UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

CAMPUS ERECHIM

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

INETE CLEIDE BAÚ

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DESTINADAS AO ABASTECIMENTO PÚBLICO NO MUNICÍPIO DE ERECHIM – RS

ERECHIM

2024

INETE CLEIDE BAÚ

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DESTINADAS AO ABASTECIMENTO PÚBLICO NO MUNICÍPIO DE ERECHIM – RS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Erechim, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental
Orientadora: Profª Drª. Marilia Hartmann
Coorientadora: Profª Drª. Saionara Eliane Salomoni

ERECHIM
2024

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Baú, Inete Cleide
DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DESTINADAS AO ABASTECIMENTO PÚBLICO NO MUNICÍPIO DE ERECHIM ? RS / Inete Cleide Baú. -- 2024.
92 f.:il.

Orientadora: Doutora Marilia Hartmann
Co-orientadora: Doutora Saionara Eliane Salomoni
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Erechim,RS, 2024.

1. Águas Superficiais. 2. Contaminação da Água. 3. Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA). 4. Protocolo de Avaliação Rápida de Habitats (PAR). 5. Índice de Qualidade da Água (IQA). I. Hartmann, Marilia, orient. II. Salomoni, Saionara Eliane, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

INETE CLEIDE BAÚ

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DESTINADAS AO ABASTECIMENTO PÚBLICO NO MUNICÍPIO DE ERECHIM – RS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Erechim, como requisito para obtenção do título de Mestra em Ciência e Tecnologia Ambiental
Orientadora: Profª Drª. Marilia Hartmann
Coorientadora: Profª Drª. Saionara Eliane Salomoni

BANCA EXAMINADORA

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 30/09/2024.

_____
Prof.ª Dr.ª Marilia Hartmann – UFFS
Orientadora

_____
Prof.ª Dr.ª Saionara Eliane Salomoni – UERGS
Coorientadora

_____
Prof.ª Dr.ª Magali Kemmerich – UFFS
Avaliadora

_____
Prof.ª Dr.ª Andreia Cavalcante Pereira – UFOPA
Avaliadora

Dedico este trabalho a Deus, que me amparou
nos momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida, a luz da sabedoria e por me amparar em momentos difíceis. Agradeço em especial a minha família, meus pais Ilario e Iracema Baú a qual sinto muito orgulho e amo muito. Agradeço meu Irmão Ivan, minha Cunhada Katia e meus sobrinhos Dionathan, Bruno, Eloísa e Vicente.

Gostaria de agradecer sinceramente à minha tia Geneci, que esteve ao meu lado nos momentos difíceis, sempre me encorajando a seguir em frente e a não desanimar. Sou imensamente grata também aos meus tios Adriane e Natalino, que me incentivaram a continuar. agradeço a Deus por ter primas maravilhosas como Natalia, Viviana, Lorane e Gabrielly – amo muito vocês. Manifesto ainda minha gratidão a todos os meus familiares que, de alguma forma, me apoiaram ao longo da jornada.

Minha gratidão as minhas orientadoras que me guiaram e me apoiaram, tiveram paciência em todo o processo. Profª Drª. Marilia Hartmann es com certeza admirável, não existem palavras que possam expressar minha gratidão. Profª Drª. Saionara Eliane Salomoni nem acredito nas aventuras que passamos nas coletas de água, gostaria de agradecer por todas as orientações, conselhos e abraços. Agradeço por estarem ao meu lado.

Agradeço a todos professores do PPGCTA, pela dedicação e o conhecimento repassado, o aprendizado ficará sempre na memória. Quero agradecer ao técnico Bruno Zucuni Prina, pelo auxílio na elaboração dos mapas. Aos técnicos Rafael, Guilhermo, Denis pelo carinho e atenção. Em especial a Tecnica, Colega e Amiga Flávia Bernardo Chagas, pela ajuda em laboratório, pelos conselhos e pelo carinho que sempre disponibilizou a mim.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão aos colegas de laboratório que de alguma forma me ajudaram nessa jornada, em especial ao Guilherme, Amanda e a Cátia que me ajudaram nas coletas das amostras, em meio a vegetação hostil.

Gostaria de agradecer e deixar minha profunda admiração a Pós-Doutoranda Aline, são poucas palavras para poder expressar o quanto sou agradecida a você, sempre esteve ao meu lado, me indicou o caminho certo, foi amiga, irmã e a luz em momentos difíceis.

A todos os amigos que fiz durante o mestrado, que me ajudaram a seguir adiante e não desistir. Em especial a Mariana que aos poucos se tornou uma irmã, uma confidente, uma grande amiga que ficará do mestrado para a vida.

Enfim, agradeço a todos que estiveram ao meu lado, saibam que serei eternamente grata.

Agradeço a CAPES pela bolsa.

Não desista dos seus sonhos, pois és um guerreiro com tantas lutas e superação, que não é justo olhar para trás agora.
Seja insuperável e inigualável para os olhos de quem não está do teu lado.
Desvie de obstáculos intensificando sua determinação, seja um guerreiro corajoso, seja um guerreiro valoroso.
E, quando você se vê sem saída, acredite nas esperanças que rodeiam suas certezas.
Julio Aukay

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO I

Figura 1 - Disposição geográfica dos pontos amostrais e localização do Município de Erechim, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. 23

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO II

Figura 1 - Disposição geográfica dos pontos amostrais e localização do Município de Erechim, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. P1 – nascente (curso superior), P3 – curso médio e P3 – curso inferior. 42
Figura 2 – Resultados do Índice de Qualidade da Água (IQA) somatório e do Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA) distribuído geograficamente nos pontos amostrais do Rio Ligeirinho no Município de Erechim, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. 49
Figura 3 – Análise de Correlação Canônica (CCA) com variáveis físicas, químicas e microbiológicas e diatomáceas abundantes e dominantes no espaço de ordenação do primeiro e segundo eixos. 51

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Coordenadas geográficas e altitude dos pontos amostrais analisados nos Rios Ligeirinho (LI) e Leãozinho (LE) e da Barragem do Arroio Ligeirinho (BA), localizadas no município de Erechim, RS. 22
Tabela 2 - Resultados do Índice de Qualidade da água (IQA) dos pontos amostrais dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS, de janeiro a junho de 2023. 26

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1 - Resultados do Índice de Qualidade da Água (IQA) somatório e do Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA) dos pontos amostrais do Rio Ligeirinho no município de Erechim, RS, na primavera de 2023, verão, outono e inverno de 2024. 48
Tabela 2 - Riqueza de diatomáceas, Índice de Shannon-Wiener e Equitabilidade de Pielou dos pontos amostrais do Rio Ligeirinho município de Erechim, RS, na primavera, verão, outono e inverno. 50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
AOAC	Associação de Colaboração Analítica Oficial, do inglês *Association of Official Analytical Collaboration*
APA	Área de Proteção Ambiental
APHA	Associação Americana de Obras de Água, do inglês *American Public Health Association*
Aut	Outono, do inglês *Autumn*
AWWA	*American Water Works Association*
BA	Barragem do Arroio Ligeirinho
CCA	Análise de Correspondência Canônica, do inglês *canonical correspondence analysis*
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
COI	Comitê Olímpico Internacional
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DO	Oxigênio Dissolvido, do inglês *dissolved oxygen*
EPA	Agência de Proteção Ambiental, do inglês *Environmental Protection Agency*
ETA	Estações de Tratamento de Água
EUA	Estados Unidos da América
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GM/MS	Ministério da Saúde Gabinete do Ministro
IAS	Instituto Água e Saneamento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IQA	Índice de Qualidade da Água
ITQA	Índice Trófico de Qualidade da Água
LE	Rio Leãozinho
LI	Rio Ligeirinho
LOQ	Limite de quantificação
NMP	Número Mais Provável
NPK	Nitrogênio, Fósforo e Potássio
NSF	Fundação Nacional de Saneamento, do inglês *National Sanitation Foundation*
NTU	Unidade Nefelométrica de Turbidez, do inglês *Nephelometric Turbidity Unit*
OD	Oxigênio Dissolvido
ODS	Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PAR	Protocolo de Avaliação Rápida de Habitats
pH	potencial Hidrogeniônico
RS	Rio Grande do Sul
SAGA	Sistema Aquífero Grande Amazônia
Sp	Primavera, do inglês *Spring*
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
Su	Verão, do inglês *Summer*
SW	Sudoeste, do inglês *south-west*

NW	Noroeste, do inglês *Northwest*
TWQI	Índice Trófico de Qualidade da Água, do inglês Trophic Water Quality Index
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul
Unicef	Fundo das Nações Unidas para a Infância, do inglês *United Nations Children's Fund*
UV	Radiação Ultravioleta, do inglês *ultraviolet*
WEF	Federação do Meio Ambiente da Água, do inglês *Water Environment Federation*
WHO	Organização Mundial da Saúde, do inglês *World Health Organization*
Win	Inverno, do inglês *Winter*
WQI	Índice de Qualidade da Água, do inglês *Water Quality Index*

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO **31**
CAPÍTULO I - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO SUL DO BRASIL: ESTUDO DE RIOS E BARRAGEM DE ABASTECIMENTO PÚBLICO **32**
RESUMO **17**
ABSTRACT **17**
1 INTRODUÇÃO **19**
2 MATERIAIS E MÉTODOS **22**
2.1 ÁREA DE ESTUDO 22
2.2 METODOLOGIA 23
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO **26**
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS **30**
REFERÊNCIAS **31**
CAPÍTULO II - MONITORAMENTO INTEGRADO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE UM RIO DESTINADO AO ABASTECIMENTO PÚBLICO NO SUL DO BRASIL **35**
RESUMO **36**
ABSTRACT **36**
1 INTRODUÇÃO **38**
2 MATERIAIS E MÉTODOS **41**
2.1 ÁREA DE ESTUDO 41
2.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, BIOLÓGICOS E ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA) 42
2.3 ANÁLISE DE DIATOMÁCEAS 43
2.4 ÍNDICE TRÓFICO DE QUALIDADE DA ÁGUA (ITQA) 45
2.5 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA (PAR) 45
2.6 ANÁLISE DOS DADOS 46
3 RESULTADOS **47**
4 DISCUSSÃO **53**
5 CONCLUSÃO **57**
REFERÊNCIAS **58**
APÊNDICES **63**
ANEXOS **89**

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação de mestrado, intitulada “Diagnóstico da Qualidade das Águas Destinadas ao Abastecimento Público no Município de Erechim – RS”, foi elaborada e desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA), da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim. O PPGCTA faz parte da área 49 da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Ciências Ambientais (CiAmb), com foco em desenvolver e conectar conhecimentos de forma interdisciplinar. No PPGCTA, esta dissertação está associada a linha de pesquisa “Conservação dos Recursos Naturais”, vinculada ao Laboratório de Ecologia e Conservação da Universidade Federal da Fronteira Sul.

O presente trabalho teve por objetivo analisar a qualidade das águas do Rio Ligeirinho, Rio Leãozinho e Barragem Arroio Ligeirinho, que são destinadas ao abastecimento público no município de Erechim, RS. Os resultados obtidos forneceram uma visão da integridade da água dos rios e da barragem, permitindo discutir o nível de contaminação da água destinada ao tratamento, visando sua posterior distribuição no município.

O capítulo 1, intitulado “Avaliação da Qualidade da Água no Sul do Brasil: Estudo de Rios e Barragem de Abastecimento Público” teve como objetivo estudar e avaliar a qualidade da água do Rio Ligeirinho, Rio Leãozinho e Barragem Arroio Ligeirinho, utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA) e análise de metais pesados.

O capítulo 2, intitulado “Monitoramento Integrado da Qualidade da Água de um Rio Destinado ao Abastecimento Público no sul do Brasil”, teve como objetivo analisar a qualidade da água utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA), o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA) e o Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de *Habitats* para trechos de bacias hidrográficas.

CAPÍTULO I - **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO SUL DO BRASIL:** ESTUDO DE RIOS E BARRAGEM DE ABASTECIMENTO PÚBLICO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO SUL DO BRASIL: ESTUDO DE RIOS E BARRAGEM DE ABASTECIMENTO PÚBLICO

RESUMO

Assegurar o acesso à água potável é uma preocupação global, uma vez que a garantia de condições adequadas para o consumo humano é uma questão de saúde pública. Deste modo, o presente estudo avaliou a qualidade da água de dois rios e da barragem responsável pelo abastecimento público em uma cidade de médio porte, no sul do Brasil. Para esta avaliação, utilizou-se o Índice de Qualidade da Água (IQA) e análise de metais pesados. As amostras foram coletadas em oito pontos amostrais ao longo de seis meses, totalizando seis coletas por ponto amostral. As análises foram realizadas em campo com o auxílio de um Medidor de Qualidade da Água Multiparâmetro Portátil e nos Laboratórios da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Erechim, RS, Brasil. Os resultados de IQA classificam todos os pontos como qualidade da água boa, razoável e ruim. Parâmetros como oxigênio dissolvido (OD), coliformes termotolerantes, nitrogênio amoniacal e fósforo foram os que mais apareceram em desconformidade com a legislação vigente, além do mercúrio que foi detectado em níveis elevados em todos os pontos. A qualidade da água na barragem foi menor que os demais pontos analisados, assim como nas nascentes do Rio Ligeirinho, onde foram detectados baixos valores de OD e presença recorrente de coliformes termotolerantes. Assim, os resultados encontrados na pesquisa levantam uma preocupação quanto a qualidade da água distribuída no município de Erechim (RS, Brasil), uma vez que o tratamento aplicado pela empresa responsável é convencional e, em alguns casos, foram encontrados principalmente Nitrogênio Amoniacal e Coliformes Termotolerantes indicando que seria interessante aplicar tratamento avançado.

