAN, A.; SAWAIRA, T.; KAREEM, A. T.; HUSSAIN, N.; DIN, M. I.; BILAL, M.; IQBAL, H. M. N. Occurrence, toxic effects, and mitigation of pesticides as emerging environmental pollutants using robust nanomaterials – A review, **Chemosphere**, V. 293, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133538>.

KAR, P.; SHUKLA, K.; JAIN, P.; SATHIYAN, G.; GUPTA, R. K. Semiconductor based photocatalysts for detoxification of emerging pharmaceutical pollutants from aquatic systems: A critical review, **Nano Materials Science**, v.3, n. 1, 2021, p. 25-46, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nanoms.2020.11.001>.

KUWIATZ, M. E. **A contribuição da suinocultura na economia do município de Taquaruçu do Sul-RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Bacharelado em Administração Pública, Unidade em Frederico Westphalen, f. 61, 2021. Disponível em: < <https://repositorio.uergs.edu.br/xmlui/handle/123456789/1709?show=full>>. Acesso em: 29 nov. 2022.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LIMA, J. A. M.; BETHONICO, M. B. M.; VITAL, M. J. S. Água e doenças relacionadas à água em comunidades da bacia hidrográfica do rio Uraricoera–terra indígena Yanomami–Roraima. **Hygeia**, v. 14, n. 27, p. 136-154, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14393/Hygeia142711>.

LOPES, A. A.; FÃO, J. M.; ZALUSKI, F. C.; WESENDONCK, C. C. O desenvolvimento da suinocultura na região do Médio Alto Uruguai do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Livre de Sustentabilidade e empreendedorismo**, v. 4, n. 5, p. 122-139, 2019. Disponível em: < <http://www.relise.eco.br/index.php/relise/article/view/293/314>>. Acesso em: 07 out. 2022.

LÓPEZ-DOVAL, J. C.; MONTAGNER, C. C.; ALBURQUERQUE, A. F.; MOSCHINI-CARLOS, V.; UMBUZEIRO, G.; POMPÊO, M. Nutrients, emerging pollutants and pesticides in a tropical urban reservoir: Spatial distributions and risk assessment, **Science of The Total Environment**, v. 575, p. 1307-1324, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.210>.

MACEDO, T. A.; VEIGA, A. J. P. Análise do uso e ocupação do solo da microbacia do rio São José, Poções–Bahia, Brasil, com uso de sensoriamento remoto e SIG, **Geopauta**, v. 2, n. 3, p. 45-66, 2018. Disponível em:< <https://periodicos2.uesb.br/index.php/geo/article/view/4395/3602>>. Acesso em: 29 jun. 2022.

MANCUSO, M. A.; AZEVEDO, F. C. G. DE. WASTOWSKI, A. D.; FIOREZE, M. Determinação das propriedades químicas de águas e sedimentos em área agrícola utilizando espectrometria de

fluorescência de raios X por energia dispersiva. **Geologia USP. Série Científica**, v.16, n. 1, p. 85-100, 2016. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v16i1p85-100>.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomias** – Coleção 6.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: http://mapbiomas.org/pages/database/mapbiomas_collection. Acesso em: 12 out.2022.

MARINHO, E. R.; MOREIRA, F. S. A.; BRITO, W. J. P.; MOREIRA, F. L. B. B.; SILVA, E. R. M.; SANTOS, L. F. Avaliação da Ação Urbana no Canal Água Cristal em Belém, Pará, um Estudo Sobre Qualidade da Água. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 01, p.322-335, 2020. DOI:<http://doi.org/10.26848/rbgf.v13.1.p322-335>.

MARSON, E. O.; PANIAGUA, C. E. S.; GOMES JÚNIOR, O.; GONÇALVES, B. R.; SILVA, V. M.; RICARDO, I. A.; STARLING, M. C. V. M.; AMORIM, C. C.; TROVÓ, A. G. A review toward contaminants of emerging concern in Brazil: Occurrence, impact and their degradation by advanced oxidation process in aquatic matrices. **Science of the Total Environment**. v. 836, n. 25, 2022. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2022.155605](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155605).

MEDEIROS, S. R. M. de, et al. Índice de qualidade das águas e balneabilidade no Riacho da Bica, Portalegre, RN, Brasil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, Taubaté, v. 11, n. 3, p. 711, 23 jun. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1833>.

NASCIMENTO, L. P. REIS, D. A.; ROESER, H. M. P.; SANTIAGO, A. F. Relationship between land use and water quality in a watershed impacted by iron ore tailings and domestic sewage. **Ambiente & Água**, v. 14, n. 5, 2019. DOI: [10.4136/ambi-agua.2383](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2383).

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **Sensor Alos PALSAR**, 2022.

OLIVEIRA, D. H. R. de.; ACORSI, M. G.; SMANIOTTO, D. A. Uso e ocupação do solo e caracterização morfométrica de microbacia na região centro-sul paranaense. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 32, n. 2, 2018. DOI: [10.14295/ras.v32i2.29114](https://doi.org/10.14295/ras.v32i2.29114).

PEREIRA, M. A. B.; ALVES, W. S.; OLIVEIRA, L. D.; MORAIS, W. A.; LIMA, L. O.; NUNES, N. C. Qualidade Hídrica da Cachoeira do Rio São Tomás, no Município de Rio Verde, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.01, p. 377-390, 2020.