Palavras-chaves: Índice de Qualidade da Água (IQA); Tratamento Convencional; Águas Superficiais; Contaminação da Água.

ABSTRACT

Ensuring access to drinking water is a global concern, since ensuring adequate conditions for human consumption is a matter of public health. Thus, the present study evaluated the water quality of two rivers and the dam responsible for public supply in a medium-sized city in southern Brazil. For this evaluation, the Water Quality Index (WQI) and heavy metal analysis were used. The samples were collected at eight sampling points over six months, totaling six collections per sampling point. The analyses were carried out in the field with the aid of a Portable Multiparameter Water Quality Meter and in the Laboratories of the Federal University of the Southern Border, Erechim Campus, RS, Brazil. The IQA results classify all points as good, fair and poor water quality. Parameters such as dissolved oxygen (DO), thermotolerant coliforms, ammonia nitrogen and phosphorus were the ones that most appeared in non-compliance with current legislation, in addition to mercury that was detected at high levels at all points. The water quality in the dam was lower than the other points analyzed, as well as one of the springs, where low DO values and recurrent presence of thermotolerant coliforms were

detected. Thus, the results found in the research raise a concern about the quality of the water distributed in the municipality of Erechim (RS, Brazil), since the treatment applied by the company responsible is conventional and, in some cases, Ammonia Nitrogen and Thermotolerant Coliforms were found, indicating that it would be interesting to apply advanced treatment.

Keywords: Water Quality Index (WQI); Conventional Treatment; Surface Water; Water Contamination.

1 INTRODUÇÃO

O planeta Terra detém de uma extensa reserva de água doce em estado líquido, distribuída em reservatórios superficiais e subterrâneos, embora dividida de forma desproporcional entre as nações. O Brasil destaca-se por ser favorecido com uma considerável reserva hídrica, uma vez que detém grande parte da região Amazônica e abriga os dois maiores aquíferos subterrâneos do mundo, o Sistema Aquífero Grande Amazônia (SAGA) e o Aquífero Guarani (Costa e Neto, 2023).

Apesar da abundância de recursos hídricos em boa parte do país, o aumento da contaminação das águas destinadas ao abastecimento público, traz preocupações (Carasek *et al.*, 2020). Estes contaminantes originam-se do lançamento de efluentes, esgotos domésticos, aplicação indiscriminada de agrotóxicos, entre outras fontes de poluição (Costa *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2024).

Neste contexto, surge a Agenda 2030 com o propósito de elencar metas para que o mundo caminhe para um cenário mais sustentável e resiliente até 2030. Este plano de ação possui 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS), com 169 metas. Dentre estes 17 objetivos vale destacar a ODS 6, que visa "Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos". Além disso, sua primeira meta visa alcançar o acesso universal e equitativo a água potável e segura para todos (United Nations, 2024a).

O consumo de água contaminada e a ausência de infraestrutura de saneamento básico estão diretamente relacionados a diversas enfermidades. Segundo o Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef), a diarreia representa a segunda maior causa de mortalidade em crianças menores de 5 anos (Unicef, 2017; Vasconcelos *et al.*, 2018).

Outra estimativa alarmante é a de que aproximadamente 35 milhões de brasileiros ainda não possuam acesso à água potável (Lemos, 2020). Realizar o tratamento adequado da água antes do consumo é de extrema importância para alterar esta realidade. Para avaliar a qualidade da água, podem ser empregados diversos índices, destaca-se o Índice de Qualidade das Águas (IQA) como uma ferramenta importante (CETESB, 2016; Uddin et al., 2021).

No Brasil, cerca de 47% dos municípios dependem exclusivamente das águas superficiais para atender às necessidades de abastecimento público (ANA, 2010; Hirata *et al.*, 2019). As concessionárias públicas ou privadas, por meio das Estações de Tratamento de Água (ETA), são responsáveis por captar a água de mananciais superficiais e conduzir para o processo de tratamento apropriado antes de direcionar ao abastecimento público (ANA, 2010; CORSAN,

2024). O processo de tratamento da água pode ser classificado em três categorias: simplificado, convencional ou avançado (Brasil, 2005). Os tratamentos avançados de água vão além dos tratamentos convencionais, envolvem processos mais sofisticados e específicos, como Radiação Ultravioleta (UV), Oxidação Avançada, Filtração por Carvão Ativado, Foto-Fenton e ozonização (Chabi *et al.*, 2024; Miralles-Cuevas *et al.*, 2014; Okokpujie *et al.*, 2019).

Em 1997, visando garantir a disponibilidade da água com qualidade adequada, promover o uso sustentável e a gestão descentralizada e participativa, o Brasil instituiu a Lei das Águas (Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997). Esta lei foi responsável por estabelecer instrumentos para a gestão e o monitoramento da qualidade dos recursos hídricos no país (Brasil, 1997). Os padrões de qualidade foram estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/05 que dispõe sobre a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais. Ainda, a Portaria GM/MS Nº 888/21 define os padrões de potabilidade de água destinadas ao consumo humano.

Contudo, como já mencionado, os cuidados para garantir e fornecer água de qualidade para a população é um esforço global, diversas nações possuem legislações e diretrizes para gerir e monitorar os recursos hídricos. Nos Estados Unidos, a Lei de Água Potável Segura é administrada pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) (EPA, 2009). Na União Europeia, a Diretiva-Quadro da Água assume importância nesse contexto (European Union, 2020). Em países que fazem fronteira com o Brasil, como a Argentina, a norma seguida é a Resolução Nº 34/2019 (Argentina, 2019; Brasil, 2005). Já no Caso das Diretrizes para Qualidade da Água Potável da Organização Mundial da Saúde (WHO), as orientações são em âmbito global e visam garantir a segurança hídrica (WHO, 2022).

No município de Erechim, os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário são prestados através de concessão pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), desde 1967. As águas dos rios Ligeirinho e Leãozinho, que integram a bacia hidrográfica do Rio Apuaê-Inhandava, são direcionadas para a Barragem do Arroio Ligeirinho, onde são captadas e encaminhadas para o tratamento e a posterior distribuição (Erechim, 2024a). A CORSAN é responsável pelo fornecimento de água à população urbana de Erechim, composta de aproximadamente 100 mil habitantes, o equivalente a 94% da população total do município (IAS, 2024).

O grupo de pesquisa responsável por este estudo já realizou investigações no mesmo local em trabalhos anteriores. Chagas *et al.*, (2017) analisando macroinvertebrados nos Rios Ligeirinho e Leãozinho, e a avaliação mostrou qualidade da água boa, porém alguns pontos

amostrais apresentaram decréscimo na qualidade da água. Em 2022, um segundo estudo foi realizado no local, mas analisando a qualidade da água de fontes naturais, a água era direcionada ao consumo humano de famílias residentes no local sem prévio tratamento, os resultados revelaram que a água das fontes não era segura para o consumo humano (Baú, 2022).

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água nos rios e na barragem responsável pelo abastecimento público na cidade de Erechim (RS, Brasil), através da determinação do IQA e análise de metais nas amostras.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Localizado ao sul do Brasil e ao norte do estado do Rio Grande do Sul, o município de Erechim encontra-se nas coordenadas 27º 38’ 3" Sul e 52º 16’ 26" Oeste e a 783 m acima do nível do mar (Erechim, 2024b). De acordo com estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população de Erechim era de 105.862 pessoas em 2022 (IBGE, 2022).

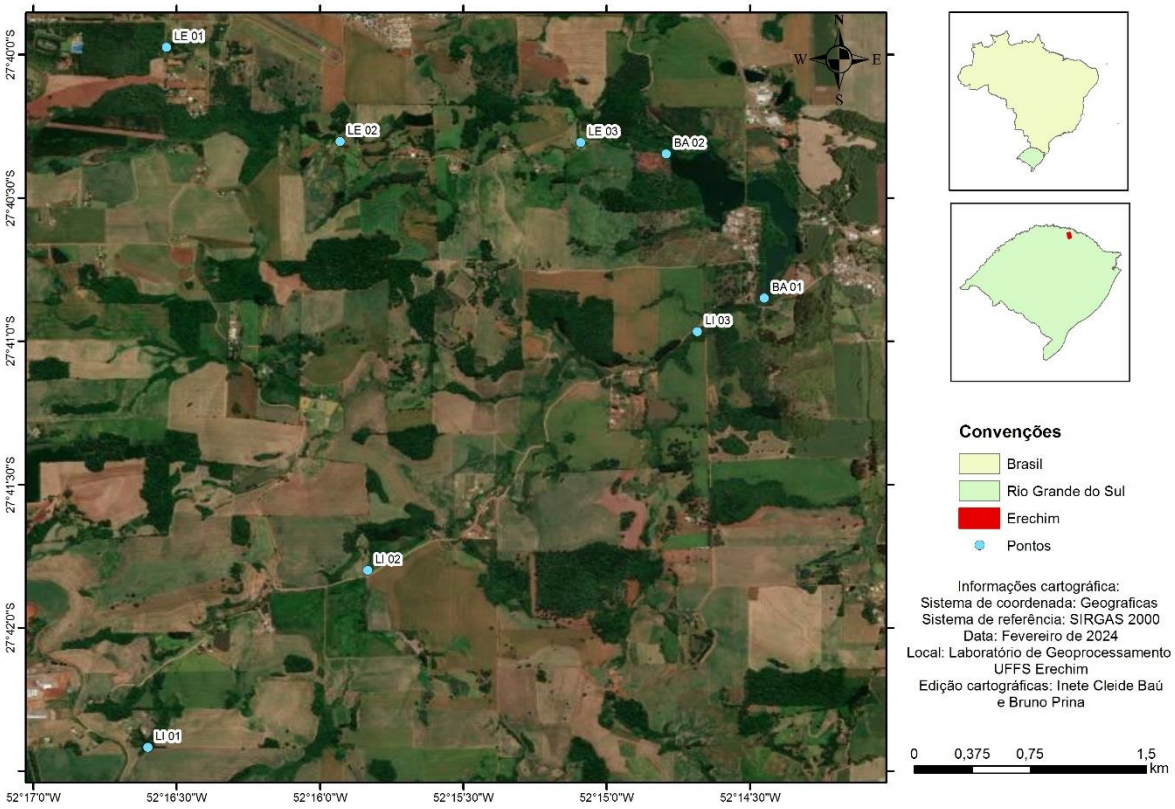
O estudo foi estabelecido em dois rios que abastecem a cidade: Rio Ligeirinho e Rio Leãozinho, além da Barragem do Arroio Ligeirinho, local usado como reservatório para captação de água para o abastecimento público. Foram determinados três pontos em cada rio, um ponto amostral na nascente, no curso médio e no curso inferior. Os pontos amostrais da Barragem Arroio Ligeirinho foram denominados BA, estavam localizados após a foz de cada rio analisado, sendo BA 01 após a foz do Rio Ligeirinho e BA 02 após a foz do Rio leãozinho. Os Rios Ligeirinho e Leãozinho correm no sentido SW-NW e seus pontos amostrais foram denominados LI e LE; respectivamente, e associados a numeração que representa a nascente (01), o curso médio (02) e o curso inferior (03). As coordenadas de cada ponto amostral estão apresentadas na Tabela 1 e o mapa de localização gerado no ArcMap (ArcGIS 10.4) na Figura 1.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas e altitude dos pontos amostrais analisados nos Rios Ligeirinho (LI) e Leãozinho (LE) e da Barragem do Arroio Ligeirinho (BA), localizadas no município de Erechim, RS.

Locais	*Pontos*	*Coordenadas Geográficas*	*Altitude*
Rio Ligeirinho	LI 01	27º42' 25" S/ 052º16' 36" W	773 m
	LI 02	27º41' 48" S/ 052º15' 50" W	688 m
	LI 03	27º40' 58" S/ 052º14' 41" W	677 m
Rio Leãozinho	LE 01	27º39' 58" S/ 052º16' 32" W	739 m
	LE 02	27º40' 18" S/ 052º15' 55" W	707 m
	LE 03	27º40' 18" S/ 052º15' 05" W	677 m
Barragem do Arroio Ligeirinho	BA 01	27º40' 51" S/ 052º14' 27" W	667 m
	BA 02	27º40' 21" S/ 052º14' 47" W	668 m

Fonte: Autora, 2024.

Figura 1 - Disposição geográfica dos pontos amostrais e localização do Município de Erechim, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.



Fonte: Autora, 2024.

2.2 METODOLOGIA

Foram realizadas análises *in loco* e laboratoriais durante a realização teste estudo. As análises *in loco* foram executadas por meio de um Medidor de Qualidade da Água Multiparâmetro Portátil *YSI Professional Plus*, enquanto as análises laboratoriais seguiram os protocolos descritos na literatura, utilizando manuais reconhecidos como *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, da Association of Official Analytical Chemists* e o Manual da Fundação Nacional de Saúde (AOAC, 2000; APHA, AWWA e WEF, 2012; FUNASA, 2014).

Todas as análises laboratoriais foram realizadas no laboratório de Ecologia e Conservação e no laboratório de Química da UFFS – Campus Erechim, seguindo protocolos descritos na literatura (APHA, AWWA e WEF, 2012). As análises de metais foram realizadas na Central Analítica da UFFS – Campus Erechim.

Para as análises laboratoriais, uma amostra de água foi coletada em cada um dos pontos amostrais e preservadas conforme orientações em manuais (CETESB e ANA, 2011). Estas coletas foram realizadas em um frasco de vidro autoclavado, com capacidade de 1 L, e dois frascos plásticos descartáveis (Polietileno tereftalato) de 0,5 L. As amostras foram mantidas sob resfriamento até a chegada ao laboratório. O frasco destinado para determinação de metais foi armazenado sob congelamento até a análise.

Todas as análises possuem teor quantitativo, gerando dados numéricos essenciais para cálculos finais. O escopo das análises incluiu parâmetros físicos, químicos e biológicos, englobando as análises *in loco*: oxigênio dissolvido (OD), potencial Hidrogeniônico (pH), temperatura e sólidos totais dissolvidos (STD); além das laboratoriais: coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio amoniacal, nitrato, fósforo (ortofosfato), turbidez e metais.

A determinação de coliformes termotolerantes foi realizada pela técnica de fermentação em tubos múltiplos. A diluição da amostra no teste presuntivo ocorreu em três concentrações (1:1, 1:10 e 1:100), foram utilizados cinco tubos para cada diluição, totalizando quinze tubos. As amostras foram incubadas por 48 horas a 35 ± 0,5º C em uma estufa bacteriológica. Já na determinação dos coliformes termotolerantes (*Escherichia Coli*), as amostras foram incubadas em banho-maria a 44º C durante 24 horas (APHA, AWWA e WEF, 2012).

Para a determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) foi empregado o Teste de $DBO_{5,\,20}$, cuja metodologia consiste na encubação da amostra por um período de cinco dias a 20°C utilizando um frasco de DBO tipo Winkler. As amostras ficaram em ambiente desprovido de luz, evitando o crescimento de qualquer microrganismo fotossintético (APHA, AWWA e WEF, 2012).

A determinação de nitrogênio amoniacal foi realizada por meio de uma titulação, assim como determinado na técnica 4500-NH3 (APHA, AWWA e WEF, 2012). Na determinação de nitrato foi empregada a técnica 4500-NO, onde a amostra é determinada por uma técnica de Espectrofotometria. Foi utilizado um Espectrofotometro UV/Visível com faixa Espectral 190 a 1.110 nm da *NOVAINSTRUMENTS*, onde realizou-se a leitura da curva de calibração e das amostras em comprimento de onda de 220 nm (APHA, AWWA e WEF, 2012).

O Nitrogênio Total é uma medida que engloba todas as formas de nitrogênio presentes em uma amostra. Para determinar o nitrogênio total utilizado no cálculo do IQA, foram levadas em consideração as concentrações de Nitrogênio Amoniacal (NH_3-N) e Nitrato (NO_3^-) analisadas neste estudo (FUNASA, 2014; Tian *et al.*, 2019).

Para a determinação da concentração de fósforo (PO_4^{-3}) foi utilizada a técnica 4500-P, onde curva de calibração e amostras são analisadas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 880 nm (APHA, AWWA e WEF, 2012). Na determinação da turbidez, foi utilizado um Turbidímetro Portátil Digital da (*POLICONTROL)*.

A análise de metais foi realizada através de um Espectrômetro de Emissão Óptica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) da marca *SHIMADZU*, de acordo com a metodologia empregada no trabalho de (APHA, AWWA e WEF, 2012).

Os resultados das análises permitiram aplicar o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) utilizando o software IQAData. Este software foi desenvolvido baseado no *National Sanitation Foundation* (NSF) dos Estados Unidos, que permite que o usuário aplique o modelo desenvolvido pela UNISC (Moretto *et al.*, 2012). Após o cálculo o valor resultante foi classificado em uma escala de 0 a 100, onde: Péssima (0 a 25), Ruim (26 a 50), Razoável (51 a 70), Boa (71 a 90) e Ótima (91 a 100), seguindo o adotado pelo Estado do Rio Grande do Sul (Sperling, 2007; Libânio, 2016; Prabagar et al., 2023).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir destes dados foram calculados os valores de IQA para os diferentes pontos, cujos valores são apresentados na Tabela 2. De forma geral, observa-se que nos pontos LI 02 e LI 03 do Ligeirinho, e todos os pontos do Rio Leãozinho, exibiram níveis de qualidade da água oscilando entre razoável e boa. Enquanto os dois pontos da Barragem do Arroio Ligeirinho e o ponto LI 01 do Rio Ligeirinho a qualidade oscilou entre ruim e razoável. Os resultados obtidos nas análises das amostras estão detalhados no Material Suplementar.

Tabela 2 - Resultados do Índice de Qualidade da água (IQA) dos pontos amostrais dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS, de janeiro a junho de 2023.

Índice de Qualidade da água (IQA)								
	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem do Arroio Ligeirinho	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	42,70	54,27	54,62	66,3	68,55	50,79	42,89	45,27
Fevereiro	51,32	55,66	61,78	71,12	54,91	53,78	53,33	56,47
Março	65,66	71,84	64,38	73,59	60,86	70,89	61,84	59,15
Abril	56,38	61,62	63,33	65,56	66,72	70,57	54,38	56,52
Maio	59,22	57,41	68,55	63,18	57,01	67,26	55,62	59,85
Junho	65,05	69,25	67,63	70,3	64,42	69,64	52,69	54,89
Média	56,72	61,68	63,38	68,34	62,08	63,82	53,46	55,36
Desvio padrão	7,97	6,71	4,57	3,60	4,96	8,28	5,60	4,82
Média dos pontos	60,59			64,75			54,41	
Desvio padrão	7,15			6,51			5,31	

As cores representam a condição do parâmetro, em verde Boa, em amarelo Razoável e em marrom ruim.

Obs: O relatório com os resultados do IQAData está no Apêndice A.

Fonte: Autora, 2024.

A maior parte dos pontos analisados apresentaram qualidade da água em condições razoáveis, apenas em seis amostragens a qualidade da água estava boa. De acordo com a tabela acima, verifica-se que a nascente do Rio Ligeirinho apresenta qualidade de água razoável em cinco dos seis messes analisados, e em janeiro de 2023 a qualidade da água foi ruim. As nascentes são pontos em que as águas subterrâneas emergem naturalmente à superfície, desempenhando

um papel importante para o meio ambiente, devem ser preservadas, não somente pelo risco de contaminação dos lençóis freáticos, mas também por representarem o ponto inicial de um curso d' água (Arakaki *et al.*, 2023; Pinto et al., 2012). Quando a qualidade da água das nascentes é razoável ou inferior, acende-se um alerta sobre a possível contaminação dos lençóis freáticos.

O estudo realizado por Baú, 2022 nas nascentes dos Rios Ligeirinho e Leãozinho, indicou que a qualidade da água encontrava-se razoável em quatro das seis fontes analisadas. Estes resultados apontam uma preocupação quanto a saúde dessa comunidade, pois essas seis fontes eram destinadas ao abastecimento de famílias e não passavam por tratamento prévio. Além disso, questiona-se não apenas a segurança para abastecimento público, mas a necessidade de monitorar e preservar os recursos hídricos. Sendo necessárias medidas de proteção e vigilância, a fim de garantir a sustentabilidade e a saúde ambiental.

Na Barragem do Arroio Ligeirinho, a qualidade da água foi considerada razoável em ambos os pontos de monitoramento em cinco das seis amostragens realizadas. No entanto, tanto a barragem quanto a nascente apresentaram qualidade da água classificada como ruim no mês de janeiro de 2023. Observa-se também uma redução na qualidade da água ao chegar na barragem, o que pode ser atribuído às diferenças entre ambientes lênticos (águas paradas, como em barragens) e lóticos (rios) (Raudonytė-Svirbutavičienė *et al.*, 2023). Os ambientes lóticos são mais dinâmicos, com maior mistura, maior oxigenação e processos biogeoquímicos mais rápidos. Esse dinamismo favorece um processo de autodepuração mais eficiente e ágil em comparação com ambientes lênticos, onde a circulação e a renovação da água são naturalmente mais limitadas (Salem, 2021).

O Oxigênio Dissolvido desempenha um papel fundamental na qualidade da água, pois concentrações insuficientes de oxigênio dissolvido afetam a sobrevivência de organismos aquáticos, enquanto valores elevados tem maior poder oxidativo, depurando mais rápido o ambiente (Luo *et al.*, 2024; Wang *et al.*, 2024). No presente estudo, observou-se que a nascente do rio Ligeirinho apresentou o menor valor médio comparado com os demais pontos analisados, sendo que o maior valor de Oxigênio Dissolvido encontrado foi em abril, 5,40 mg/L (Apêndice B). Porém, em todas as seis coletas foram observadas a presença de matéria orgânica depositada ao fundo, esta que possui um impacto negativo nos níveis de OD em corpos d' água (Luo *et al.*, 2024). Além disso, águas subterrâneas comumente apresentam uma concentração menor de OD, o que também corrobora com os baixos valores encontrados na nascente.

As amostragens realizadas na Barragem também revelam baixos teores de OD na maioria dos meses analisados. No caso da barragem, além dos baixos teores de OD estarem

relacionados à dinâmica do ambiente (Salem, 2021), também estão correlacionados a maiores concentrações de DBO e Coliformes Termotolerantes, indicando uma fonte de contaminação.

Os coliformes termotolerantes são indicadores de poluição fecal (CETESB, 2014). Os coliformes termotolerantes (Apêndice C) foram detectados em todas as amostras nos dois rios e na barragem, principalmente em janeiro e fevereiro, que correspondem ao período de temperaturas mais elevadas do ano. Chagas *et al.*, (2017) também identificaram a presença de coliformes nos rios Ligeirinho e Leãozinho, incluindo as nascentes.

A presença de valores elevados de coliformes fecais apontam para potenciais riscos à saúde pública (Biswas e Chakraborty, 2024; Yan *et al.*, 2024). Para água tratada, as legislações estabelecem a ausência de coliformes em 100 mL (Argentina, 2019; Brasil, 2005, 2021; EPA, 2009; European Union, 2020; WHO, 2022), mas para rios, os valores estabelecidos são para a classificação da água prévia ao tratamento (Brasil, 2005). Considerando as classes dos rios de acordo com o CONAMA 357/05, apenas LI 03 e LE 01 estariam com níveis aceitáveis de coliformes termotolerantes (Brasil, 2005). Os locais com níveis mais elevados de contaminação microbiológica foram os dois pontos amostrais na barragem, onde a água armazenada para tratamento indicou ser um bom meio para concentração bacteriana.

O pH teve valores entre 5,93 e 7,71 nos rios e barragem (Apêndice D), mantendo-se dentro da faixa recomendada entre 6,0 e 9,0 (Brasil, 2005). Apesar de duas amostragens registrarem pH abaixo de 6, especificamente em março no ponto LE 01 (5,93) e em abril no ponto BA 02 (5,99), esses valores estão ligeiramente abaixo do limite.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), conforme apresentado na Apêndice E, indicou que a qualidade da água na barragem foi reduzida, assim como os resultados de outros parâmetros avaliados. O aumento na DBO geralmente está associado a despejos com alta carga de matéria orgânica, o que pode ser preocupante, pois a decomposição dessa matéria consome oxigênio dissolvido na água, comprometendo a vida aquática (Américo-Pinheiro e Benini, 2018).

Para determinar o nitrogênio total (Apêndice F), foram somados os valores de nitrogênio amoniacal e Nitrato (NO_3^-). O monitoramento de nitrogênio amoniacal na água bruta é recente em muitos sistemas de abastecimento (Dantas *et al.*, 2022), mas sua presença tem impacto direto na desinfecção final com cloro, podendo deixar a água suscetível à presença de microrganismos patogênicos (Bernardo, Dantas e Voltan, 2017). Nas análises realizadas nos dois rios e na barragem, o nitrogênio amoniacal apresentou níveis elevados durante o mês de janeiro em todos os pontos (Apêndice G). No geral, as concentrações de nitrogênio foram mais

altas no Rio Ligeirinho e na barragem, o que indica a presença de uma fonte de poluição nesses locais. No ambiente aquático, o excesso de nitrogênio pode favorecer a eutrofização, especialmente em condições de baixa concentração de oxigênio, como observado na barragem. Esse processo reduz a capacidade do ecossistema aquático de absorver, reorganizar e adaptar-se ao estresse, tornando-o mais vulnerável a eventos climáticos extremos (Grizzetti *et al.*, 2011).

As concentrações de Nitrato (NO_3^-) nas amostras coletadas, apresentaram valores abaixo dos limites máximos estabelecidos em todas as legislações mencionadas no Apêndice N (Argentina, 2019; Brasil, 2005, 2021; EPA, 2009; European Union, 2020; WHO, 2022). Ou seja, os resultados da análise indicam que os teores de nitrato, estão em conformidade com os padrões estabelecidos para a água destinada ao consumo humano (Apêndice H).

Em corpos d'água naturais e não contaminados, as concentrações de fósforo são naturalmente baixas (Whelan *et al.*, 2022), como observado na maior parte das amostras coletadas nos rios de abastecimento e na bacia de captação. A maioria das amostras analisadas apresentou valores de fósforo abaixo do limite de quantificação do equipamento (LOQ). Porém, quatro amostras (LI 01, LI 02, LI 03 e BA01), exibiram concentrações elevadas no mês de janeiro (Apêndice I). O fósforo pode atingir os corpos hídricos por meio de atividades agrícolas, podendo estar relacionado com o uso de adubos ricos em fósforo e nitrogênio na região. Esse nutriente é amplamente aplicado em plantações de soja (Michelon *et al.*, 2021; Rezende *et al.*, 2005), cultura comum na região de estudo, e pode chegar a água por transferência dos solos agrícolas.