RASHID, I.; ROMSHOO, S. A. Impact of anthropogenic activities on water quality of Lidder River in Kashmir Himalayas. **Environmental Monitoring and Assessment**. v. 185, p. 4705-4719, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2898-0>.

RICCI, A. M.; WIECHETECK, G. K. Enquadramento de curso d'agua e a qualidade da água-estudo de caso -Ribeirão Jacutinga. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 13, n. 1, p. 93-104, 2021. Disponível em: < <https://www.revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/17145/209209214191>>. Acesso em: 04 abr. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **Recursos Hídricos e Saneamento: Bacias Hidrográficas U100 - Rio da Várzea**, 2022. Porto Alegre/RS. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/u100-bh-varzea>. Acesso em: 04 out. 2022.

RITTER, L. G.; RENZ, V. D.; GARLET, G.; CHAGAS, P.; MANCUSO, M. A.; HAAS, A.; CONCEIÇÃO, S. R. Manejo da Microbacia do Lajeado Pardo. **Holos**, v. 6, p. 123-130, 2015. DOI: 10.15628/holos.2015.1685.

SERNA, Y.; CORREA-METRIO, A.; KENNEY, W. F.; CURTIS, J. H.; VELEZ, M. I.; BRENNER, M.; HOYOS, N.; RESTREPO, J. C.; CORDEIRO-OVIEDO, C.; BUCK, D.; SUAREZ, N.; ESCOBAR, J. Post-colonial pollution of the Bay of Cartagena, Colombia. **Journal of Paleolimnology**, v. 63, p. 21–35, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10933-019-00101-4>.

SHEHABA, Z. N.; JAMIL, N. R.; ARIS, A. Z.; SHAFIEA, N. S. Spatial variation impact of landscape patterns and land use on water quality across an urbanized watershed in Bentong, Malaysia, **Ecological Indicators**, v. 122, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107254>.

SHI, P.; ZHANG, Y.; LI, Z.; LI, P.; XU, G. Influence of land use and land cover patterns on seasonal water quality at multi-spatial scales. **Catena**, v. 151, p. 182-190, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.12.017>.

SHUVO, A.; O'REILLY, C. M.; BLAGRAVE, K.; EWINS, C.; FILAZZOLA, A.; GRAY, D.; MAHDIYAN, O.; MOSLENKO, L.; QUINLAN, R.; SHARMA, S. Total phosphorus and climate are equally important predictors of water quality in lakes. **Aquatic Sciences**, v.83, n.16, p. 1-11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00027-021-00776-w>.

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

SILVEIRA, G. A.; SARAN, L. M.; MELO, W. J.; ALVES, L. M. C. Farming and soil urban occupation in the water quality of Jaboticabal and Cerradinho streams. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 6, p. 633-646, 2016. DOI: 10.1590/1413-70542016406048415.

SOARES, R. R.; LIMA, G. G.; COTRIM, C. F. C.; BAILÃO, E. F. L. C.; ALMEIDA, L. M. Potencial tóxico das águas superficiais de rio localizado em área de intensa atividade agrícola, **Revista Agrotecnologia**, v.13, n.1, p.64-78, 2022. DOI:10.12971/agrotec.v13i1.12473.

TADESCO, A. M.; OLIVEIRA, G. A.; TROJAN, F. Avaliação da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas por meio dos métodos AHP e TOPSIS. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, 2021. DOI: 10.1590/S1413-415220190322.

TORRES, N. H.; SANTIAGO G. O.; FERREIRA, L. F. R.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; EGUILUZ, K. I. B.; SALAZAR-BANDA, G. R. Environmental aspects of hormones estriol, 17 β -estradiol and 17 α -ethinylestradiol: Electrochemical processes as next-generation technologies for their removal in water matrices, **Chemosphere**. V. 267, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128888>.

UNITED NATIONS ORGANIZATION (ONU). **Transforming our world: the 2030 agenda for Sustainable Development**. New York, 2015. Disponível em: <<https://sdgs.un.org/2030agenda>>. Acesso em: 24 mai. 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**, v. 38, n. 2, 2021. DOI: 10.51359/2238-6211.2021.248822.

VLIET, M. T. H. V., et al. Global water scarcity including surface water quality and expansions of clean water Technologies. **Environmental Research Letters**, v. 16, n. 2. 2021. DOI: 10.1088/1748-9326/abbfc3.

VALLE, R. A.; ROCHA, P. C.; RICCIARDI, L. G. F.; OKAWA, M. P. C.; MARTINS, D. N.; PAREDES, E. A. Uso e ocupação do solo na microbacia do Ribeirão Maringá - Maringá/PR: análise da expansão urbana por meio do SIG. **Revista Tecnológica**, v. 25, n. 1, p. 47-56, 2016. <https://doi.org/10.4025/revtecnol.v25i1.28371>.

XIANG, Y.; JIANG, L.; ZHOU, Y.; LUO, Z.; ZHI, D.; YANG, J.; LAM, S. S. Microplastics and environmental pollutants: Key interaction and toxicology in aquatic and soil environments. **Journal of Hazardous Materials**. v. 422, 2022.