Nos rios e na barragem, as temperaturas registradas indicaram uma redução nos meses mais frios, com uma média de 17°C (Apêndice J). As águas na barragem (BA 01 e BA 02) apresentaram temperaturas mais elevadas, o que pode ser considerado normal devido ao fato de ser um reservatório e apresentar características lênticas. A temperatura da água pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo condições climáticas e estações do ano, presença de cobertura vegetal, profundidade do corpo d’água, escoamento superficial, assim como a possível presença de contaminantes (Vasistha e Ganguly, 2020).

A turbidez da água reflete as variações na concentração de sedimentos durante as precipitações e pode ser usada para avaliar as cargas de poluição, estando também associada aos sólidos totais presentes (Kusaria e Ahmedia, 2013). Tanto a turbidez (Apêndice K) quanto os sólidos totais (Apêndice L) das amostras dos rios e da barragem permaneceram dentro dos limites estabelecidos pela legislação brasileira (Brasil, 2005, 2021).

Além dos parâmetros utilizados para o cálculo do IQA, também foram analisados metais pesados nos dois rios e na barragem de captação de água. Dos metais avaliados, foram quantificados em água o bário, o mercúrio e o manganês. O bário e o mercúrio foram detectados em todos os meses e pontos analisados, enquanto o manganês não foi detectado em março no ponto BA 01 e em maio no ponto BA 02; nos demais meses e pontos, o manganês estava presente (Apêndice M).

O bário é um elemento químico, pode ser oriundo da dissolução de minerais ou introduzido por atividades humanas (Gad, 2024). Visando garantir a saúde da população a Organização Mundial da Saúde recomenda que o limite máximo de bário na água seja 1,3 mg/L (WHO, 2022). Assim como o bário, o manganês também ocorre de forma natural, e os valores revisados em 2022 pela OMS estabeleceram que o limite máximo de manganês na água deve ser de 0,08 mg/L (WHO, 2022).

Entre os compostos analisados, o mercúrio é amplamente reconhecido por sua toxicidade à saúde humana, frequentemente originando-se de atividades como mineração, queima de carvão e despejos industriais, e diretamente associado a más formações fetais (Sasmaz, Obek e Hasar, 2008).

Neste estudo, observou-se que dos metais analisados apenas o mercúrio apresentou concentrações acima dos limites permitidos pelas legislações nacionais e internacionais. O curioso é esses níveis serem encontrados, mas não haver nenhuma fonte conhecida ao longo da área de estudo. A tabela Apêndice N resume os resultados médios deste estudo, comparando com a legislação para qualidade da água do Brasil, Estados Unidos, Europa, Argentina e a Organização Mundial de Saúde.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do Índice de Qualidade da Água (IQA) nos rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho, indicam um cenário preocupante, uma vez que, a maioria dos pontos analisados apresentaram qualidade da água razoável, além de três pontos com qualidade ruim, o mais alarmante é o fato de um desses pontos ser a nascente do Rio Ligeirinho. Essa situação levanta uma discussão importante sobre a possível contaminação dos lençóis freáticos, indicando a necessidade de estudos adicionais na área.

Além disso, a identificação de altos níveis de coliformes fecais, baixos teores de oxigênio dissolvido e a presença de nutrientes em concentrações elevadas, são fortes indicadores de poluição e de desequilíbrio ecológico. Esses fatores não são apenas prejudiciais à saúde dos organismos aquáticos, mas também representa riscos diretos à saúde pública, especialmente por ser a principal fontes de água destinada ao abastecimento público no município de Erechim, RS.

As análises indicaram também a presença de metais pesados, como bário, mercúrio e manganês, o mercúrio estava em concentrações superiores aos limites estabelecidos por resoluções nacionais e internacionais (Apêndice N). O mercúrio é um elemento tóxico que possui potencial de bioacumulação, podendo causar sérios danos ao sistema nervoso central, aos rins e até mesmo provocar má formação fetal (Hu *et al.*, 2024; Liu *et al.*, 2024).

Diante desses achados, é indispensável implementar medidas de monitoramento ambiental associado a proteção dos recursos hídricos. De forma, a garantir a qualidade e a quantidade da água necessária para o abastecimento público, e preservar os ecossistemas aquáticos. O nível de qualidade da água no local estudado, indica que há uma fonte de poluição influenciando diretamente na qualidade dessa água. Recomenda-se medidas mitigadoras, como a recuperação da mata ciliar, a preservação das nascentes, a redução da área agrícola próximo as margens e a educação Ambiental. Essas ações visam minimizar efeitos antrópicos, proteger os ecossistemas aquáticos e consequentemente melhorar a qualidade da água captada e distribuída no município.

REFERÊNCIAS

AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; BENINI, S. M. **Monitoramento de recursos hídricos e parâmetros de qualidade de água em bacias hidrográficas. Bacias hidrográficas: fundamentos e aplicações**. 1. ed. Tupã - SP: 2020, 2018.

ANA. **Atlas Brasil: Abastecimento urbano de água.** Brasília: 2010, 2010. v. 1

AOAC. **Official Methods Of Analysis Of Aoac International**. 17. ed. Arlington: 2000, 2000.

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington, DC: 2012, 2012.

ARAKAKI, A. T. *et al.* Desafios da contaminação hídrica e do solo: uma breve análise das nascentes da APA das Serra das Areias-GO. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 16, n. 11, p. 28677–28692, 2023.

ARGENTINA. Resolución Conjunta 34/2019. 2019.

BAÚ, I. C. Fontes de Água são Seguras? Estudo de Caso em Fontes Naturais Utilizadas para Consumo Humano na Apa dos Rios Ligeirinho e Leãozinho, Município de Erechim - RS. 2022.

BERNARDO, L. DI; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. **MÉTODOS E TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA**. 3. ed. São Carlos: 2017, 2017.

BISWAS, A.; CHAKRABORTY, S. Assessment of microbial population in integrated CW-MFC system and investigation of organics and fecal coliform removal pathway. **Science of the Total Environment**, v. 912, n. November 2023, p. 168809, 2024.

BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. 1997.

___. **Resolução CONAMA n° 357, de 17 de Março de 2005**. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>. Acesso em: 4 mar. 2024.

___. **PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021**. Disponível em: <https://cvs.saude.sp.gov.br/zip/PORT.GM-MS-888-21.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2024.

CARASEK, F. L. *et al.* Quality of the groundwater of the Serra Geral Aquifer System of Santa Catarina west region, Brazil. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 10, n. December 2019, 2020.

CETESB. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo**. São Paulo, SP: 2015, 2014.

___. Apêndice E Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**, p. 1–52, 2016.

CETESB; ANA. **Guia NacioNal De coleta e Preservação De amostras**. 2. ed. São Paulo, SP: 2011, 2011.

CHABI, K. *et al.* Removing bacteria contaminants from raw surface water using multiple barriers pilot-scale reactor: sand filtration, activated carbon, and advanced oxidation

processes. **Biochemical Engineering Journal**, v. 204, n. February, p. 109246, 2024.

CHAGAS, F. B. *et al.* Integrated analysis of water quality from two rivers used for public supply in southern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 29, p. 1–11, 2017.

CORSAN. **Tratamento de Água**. Disponível em: <https://www.corsan.com.br/tratamentodeagua>. Acesso em: 3 mar. 2024.

COSTA, C. W. *et al.* Potential for aquifer contamination of anthropogenic activity in the recharge area of the Guarani Aquifer System, southeast of Brazil. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 8, n. September 2018, p. 10–23, 2019.

COSTA, M. M. E.; NETO, S. Exploratory analysis of the water governance frameworks regarding the OECD principles in two river basins in Brazil and Portugal. **Utilities Policy**, v. 82, n. November 2022, p. 101556, 2023.

DANTAS, A. D. B. *et al.* Presença de nitrogênio amoniacal nas águas brutas afluentes às etas brasileiras e sua ameaça à segurança da água: estudos de caso. p. 21–25, 2022.

EPA. **National Primary Drinking Water Regulations**. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/npwdr_complete_table.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2024.

ERECHIM. **Saneamento**. Disponível em: <https://www.pmerechim.rs.gov.br/pagina/163/saneamento#:~:text=Desde 1967%2C os serviços de,Companhia Riograndense de Saneamento – Corsan>. Acesso em: 3 mar. 2024a.

___. **Localização**. Disponível em: <https://www.pmerechim.rs.gov.br/pagina/155/localizacao>. Acesso em: 5 mar. 2024b.

EUROPEAN UNION. **Directive (EU) 2020/2184 on the quality of water intended for human consumption.** Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/1828/oj>. Acesso em: 3 mar. 2024.

FUNASA. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. 1. ed. Brasília - DF: Funasa, 2014.

GAD, S. C. Bário. **Enciclopédia de Toxicologia**, v. 1, p. 911–915, 2024.

GRIZZETTI, B. *et al.* Nitrogen as a threat to European water quality. **The European Nitrogen Assessment**, p. 379–404, 2011.

HIRATA, R. *et al.* **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil**. São Paulo, SP: 2019, 2019.

HU, Z. *et al.* Health risk assessment for human mercury exposure from Cinnabaris-containing Baizi Yangxin Pills in healthy volunteers Po administration. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 83, n. November 2023, 2024.

IAS. **ERECHIM**. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/rs/erechim>. Acesso em: 3 mar. 2024.

IBGE. **Erechim**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/erechim/panorama>. Acesso em: 5 mar. 2024.

KUSARIA, L.; AHMEDIA, F. The use of Turbidity and Total Suspended Solids Correlation for the Surface Water Quality Monitoring. **International Journal of Current Engineering**

and Technology, v. Vol.3, No., p. 1311–1314, 2013.

LEMOS, S. **Dados da ONU mostram que 15 mil pessoas morrem por doenças ligadas à falta de saneamento**. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/dados-da-onu-mostram-que-15-mil-pessoas-morrem-anualmente-por-doencas-ligadas-a-falta-de-saneamento/>. Acesso em: 5 mar. 2024.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos da Qualidade e Tratamento de Água**. 4. ed. Campinas: Átomo, 2016.

LIU, X. *et al.* Mercury distribution, exposure and risk in Poyang Lake and vicinity, China. **Environmental Pollution**, v. 344, n. September 2023, p. 123409, 2024.

LUO, A. *et al.* The impact of rainfall events on dissolved oxygen concentrations in a subtropical urban reservoir. **Environmental Research**, v. 244, n. September 2023, p. 117856, 2024.

MICHELON, W. *et al.* Microalgae produced during phycoremediation of swine wastewater contains effective bacteriostatic compounds against antibiotic-resistant bacteria. **Chemosphere**, v. 283, n. November 2020, 2021.

MIRALLES-CUEVAS, S. *et al.* Pharmaceuticals removal from natural water by nanofiltration combined with advanced tertiary treatments (solar photo-Fenton, photo-Fenton-like Fe(III)-EDDS complex and ozonation). **Separation and Purification Technology**, v. 122, p. 515–522, 2014.

MORETTO, D. L. *et al.* Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution nº 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 1, p. 29–42, 2012.

OKOKPUJIE, I. P. *et al.* Data on physicochemical properties of borehole water and surface water treated using reverse osmosis [RO] and ultra-violet [UV] radiation water treatment techniques. **Chemical Data Collections**, v. 20, p. 100207, 2019.

PINTO, L. V. A.; ROMA, T. N. DE; BALIEIRO, K. R. DE C. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. **Cerne**, v. 18, n. 3, p. 495–505, 2012.

PRABAGAR, S.; THURAISINGAM, S.; PRABAGAR, J. Sediment analysis and assessment of water quality in spacial variation using water quality index (NSFWQI) in Moragoda canal in Galle, Sri Lanka. **Waste Management Bulletin**, v. 1, n. 2, p. 15–20, 2023.

RAUDONYTĖ-SVIRBUTAVIČIENĖ, E. *et al.* Pollution patterns and their effects on biota within lotic and lentic freshwater ecosystems: How well contamination and response indicators correspond? **Environmental Pollution**, v. 335, n. July, 2023.

REZENDE, P. M. DE *et al.* Adubação foliar. i. épocas de. **CIÊNCIAS AGRÁRIAS**, v. 29, p. 1105–1111, 2005.

SAHOO, P. K. *et al.* Groundwater management in Brazil: Current status and challenges for sustainable utilization. **Global Groundwater: Source, Scarcity, Sustainability, Security, and Solutions**, p. 409–423, 2020.

SALEM, T. A. Changes in the physicochemical and biological characteristics in the lentic and lotic waters of the Nile river. **Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 47, n. 1, p. 21–27, 2021.

SANTOS, G. DOS *et al.* 2,4-D-based herbicide underdoses cause mortality, malformations, and nuclear abnormalities in Physalaemus cuvieri tadpoles. **Comparative biochemistry and physiology. Toxicology & pharmacology : CBP**, v. 277, n. 200, p. 109840, 2024.

SASMAZ, A.; OBEK, E.; HASAR, H. The accumulation of heavy metals in Typha latifolia L. grown in a stream carrying secondary effluent. **Ecological Engineering**, v. 33, n. 3–4, p. 278–284, 2008.

SPERLING, M. VON. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 1. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.

TIAN, Y. *et al.* Using a water quality index to assess the water quality of the upper and middle streams of the Luanhe River, northern China. **Science of the Total Environment**, v. 667, p. 142–151, 2019.

UDDIN, M. G.; NASH, S.; OLBERT, A. I. A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. **Ecological Indicators**, v. 122, p. 107218, 2021.

UNICEF. **2,1 bilhões de pessoas não têm acesso a água potável em casa, e mais do dobro de pessoas não tem acesso a saneamento seguro**. Disponível em: <https://www.unicef.org/angola/comunicados-de-imprensa/21-bilhões-de-pessoas-não-têm-acesso-água-potável-em-casa-e-mais-do-dobro>. Acesso em: 5 mar. 2024.

UNITED NATIONS. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 5 mar. 2024.

VASCONCELOS, M. J. O. B. *et al.* Doenças diarreicas e hospitalizações em menores de cinco anos no estado de Pernambuco, Brasil, nos anos de 1997 e 2006. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 23, n. 3, p. 715–722, 2018.

VASISTHA, P.; GANGULY, R. Water quality assessment of natural lakes and its importance: An overview. **Materials Today: Proceedings**, v. 32, p. 544–552, 2020.

WANG, Z. *et al.* A deep learning interpretable model for river dissolved oxygen multi-step and interval prediction based on multi-source data fusion. **Journal of Hydrology**, v. 629, n. June 2023, p. 130637, 2024.

WHELAN, M. J. *et al.* Is water quality in British rivers “better than at any time since the end of the Industrial Revolution”? **Science of the Total Environment**, v. 843, n. February, p. 157014, 2022.

WHO. **Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda.** 4. ed. Geneva: World Health Organization, 2022.

YAN, C. *et al.* Quantitative health risk assessment of microbial hazards from water sources for community and self-supply drinking water systems. **Journal of Hazardous Materials**, v. 465, n. July 2023, p. 133324, 2024.

CAPÍTULO II - **MONITORAMENTO INTEGRADO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE UM RIO DESTINADO AO ABASTECIMENTO PÚBLICO NO SUL DO BRASIL**

MONITORAMENTO INTEGRADO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE UM RIO DESTINADO AO ABASTECIMENTO PÚBLICO NO SUL DO BRASIL

RESUMO

O monitoramento integrado da qualidade da água é uma abordagem que combina diferentes métodos e indicadores para avaliar o estado de um corpo hídrico, proporcionando uma análise detalhada da saúde dos ecossistemas aquáticos. O presente estudo determinou o índice de Qualidade da Água (IQA) e o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA), além da observação do Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats (PAR) para trechos de bacias hidrográficas em um rio destinado ao abastecimento público no sul do Brasil. O monitoramento abrangeu as estações da primavera, verão, outono e inverno, e indicam degradação da qualidade da água após a nascente (P1), com os pontos médio (P2) e inferior (P3) sendo classificados como α-mesotróficas em três das quatro análises realizadas. A qualidade da água variou com a sazonalidade e a pluviosidade, sendo que, durante o período de cheia, o parâmetro de sólidos totais dissolvidos (STD) foi o mais afetado. As diatomáceas foram fundamentais para complementar as análises físico-químicas e microbiológicas, fornecendo uma visão mais sensível da situação da qualidade da água do rio. Os achados destacam a necessidade de monitoramento contínuo, ações de recuperação e preservação da mata ciliar, a fim de proteger a integridade ecológica do rio, uma vez que é necessário no abastecimento de uma cidade de médio porte.

Palavras-chaves: Índice de Qualidade da Água (IQA), Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA), Protocolo de Avaliação Rápida de Habitats (PAR).

ABSTRACT

Integrated water quality monitoring is an approach that combines different methods and indicators to assess the state of a water body, providing a detailed analysis of the health of aquatic ecosystems. The present study determined the Water Quality Index (WQI) and the Trophic Water Quality Index (TWQI), in addition to observing the Protocol for Rapid Assessment of Habitat Diversity for stretches of watersheds in a river intended for public supply in southern Brazil. The monitoring covered the spring, summer, autumn and winter seasons, and indicated degradation of water quality after the source (P1), with the middle (P2) and lower

(P3) points being classified as α-mesotrophic in three of the four analyses carried out. Water quality varied with seasonality and rainfall, and during the flood period, total dissolved solids (TDS) were the most affected parameter. The diatoms were fundamental to complementing the physicochemical and microbiological analyses, they provided a more sensitive view of the situation of the water quality of the river. The findings highlight the need for continuous monitoring, recovery actions and preservation of the riparian forest, in order to protect the ecological integrity of the river, since it is necessary to supply a medium-sized city.

Keywords: Water Quality Index (WQI), Trophic Water Quality Index (TWQI), Rapid Habitat Assessment Protocol (PAR).

1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são fundamentais para promover o desenvolvimento sustentável, pois não somente o acesso a água potável é crucial para a vida humana, mas também é essencial para diversas atividades, como a geração de energia, agricultura, indústrias, piscicultura, comércio e exploração de recursos (Santos et al., 2018). Em contraste com essa necessidade por água potável, os impactos antrópicos nos ecossistemas aquáticos resultam na deterioração progressiva da qualidade da água, afetando os ciclos hidrológicos, biogeoquímicos e a biodiversidade, causando impactos econômicos e sociais e, muitas vezes provocando mudanças permanentes e irreversíveis nos ecossistemas (Düpont *et al.*, 2015; Teixeira *et al.*, 2018).

A agenda 2030 conta com 193 Estados-Membros da Organização das Nações Unidas (ONU) e contempla 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável conhecidos como ODS (Cai et al., 2021; United Nations, 2024). Dentre esses objetivos, a ODS 6 visa "Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos", trazendo esperança de que as nações se voltem para a situação preocupante causada pela contaminação dos ambientes aquáticos (Cai et al., 2021; Mujtaba et al., 2024). A importância desse objetivo foi ressaltada pelos recentes acontecimentos a nível mundial envolvendo a polêmica dos Jogos Olímpicos de Paris 2024. Apesar da proibição de nadar no Rio Sena desde 1923, o Comitê Olímpico Internacional (COI) decidiu permitir competições em suas águas (Globo, 2024). E infelizmente, esta decisão resultou em sérios problemas, diversos atletas se sentiram mal devido à baixa qualidade das águas (Castro, 2024; Globo, 2024; Stapleton et al., 2024). Este evento serve como um alerta dos impactos ambientais causados pelas ações humanas, além da necessidade urgente de monitorar e proteger os ambientes aquáticos.

O monitoramento da qualidade da água tradicionalmente envolve a análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos (Schiller *et al.*, 2017). Para verificar a qualidade da água, são utilizados Índices que combinam múltiplos parâmetros a um único valor numérico. O índice de Qualidade da Água (IQA) é amplamente utilizado no Brasil e é uma importante ferramenta que auxilia na avaliação do cumprimento de legislações de qualidade da água, garantindo a qualidade da água para o consumo humano, a proteção da fauna e flora aquática (ANA, 2024).

O índice de Qualidade da Água (IQA) foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF) (Fortes et al., 2023; Prabagar et al., 2023) e adaptado para o software IQAData 2015 na Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), e está disponível para uso

público (Moretto *et al.*, 2012). A partir dos resultados do IQA Moretto *et al.*, 2012, correlacionou os resultados com a classificação da Resolução CONAMA 357/2005. A Resolução CONAMA 357/2005 classifica os corpos hídricos em diferentes classes, com base em sua qualidade e em seus usos preponderantes (Brasil, 2005).

A associação de análises físico-químicas e biológicas ao biomonitoramento pode ser mais eficaz para avaliar a saúde dos ecossistemas aquáticos e para complementar a classificação dos índices e entender a qualidade da água (Vidal *et al.*, 2021). Um grupo muito utilizado em biomonitoramento são as Diatomáceas, organismos unicelulares aquáticos que se aderem a rochas, sedimentos e substratos (Arumugham *et al.*, 2023; Holmes *et al.*, 2023). São ótimos organismos bioindicadores, sensíveis a mudanças ambientais, reflete o gradiente de poluição ambiental permitindo detectar alterações na qualidade da água a que não podem ser detectados por parâmetros físico-químicos (Schiller et al., 2017; Teixeira et al., 2018; Santos et al., 2019).

As diatomáceas podem ter diferentes respostas biológicas aos impactos ambientais, devido a diferentes características fisiológicas, mobilidade, ciclos de vida e sensibilidade individual à poluição (Markert et al., 2024). O primeiro sistema sapróbico utilizando diatomáceas no que se tem relato no Brasil foi desenvolvido por Lobo e colaboradores em 2002. Posteriormente, esta classificação de diatomáceas foi usada para criar o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA) (Lobo *et al.*, 2004).

O ITQA é uma importante ferramenta para avaliar a qualidade das águas, especialmente em relação a poluição orgânica e a saúde ecológica dos ambientes aquáticos, pois leva em consideração a presença e a abundância de diatomáceas, que são organismos sensíveis às condições ambientais. Além disso, complementa análises físico-químicas e microbiológicas da água, e fornece uma visão abrangente da qualidade da água e das condições ecológicas, ajudando a identificar impactos ambientais e a implementar estratégias de manejo eficazes (Salomoni et al., 2011; Lobo et al., 2015).

Monitoramentos de rios de abastecimento são extremamente importantes, pois estes desempenham um papel fundamental na sustentação da vida, fornecendo água potável e suportando à biodiversidade, além de serviços ecossistêmicos essenciais relacionados à agricultura e à indústria (Rolim *et al.*, 2024). Para avaliar um rio de abastecimento esse estudo focou no Rio Ligeirinho, que pertence a bacia hidrográfica do Rio Apuaê-Inhandava no município de Erechim, uma cidade de médio porte localizada no norte do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Ao longo dos anos alguns estudos analisaram a água desse rio, como em Chagas

(2017) e Treméa (2017), no entanto o trabalho de Chagas foi realizado há 10 anos e o de Treméa focou apenas no IQA.

Assim, o presente estudo teve como objetivo realizar um monitoramento integrado da qualidade da água do rio durante as quatro estações do ano, utilizando Índice de Qualidade da Água (IQA), o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA) e o Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats (PAR) para trechos de bacias hidrográficas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

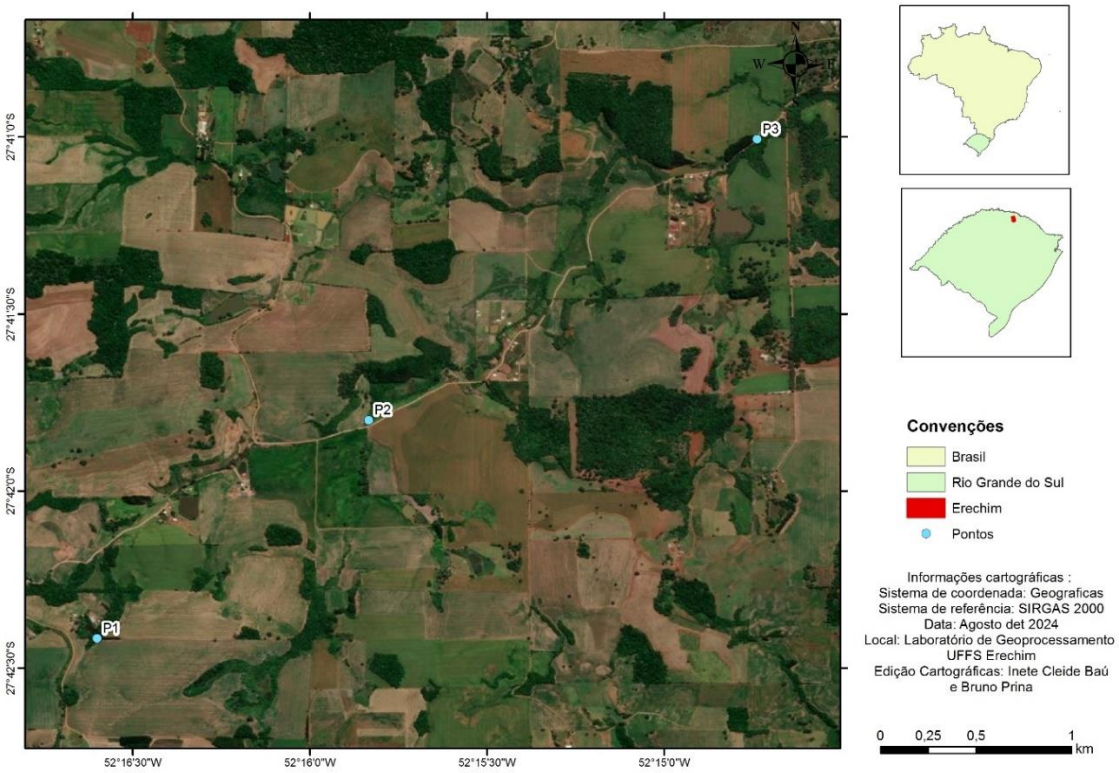
2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no Rio Ligeirinho, que integra a Área de Proteção Ambiental dos rios Ligeirinho e Leãozinho (APA). O rio possui uma vazão média de 250 $L.s^{-1}$ e é utilizado no abastecimento público em uma cidade de médio porte, localizada na região sul do Brasil (ENTAAL, 2015; Erechim, 2011). O Município de Erechim possui aproximadamente 105.000 habitantes (IBGE, 2022), está localizado nas coordenadas 27º 38’ 3" Sul e 52º 16’ 26" Oeste e a 783 metros acima do nível do mar (Erechim, 2024b).

As áreas ao entorno do rio possuem uma paisagem predominantemente agrícola, com uma pequena faixa de mata ciliar. A nascente do rio está situada em uma região com vegetação, porém também está cercada por áreas agrícolas. O curso segue no sentido SW-NW (sudoeste-noroeste) (ENTAAL, 2015).

Os pontos amostrais foram selecionados estrategicamente ao longo do curso do rio para representar diferentes seções: superior (nascente, P1), médio (P2) e inferior (P3). As coletas foram realizadas quatro vezes ao longo do ano, uma em cada estação. Os pontos amostrais foram localizados nas seguintes coordenadas: curso superior (P1) em 27º42' 25" S/ 52º16' 36" W, altitude de 773 m; curso médio (P2) em 27º41' 48" S/ 52º15' 50" W, altitude de 688 m e no inferior (P3) em 27º40' 58" S/ 52º14' 41" W e altitude de 677 m. A Figura 1 apresenta o mapa com a distribuição dos pontos amostrais, elaborado no ArcMap (ArcGIS 10.4). Para diferenciar as amostragens de acordo com as estações do ano, a nomenclatura dos pontos inclui a estação em inglês. Sendo os pontos da primavera (*Spring*) nomeados como P1Sp, P2Sp, P3Sp, verão (*Summer*) P1Su, P2Su, P3Su, outono (*Autumn*) P1Aut, P2 Aut, P3Aut e inverno (*Winter*) P1Win, P2Win, P3Win (Tabela 2 e Figura 3).

Figura 1 - Disposição geográfica dos pontos amostrais e localização do Município de Erechim, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. P1 – nascente (curso superior), P3 – curso médio e P3 – curso inferior.



Fonte: Autora, 2024.

2.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, BIOLÓGICOS E ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

As análises de qualidade da água abrangeram parâmetros físicos, químicos e biológicos, incluindo: Temperatura, Oxigênio Dissolvido (OD), Condutividade específica, Condutividade elétrica, Resistividade, Sólidos totais dissolvidos, Salinidade, potencial Hidrogeniônico (pH), Turbidez, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrato, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Total, Fósforo (Ortofosfato) e coliformes termotolerantes.

A determinação de OD, Condutividade específica, Condutividade elétrica, Resistividade, Sólidos totais dissolvidos, pH, foram realizadas *in loco* através de um Medidor de Qualidade da Água Multiparâmetro Portátil *YSI Professional Plus*. As demais análises foram realizadas nos Laboratórios de Química e de Ecologia e Conservação, da UFFS - *Campus*

Erechim. As amostras foram coletadas, transportadas e acondicionadas de acordo com as orientações dos manuais (CETESB e ANA, 2011).

As análises de Turbidez, DBO, Nitrato, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Total, Ortofosfato e coliformes termotolerantes seguiram as orientações do Métodos Padrão para Exame de Água e Águas Residuais (*Standard Methods for Examination of Water and Waste Water)*. Este método, desenvolvido pela *American Public Health Association* (APHA), *American Water Works Association* (AWWA) e *Water Environment Federation* (WEF), é a referência mais utilizada e reconhecida mundialmente para a análise da qualidade da água e águas residuais (Flach, 2021; APHA et al., 2012).

Os resultados das análises permitiram aplicar o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) utilizando o software IQAData. Este software foi desenvolvido baseado no *National Sanitation Foundation* (NSF) dos Estados Unidos, e permite que o usuário aplique o modelo desenvolvido pela UNISC através de diversos estudos na região sul do Brasil (Moretto *et al.*, 2012). Após o cálculo o valor resultante é classificado em uma escala de 0 a 100, onde: Péssima (0 a 25), Ruim (26 a 50), Razoável (51 a 70), Boa (71 a 90) e Ótima (91 a 100), sendo está a adotada pelo Estado do Rio Grande do Sul (Sperling, 2007; Libânio, 2016; Prabagar et al., 2023).

Para comparar com a classificação da Resolução CONAMA 357/2005, água com qualidade (IQA) “ótima” e “boa”, corresponderiam a classe “especial” e “1” do CONAMA, para IQA “regular” a classificação ficaria como “2” e “3” do CONAMA, enquanto águas com qualidade “ruim” ou “muito ruim” corresponderiam a classe “4” do CONAMA (Moretto *et al.*, 2012).

2.3 ANÁLISE DE DIATOMÁCEAS

Amostras de diatomáceas epilíticas foram coletadas em substratos rochosos (seixos rolados) na sub-superfície do rio, com profundidade de 10 a 20 cm. Para a análise quantitativa, as rochas foram raspadas com escovas de dente, cobrindo uma área de 25 cm^2 e lavadas com 50 mL de água destilada. Em cada estação, foram raspadas três rochas (75 cm^2), resultando em uma amostra composta de 150 mL, fixada com formaldeído 4% (Salomoni 2004; Salomoni and Torgan 2010; Lobo et al. 2015).

Em laboratório, a amostra foi homogeneizada e uma alíquota de 10 mL foi retirada para análise. A amostra foi submetida a um processo de oxidação com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e ácido nítrico (HNO_3). O precipitado resultante foi lavado com água destilada e centrifugado, de modo a remover as impurezas dos reagentes utilizados. O precipitado (cerca de 1 mL) foi transferido para uma lamínula, seco e fixado em lâminas permanentes usando resina Naphrax® (CEM 2014).

As diatomáceas foram contabilizadas utilizando os procedimentos descritos por Kobayasi e Mayama (1982), além de Lobo e colaboradores (1995), com no mínimo 400 valvas por amostra. Também foram contados os transectos, conforme a metodologia estabelecida por Bate e Newall (1998), as valvas quebradas foram contabilizadas desde que os fragmentos tivessem mais da metade do comprimento total da alga, sendo que os resultados foram expressos em número de valvas/cm^2. Para a contagem utilizou-se um microscópio óptico binocular, modelo Olympus CX21 (Olympus Corporation).

A expressão matemática aplicada para estimar o fator de conversão utilizado, foi a seguinte (Lobo *et al.*, 1995):

Equação 1:

$$FC = \frac{N_o \cdot V_o \cdot V_{amostra}}{N_1 \cdot V_1 \cdot A_o}$$

Onde:

FC = Fator de conversão

N_o = total do número de transectos sobre a lamínula (110);

V_o = volume da subamostra (10mL) utilizada para a oxidação;

$V_{amostra}$ = volume da amostra original (150mL), proveniente da raspagem de rocha

N_1 = Número de transectos contados na lamínula;

V_1 = volume da amostra oxidado utilizado para cobrir a lamínula (1 mL);

A_o = área da rocha a partir da qual a amostra foi tomada (7500 mm^2);

Após realizar o cálculo do fator de conversão, este foi utilizado para multiplicar o número de indivíduos de cada espécie, resultando na expressão dos dados em número de valvas por cm^2.

A determinação do critério de abundância e dominância das diatomáceas foi realizada com base no método descrito por Lobo e Leighton (1986). A identificação das diatomáceas foi realizada utilizando obras taxonômicas renomadas como: Krammer e Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a, 1991b), Lange-Bertalot (1993, 1999, 2001), Lange-Bertalot e Moser (1994) Lange-Bertalot e Metzeltin (1996), Metzeltin e Lange-Bertalot (1998, 2002, 2007), Metzeltin et al. (2005), Rumrich et al. (2000), Simonsen (1987) e Silva (2017). Para ilustrar as valvas das

diatomáceas encontradas foram registradas fotomicrografias, que foram obtidas por meio da câmera acoplada a um suporte no microscópio óptico.

2.4 ÍNDICE TRÓFICO DE QUALIDADE DA ÁGUA (ITQA)

O Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA), proposto por Lobo *et al.*, 2015, utiliza a comunidade de algas diatomáceas epilíticas para avaliação de sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros. São atribuídos valores tróficos iguais a 1, 2,5 e 4 para as espécies registradas na análise quantitativa, os quais correspondem aos níveis de poluição definidos como insignificante, moderada, forte e excessiva, respectivamente (Salomoni *et al.*, 2006; Lobo *et al*., 2015, 2016). O ITQA gera uma pontuação que classifica o nível de poluição da água de acordo com a seguinte escala: de 1,0 a 1,5 é considerado oligotrófico (poluição insignificante), de 1,5 a 2,5 β-mesotrófico (poluição moderada), de 2,5 a 3,5 α-mesotrófico (poluição forte) e de 3,5 a 4,0 eutrófico (poluição excessiva) (Lobo *et al.* 2016, 2015). O Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA), foi adaptado da equação de Pantle and Buck (1955):

Equação 2: $$TWQI = \frac{\sum(vt.h)}{\sum h}$$

Onde:

vt = valor trófico das espécies,

h = percentual de ocorrência (abundância) de cada uma das espécies na amostra.

2.5 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA (PAR)

O protocolo de avaliação rápida (PAR) da diversidade de *Habitats* em trechos de bacias hidrográficas, é uma ferramenta adaptada por Callisto et al. (2002) a partir do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) e do protocolo utilizado por Hannaford (Callisto *et al.*, 2002). Nessa metodologia são avaliados 22 parâmetros, resultando em uma pontuação que varia de 0 a 100, indicando o nível de preservação do trecho avaliado (ANEXO A). As classificações de 0 a 40 dos pontos indicam que o trecho se encontra impactado, de 41 a 60 pontos, trechos alterados quando a pontuação estiver superior a 61 pontos os trechos são classificados como naturais (Callisto *et al.*, 2002). O protocolo foi aplicado nos três pontos de coleta do Rio Ligeirinho.

2.6 ANÁLISE DOS DADOS

Para relacionar os dados físicos, químicos e microbiológicos nas diferentes unidades amostrais, foram utilizadas análises multivariadas. Para identificar a correlação entre as variáveis, aplicou-se o Coeficiente de Correlação de Pearson (r). Variáveis com correlação muito forte (positiva ou negativa), com valores de $r < -0{,}85$ ou $r > 0{,}85$, foram identificadas, e a variável ambiental com menor relevância para o estudo foi removida (Jin *et al.*, 2024). Esse procedimento auxiliou na redução de redundâncias e a eliminar a multicolinearidade, melhorando a interpretação dos resultados.

Em seguida, foi conduzida a Análise de Correspondência Canônica (CCA), uma análise multivariada direta de gradientes (Ter Braak, 1986). A análise identificou os principais gradientes nas mudanças na composição de diatomáceas, utilizando para essa identificação uma tabela contendo a abundância relativa das espécies mais abundantes e dominantes. A CCA foi escolhida devido à sua capacidade de relacionar variações da composição das espécies com variáveis físicas, químicas e microbiológicas de forma eficiente, sendo útil para estudos ecológicos onde relacionam-se processos de poluição orgânica e eutrofização em ecossistemas aquáticos (Salomoni 2004; Santos et al. 2019). Os dados foram analisados no *software* PaSt – Palaeontological Statistics 4.03 (2020). Além disso, a riqueza, a equitabilidade e o índice de Shannon-Wiener foram calculados utilizando o mesmo *software* (Pielou, 1966).

3 RESULTADOS

As análises indicaram que a qualidade da água, de acordo com o IQA, foi definida como "boa" em apenas duas medições, no ponto 3 durante a primavera e no ponto 1 durante o verão. Isso indica que para a Resolução CONAMA 357/2005, a água desses pontos se enquadraria entre Classe “especial” e classe “1” (Brasil, 2005; Moretto *et al.*, 2012). As demais amostragens apresentaram qualidade da água considerada "regular" (51,61≤ IQA ≤ 65,09) (P1, P2 e P3; Tabela 1), indicando assim que se enquadram entre as Classes “2” e “3” pela Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005; Moretto *et al.*, 2012).

Pelo ITQA a nascente (P1) apresentou o menor nível de poluição (oligotrófico), durante a primavera, verão e o inverno, e apenas no outono a classificação da poluição foi moderada (β-mesotrófico). Os pontos 2 e 3 variaram entre β-mesotrófico e α-mesotrófico. No ponto 2 na primavera, verão e o inverno a classificação foi α-mesotrófico e no outono foi classificado como β-mesotrófico. O ponto 3 teve classificação α-mesotrófico na primavera, outono e inverno, sendo β-mesotrófico apenas no verão (Tabela 1).

Tabela 1 - Resultados do Índice de Qualidade da Água (IQA) somatório e do Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA) dos pontos amostrais do Rio Ligeirinho no município de Erechim, RS, na primavera de 2023, verão, outono e inverno de 2024.

Estação	*Primavera*		
Ponto	*P1*	*P2*	*P3*
Índice de Qualidade da Água (IQA)	64,87	60,26	70,59
	Regular	Regular	Boa
Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA)	1,34	2,58	2,57
	oligo	α-meso	α-meso
Estação	*Verão*		
Ponto	*P1*	*P2*	*P3*
Índice de Qualidade da Água (IQA)	70,91	62,58	62,79
	Boa	Regular	Regular
Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA)	1,23	2,70	2,46
	oligo	α-meso	β-meso
Estação	*Outono*		
Ponto	*P1*	*P2*	*P3*
Índice de Qualidade da Água (IQA)	60,77	65,09	63,38
	Regular	Regular	Regular
Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA)	1,95	2,42	2,52
	β-meso	β-meso	α-meso
Estação	*Inverno*		
Ponto	*P1*	*P2*	*P3*
Índice de Qualidade da Água (IQA)	51,61	56,75	54,72
	Regular	Regular	Regular
Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA)	1,10	2,94	2,74
	oligo	α-meso	α-meso

Obs: O relatório com os resultados do IQAData está no Apêndice O.

Fonte: Autora, 2024.

Figura 2 – Resultados do Índice de Qualidade da Água (IQA) somatório e do Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA) distribuído geograficamente nos pontos amostrais do Rio Ligeirinho no Município de Erechim, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Fonte: Adaptado Google Earth, 2024.

Com relação à estrutura da comunidade de diatomáceas epilíticas no rio Ligeirinho foram registrados 113 táxons em nível específico e infra-específico, distribuídos em 24 famílias e 39 gêneros. Destes, 30 táxons se destacaram como espécies abundantes e dominante, a única espécie dominante registrada foi Humildophila *contenta* da família *Diadesmidiaceae*, as outras 29 espécies foram abundantes, conforme segue a lista das espécies e sua abundância relativa, no Apêndice P e no Apêndice Q estão as fotomicrografias das diatomáceas.

As famílias melhor representadas foram Naviculaceae com 15,04%, *Eunotiaceae* com 10,61%, *Gomphonemataceae*, *Achnanthidiaceae* e *Pinnulariaceae* com 8,84% cada, seguindo-se as famílias, *Bacillariaceae* com 7,96% e *Cymbelaceae* com 5,30%, *Amphipleuraceae*, *Diadesmidaceae* com 4,42% cada, *Surirellaceceae* e *Sellaphoraceae* com 3,53% cada, *Brachysiraceae* e *Fragilariaceae* com 2,65% cada, *Stephanodiscaceae*, *Cocconeidaceae*, *Neidiaceae*, *Diploneidaceae* com 1,76% cada e as famílias *Melosiraceae*, *Aulacoseiraceae*, *Staurosiraceae*, *Ulnariaceae*, *Anomoeidaceae*, *Orthoseiraceae* e *Catenulaceae* com apenas 0,88% cada.

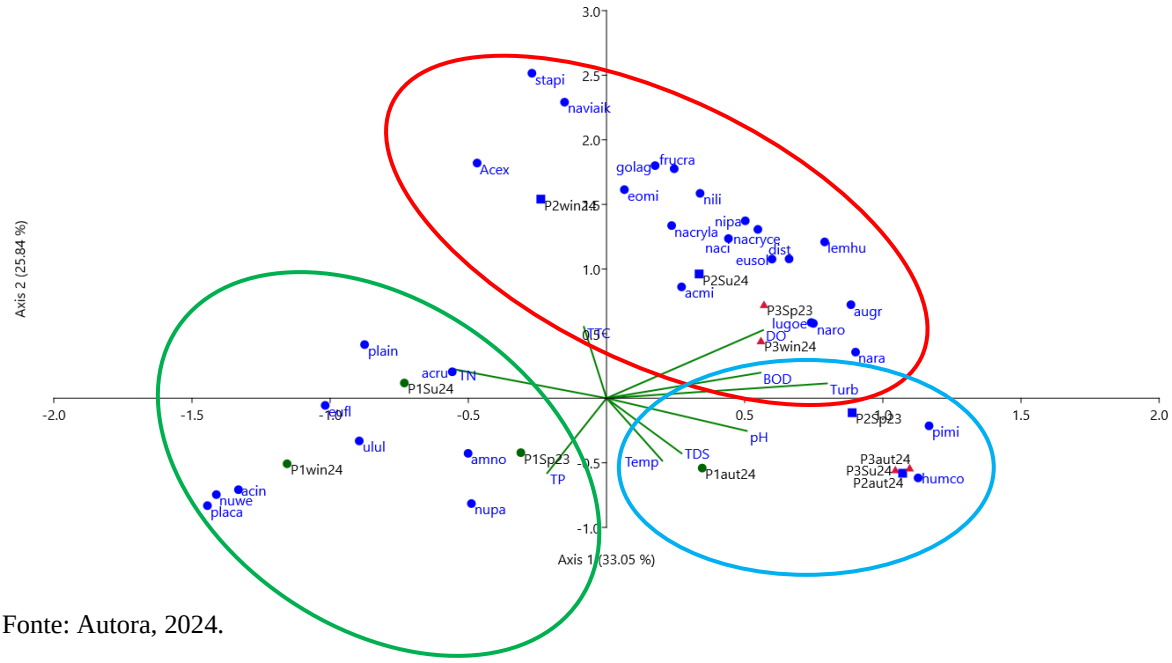
A maior riqueza de espécies foi observada no ponto 2 durante o verão, com a presença de 57 espécies de diatomáceas. Em seguida, o ponto 3 com 50 espécies de diatomáceas durante o inverno, os demais pontos registraram menor riqueza de espécies, assim como podemos ver na tabela 2.

Tabela 2 - Riqueza de diatomáceas, Índice de Shannon-Wiener e Equitabilidade de Pielou dos pontos amostrais do Rio Ligeirinho município de Erechim, RS, na primavera, verão, outono e inverno.

	Riqueza	*Shannon-Wiener*	*Equitabilidade*
P1Sp	24	2,715	0,8543
P2Sp	33	3,182	0,9102
P3Sp	32	2,864	0,8265
P1Su	30	2,533	0,7448
P2Su	57	3,421	0,8461
P3Su	16	2,613	0,9423
P1Aut	23	2,541	0,8104
P2Aut	17	2,493	0,8801
P3Aut	22	2,917	0,9437
P1win	24	2,142	0,6739
P2win	39	3,17	0,8652
P3win	50	3,226	0,8247

Para reduzir a dimensionalidade dos dados e evitar redundâncias, foi aplicado o Coeficiente de Correlação de Pearson (r) (Apêndice R). Com base nessa análise, foram selecionadas as variáveis físicas, químicas e microbiológicas mais relevantes para a Análise de Correlação Canônica (CCA, Figura 4), que incluiu: Temperatura, Oxigênio Dissolvido, Sólidos Totais Dissolvidos, pH, Turbidez, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nitrogênio Total, Fósforo Total e Coliformes Termotolerantes (Apêndice S). Adicionalmente, a CCA foi realizada em conjunto com as diatomáceas, como bioindicadores, fornecendo uma visão complementar mais sensível sobre a qualidade da água.

Figura 3 – Análise de Correlação Canônica (CCA) com variáveis físicas, químicas, microbiológicas e diatomáceas abundantes e dominantes, no espaço de ordenação do primeiro e segundo eixos.



Fonte: Autora, 2024.

O eixo 1 explica 33,05% da variância total, enquanto o eixo 2 explica 25,84% da variância total, juntos, os dois componentes explicam 58,89% da variância total dos dados (Apêndice T e U).

No eixo 1 (circulado em vermelho), positivamente destacaram-se os pontos P2 e P3 da primavera, P2 verão, P2 e P3 do inverno, por apresentarem maior riqueza de espécies de diatomáceas e por apresentarem valores elevados de turbidez, OD e DBO. Os valores mais altos de coliformes termotolerantes foram registrados nos pontos 2 e 3 durante o inverno, onde foram encontradas exclusivamente as espécies abundantes *Achnanthes exigua* var. *heterovalva*, *Navigeia aikenensis* e *Staurosira* cf. *pinnata* que apresentaram maior número de valvas.cm^{-2}. Nos pontos 2 e 3, na primavera, verão e inverno foram registradas as maiores riquezas de espécies. E, as espécies que se destacaram como mais abundantes nestes pontos e nestas estações foram: *Achnanthidium minutissimum*, *Aulacoseira granulata*, *Discostella steligera*, *Eolimna minima*, *Eunotia* aff *soleirolli*, *Frustulia crassinervia*, *Gomphonema lagenula*, *Lemnicola hungarica*, *Luticula goepertiana*, Navicula cincta, *Navicula criptocephala*, *Navicula cryptotenella*, *Navicula radiosa*, *Navicula rostellata*, *Nitzschia palea e Nitzschia linearis.*

No eixo 2 da CCA (circulado em azul), observamos em destaque os pontos P2 primavera, P3 verão e P1, P2 e P3 do outono com a dominância da diatomácea *Humildophila Contenta* e abundância *de Pinnularia microstauron*, relacionado ao gráfico positivamente com valores de turbidez, DBO e Sólidos totais dissolvidos. Associado negativamente ao eixo 2 (circulado em verde), foram observados o ponto P1 na primavera, verão e inverno, com baixos valores de OD, DBO e Turbidez. Com predominância das diatomáceas *Achnanthes inflata*, *Achnanthes rupestoides*, *Amphora normanii*, *Eunotia flexuosa*, *Nupella pardinhoensis*, *Nupela wellneri*, *Placoneis abundans*, *Planothidium incuriatum*, *Ulnaria ulna*.

Outro método utilizado no estudo foi o protocolo de avaliação rápida da diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas. Todos os pontos amostrais foram classificados com nível de conservação das condições ecológicas de bacias hidrográficas, como “naturais”, uma vez que todas as pontuações foram superiores a 61 (P1 = 88, P2 = 77 e P3 = 81) (Apêndice V).

4 DISCUSSÃO

Neste estudo, foram analisados parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água do Rio Ligeirinho, complementados pelo biomonitoramento com diatomáceas e a avaliação da diversidade de *habitats.* O IQA demonstrou uma redução expressiva da qualidade da água durante o inverno com o pH ligeiramente ácido, aumento do nitrogênio total (nitrato e nitrogênio amoniacal) e dos coliformes termotolerantes. Possivelmente, esses parâmetros na água podem estar relacionados com culturas dessa estação do ano no sul do Brasil, como o trigo, a cevada e a aveia, que demandam de uma adubação intensiva, para garantir uma boa produção. Os adubos utilizados em geral são ricos em nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), assim como muitos agricultores optam também por adubação orgânica (Agápito, 2024; Yan *et al.*, 2024), impactando a qualidade da água por escoamento.

Ao comparar os resultados com a Resolução CONAMA 357/2005, observamos que duas das amostragens foram classificadas como classe “especial” e classe “1”. No entanto, a maioria das amostragens enquadraram-se nas classes “2” e “3”. Este resultado indica que, as águas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais (Brasil, 2005).

Considerando os resultados das condições químicas, físicas e microbiológicas aplicados no cálculo Índice de Qualidade da Água (IQA), o Rio Ligeirinho apresentou uma classificação de qualidade de "regular" a "boa". Entretanto, pelo Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA), apenas o ponto 1, correspondente à nascente do rio, apresentou níveis de poluição insignificantes durante três estações do ano. A exceção ocorreu no outono, influenciada pelas chuvas intensas que atingiram o Rio Grande do Sul em maio de 2024. Durante esse período, o estado registrou uma das maiores cheias de sua história, com um acumulado de aproximadamente 170 mm de ocorrências em 02/05/2024, sendo 135 mm concentrados entre 11h e 18h (INMET, 2024).

As coletas de dados para o estudo, realizadas em 07/05/2024 (outono), ocorreram poucos dias após esse evento de cheia, indicando um nível de poluição moderada no ponto 1 e 2, e forte no ponto 3. Os altos índices pluviométricos registrados, também impactaram nos sólidos totais dissolvidos (STD), que apresentaram elevação notável comparado as demais estações, evidenciando que eventos climáticos extremos, como cheias nesse caso, podem alterar a qualidade da água do rio. Esses resultados reforçam a importância de um monitoramento

contínuo que contempla tanto períodos de cheia quanto de estiagem, para melhor compreender as variações sazonais e climáticas e seus impactos na qualidade das águas do Rio Ligeirinho.

Desconsiderando as chuvas de outono, o menor nível de poluição foi registrado no ponto 1 (oligotrófico em 3 das 4 medições), enquanto os pontos 2 e 3 (curso médio e inferior) apresentam poluição moderada a forte em diferentes estações. Percebe-se que em três estações do ano os pontos 2 e 3 estiveram α-mesotrófico, ou seja, com poluição considerada forte, indicando degradação da qualidade da água, possivelmente devido à influência antrópica. Esses pontos, situados no curso médio e inferior do rio, são particularmente vulneráveis, pois como há áreas agrícolas no entorno, recebem escoamento de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, que contribuem para o aumento da carga poluente.

A variação da classificação da água pelo ITQA nas diferentes estações do ano parece estar correlacionada a oscilação na quantidade de nutrientes neste trecho do rio, influenciando no nível de poluição. Essa variação sugere que após a nascente há uma influência externa nas condições deste corpo hídrico, isso pode estar associada as atividades antrópicas, uma vez que em toda a extensão do rio existe pouca vegetação ripária, casas próximas e cultivos agrícolas, muitas vezes até a margem do rio (Erechim, 2011).

A análise de CCA apontou uma forte correlação entre os altos índices de coliformes termotolerantes no ponto 2 durante o inverno, com o aumento da diversidade e quantidade de diatomáceas *Achnanthes exigum* var. *heterovalva*, *Gomphonema lagenula*, *Navigeia aikenensis*, *Nitzschia palea* e *Staurosira* cf. *pinnata*. A correlação entre altos índices de Escherichia Coli e as diatomáceas Navicula cryptocephala, Nitzschia palea, *Achnanthidium minutissimum*, foi identificada por Messyasz *et al.*, em 2024. Assim como a associação das espécies *Gomphonema lagenula* e a *Nitzschia palea* há ambientes impactados por atividade de agropecuária, com altas concentrações de nutrientes (Bere and Tundisi, 2011; França et al., 2021). Essas espécies, geralmente associadas a ambientes eutróficos, foram detectadas em maior abundância no ponto 3 durante a primavera e no ponto 2 no inverno, indicando assim maior concentração de contaminantes relacionados a atividades agropecuárias (ricos em nutrientes) nestes pontos durante estas estações.

As diatomáceas aquáticas e terrestres são sensíveis aos múltiplos fatores ambientais, como pH, perturbações antrópicas, umidade do solo e nitrogênio (Foets *et al.*, 2021). Porém as diatomáceas cosmopolitas (por exemplo, *Navicula spp.*, *Nitzschia spp.*) além de, apresentarem ampla distribuição geográfica, também são adaptáveis a essas condições ecológicas. Permitindo que elas prosperem em ambientes de água doce e marinhos, frequentemente encontrados em

áreas impactadas por atividades antrópicas, sendo indicadoras de ambientes eutróficos (Solomon *et al.*, 2024).

As diatomáceas *Achnanthes inflata*, *Achnanthes rupestoides*, *Amphora normanii*, *Eunotia flexuosa*, *Nupella pardinhoensis*, *Nupela wellneri*, *Placoneis abundans*, *Planothidium incuriatum* estiveram presentes no ponto 1, apresentando destaque em dominância. Associadas a ambientes Oligotrófico, ou seja, com baixa disponibilidade de nutrientes (Lobo et al., 2015; Düpont et al., 2015). Estes resultados corroboraram com os já mencionados, reforçando a boa qualidade da água presente no curso superior.

Das 113 espécies de diatomáceas identificadas no estudo, apenas duas foram encontradas em todos os pontos amostrados: *Achnanthes rupestoides* e a *Humildophila Contenta.* Contudo, a diatomácea *Humildophila contenta* foi a com maior quantidade, representando 32 % de todas as diatomáceas encontradas. Esta diatomácea é associada a ambientes com média tolerância a eutrofização (Lobo et al., 2016). As diatomáceas são excelentes bioindicadores da qualidade da água, e a presença ou ausência de determinadas espécies, como a *Humidophila contenta*, pode sinalizar mudanças nas condições ambientais, incluindo poluição e eutrofização (Cochero et al., 2015; Inyang et al., 2023). Compreender a ecologia de *Humidophila contenta* e de outras diatomáceas é essencial para a conservação dos ecossistemas aquáticos e para o desenvolvimento de estratégias de manejo sustentável dos recursos hídricos.

Ao analisarmos a riqueza de espécies, observamos que o ponto 1 apresentou a menor diversidade de diatomáceas ao longo das amostragens, mas com uma maior estabilidade no número de espécies. Isso sugere um ambiente mais estável e homogêneo, preservando as espécies típicas de ambientes oligotróficos. Em contrapartida, os pontos 2 e 3 mostraram-se mais dinâmicos e sensíveis à sazonalidade, indicando que, em determinados períodos do ano, algumas espécies associadas a ambientes oligotróficos não estavam presentes, enquanto espécies mais resistentes a condições eutróficas se mantiveram.

No estudo de Chagas et al., (2017), foi observada uma diminuição da qualidade da água no Rio Ligeirinho, correlacionada com a remoção das matas ciliares, práticas de agropecuária próximas às margens e o lançamento de efluentes urbanos e de animais. Em nosso estudo, realizado cerca de 10 anos após de Chagas et al., (2017), aplicamos análises físicas, químicas microbiológicas, o protocolo de Callisto et al., (2002) e a avaliação de diatomáceas, encontramos um cenário muito semelhante. A faixa ciliar apresentava pouca ou nenhuma

vegetação ripária, a agricultura ocupava o espaço da vegetação nativa, e a qualidade da água do rio continuava em processo de degradação.

A poluição nos ecossistemas aquáticos tem aumentado drasticamente em todo mundo. O rápido desenvolvimento da economia e a crescente urbanização produzem cada vez mais resíduos que vão parar nos corpos hídricos (Guerrero-Jiménez *et al.*, 2024; Liu *et al.*, 2024). A presença de poluentes, como nitrogênio (N) e fósforo (P), em concentrações elevadas favorece o acúmulo excessivo de nutrientes e induz processos de eutrofização em águas doces, comprometendo a qualidade da água e a saúde dos ecossistemas aquáticos (Liu *et al.*, 2024).

5 CONCLUSÃO

Este estudo evidencia a degradação da qualidade da água ao longo do Rio Ligeirinho após o ponto 1, conforme demonstrado pelas análises do ITQA. Sugerindo interferências na qualidade da água ao longo do curso hídrico, com alterações principalmente em parâmetros relacionados à presença de matéria orgânica. Identificamos também que a sazonalidade e a pluviosidade afetam diretamente a qualidade da água no Rio Ligeirinho, com variações nos índices de qualidade (IQA e ITQA) ao longo das estações. Além disso, as diatomáceas, sendo organismos sensíveis às mudanças ambientais, complementaram as análises físico-químicas e microbiológicas, fornecendo indicações claras das condições sazonais e ambientais.

O monitoramento contínuo é necessário para que se possa tomar medidas mitigadoras, assim melhorando a qualidade do rio, especialmente porque ela é destinada ao abastecimento público. Práticas de manejo sustentável das áreas ao entorno do rio, associada a proteção das matas ciliares são medidas importantes para preservar a integridade ecológica do rio, uma vez que ao aplicar o PAR, foi identificada a presença de vegetação ripária degradada, assim como observado em um estudo anterior (Chagas *et al.*, 2017).

Desta forma, com este estudo, os autores contribuem com ações que envolvem o gerenciamento dos recursos hídricos e sua biodiversidade, no sentido de contribuir significativamente para o avanço do conhecimento científico e tecnológico da região, contribuição entendida como um processo contínuo de busca da melhoria da qualidade de vida da população e proteção do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

AGÁPITO, J. P. **Manejo da Gibberella do Trigo e Manifestação do Potencial Toxigênico em Diferentes Sistemas de Cultiv**. [s.l.] Universidade Federal de São Carlo, 2024.

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington, DC: 2012, 2012.

ARUMUGHAM, S. *et al.* Diversity and ecology of freshwater diatoms as pollution indicators from the freshwater Ponds of Kanyakumari district, Tamilnadu. **Energy Nexus**, v. 9, n. March 2022, p. 100164, 2023.

BATE, N.; NEWALL, P. Techniques for the use of diatoms in water quality assessment: how many valves? **Proceedings of the 15th International Diatom Symposium**, v. 15, n. January, p. 153–160, 1998.

BERE, T.; TUNDISI, J. G. Influence of land-use patterns on benthic diatom communities and water quality in the tropical monjolinho hydrological basin, São Carlos-SP, Brazil. **Water SA**, v. 37, n. 1, p. 93–102, 2011.

BRAAK, C. J. F. TER. Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique for Multivariate Analysis. **Ecology**, v. 67, p. 1167–1179, 1986.

BRASIL. **Resolução CONAMA n° 357, de 17 de Março de 2005**. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>. Acesso em: 4 mar. 2024.

CAI, J.; ZHAO, D.; VARIS, O. Match words with deeds: Curbing water risk with the Sustainable Development Goal 6 index. **Journal of Cleaner Production**, v. 318, n. July, p. 128509, 2021.

CALLISTO, M. *et al.* Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 14, n. 1, p. 92–98, 2002.

CASTRO, M. **Como foi nadar no Rio Sena? Atletas do triatlo das Olimpíadas de Paris comentam sobre a água**. Disponível em: <https://www.espn.com.br/futebol/copa-do-brasil/artigo/_/id/14015399/sao-paulo-fica-0-x-0-goias-jogo-marcado-brigas-confusoes-avanca-quartas-copa-brasil>. Acesso em: 8 ago. 2024.

CEM - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **Water quality – guidance for the routine sampling and preparation of benthic diatoms from rivers and lakes. EN 13946.** Brussels, Belgium.: [s.n.].

CETESB; ANA. **Guia NacioNal De coleta e Preservação De amostras**. 2. ed. São Paulo, SP: 2011, 2011.

CHAGAS, F. B. *et al.* Integrated analysis of water quality from two rivers used for public supply in southern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 29, p. 1–11, 2017.

COCHERO, J.; LICURSI, M.; GÓMEZ, N. Changes in the epipelic diatom assemblage in nutrient rich streams due to the variations of simultaneous stressors. **Limnologica**, v. 51, p. 15–23, 2015.

DÜPONT, A. *et al.* WATER QUALITY EVALUATION OF THE COUTO STREAM, SANTA CRUZ DO SUL COUNTY, RS, BRAZIL. **Caderno de Pesquisa série Biologia**, v.

19, n. ISSN: 1677-5600, p. 59–74, 2015.

ENTAAL. Plano Municipal de Saneamento Básico. 2015.

ERECHIM. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental dos Rios Ligeirinho e Leãozinho. 2011.

___. **Localização**. Disponível em: <https://www.pmerechim.rs.gov.br/pagina/155/localizacao>. Acesso em: 5 mar. 2024.

FLACH, K. A. Detecção de Escherichia coli resistente a antibióticos em manancial no noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. 2021.

FOETS, J. *et al.* Autecology of terrestrial diatoms under anthropic disturbance and across climate zones. **Ecological Indicators**, v. 122, n. December 2020, p. 107248, 2021.

FORTES, A. C. C.; BARROCAS, P. R. G.; KLIGERMAN, D. C. Water quality indices: Construction, potential, and limitations. **Ecological Indicators**, v. 157, n. November, 2023.

FRANÇA, A. A. *et al.* Gomphonema Ehrenberg (Bacillariophyta) of pristine streams in the Brazilian Cerrado. **Iheringia - Serie Botanica**, v. 76, 2021.

GLOBO. **Bactéria E. Coli: conheça o germe presente no Rio Sena que foi citado como causa de hospitalização de triatleta**. Disponível em: <https://g1.globo.com/saude/noticia/2024/08/06/bacteria-e-coli-conheca-o-germe-presente-no-rio-sena-que-fez-triatleta-adoecer-e-equipe-desistir-de-prova.ghtml>. Acesso em: 8 ago. 2024.

GUERRERO-JIMÉNEZ, G. *et al.* Resilience of rotifers and cladocerans communities in four reservoirs with eutrophication pollution and lead concentrations in Aguascalientes, Mexico. **Chemosphere**, v. 353, n. February, 2024.

HOLMES, M. *et al.* Can diatoms be used as a biomonitoring tool for surface and groundwater? Towards a baseline for Karoo water. **South African Journal of Botany**, v. 161, p. 211–221, 2023.

IBGE. **Erechim**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/erechim/panorama>. Acesso em: 5 mar. 2024.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 6 jun. 2024.

INYANG, A. I. *et al.* Shifts in species dominance related to spatial assemblages and variation in environmental parameters in a tropical mangrove estuary. **Marine Environmental Research**, v. 191, n. August, p. 106173, 2023.

JIN, X. *et al.* Assessment of water quality using benthic diatom and macroinvertebrate assemblages: A case study in an East China canal. **Water Biology and Security**, v. 3, n. 1, p. 100231, 2024.

KOBAYASI, H.; MAYAMA, S. Most pollution-tolerant diatoms of severely polluted rivers in the vicinity of Tokyo. **Japan Jounal Phycology**, v. 30, p. 188–196, 1982.

KRAMMER, K.; LANGE-BERTALOT, H. Bacillariophyceae: Naviculaceae. *In*: ETTL, H., GERLOFF, I., HEYNIG, H., AND MOLLENHAUER, D. (Ed.). . **Süsswasserflora von Mitteleuropa**. G. Fischer ed. Stuttgart: [s.n.]. p. 876.

___. Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Ephithemiaceae, Surirellaceae. *In*: ETTL, H., GERLOFF, I., HEYNIG, H., AND MOLLENHAUER, D. (Ed.). . **Süsswasserflora von Mitteleuropa**. G. Fischer ed. Stuttgart: [s.n.]. p. 595.

___. Bacillariophyceae: Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. *In*: ETTL, H., GERLOFF, I., HEYNIG, H., AND MOLLENHAUER, D. (Ed.). . **Süsswasserflora von Mitteleuropa**. G. Fischer ed. Stuttgart: [s.n.]. p. 473.

___. Bacillariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. *In*: ETTL, H., GERLOFF, I., HEYNIG, H., AND MOLLENHAUER, D. (Ed.). . **Süsswasserflora von Mitteleuropa**. G. Fischer ed. Stuttgart: [s.n.]. p. 575.

LANGE-BERTALOT, H. 85 Neue Taxa und über 100 weitere neu definierte Taxa ergänzend zur Süßwasserflora von Mitteleuropa. **Bibliotheca Diatomologica**, v. 27, p. 1–454, 1993.

___. **Zur Revision der Gattung Gomphonema: Iconographia Diatomologica**. Koenigstein (Local da editora): Koeltz Scientific Books, Gantner Verlag, 1999.

___. **Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats: Navicula sensu stricto. 10 Genera Separated from Navicula sensu lato. Frustulia**. Königstein: Koeltz Scientific Books, Gantner Verlag, 2001.

LANGE-BERTALOT, H.; METZELTIN, D. **Indicators of Oligotrophy. Ecology-Diversity-Taxonomy: Iconographia Diatomologica**. [s.l.] Koeltz Scientific Books, 1996.

LANGE-BERTALOT, H.; MOSER, G. Brachysira: Monographie der Gattung und Naviculadicta nov. gen. *In*: **Bibliotheca Diatomologica**. [s.l: s.n.]. p. 1–2012.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos da Qualidade e Tratamento de Água**. 4. ed. Campinas: Átomo, 2016.

LIU, L. *et al.* Different macrophytes and eutrophic gradients regulate microbial communities of phytoremediation for eutrophication pollution and carbon reduction. **Journal of Cleaner Production**, v. 473, n. August, p. 143536, 2024.

LOBO, E. A. *et al.* Use of epilithic diatoms as bioindicators from lotic systems in southern Brazil , with special emphasis one utrophication. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 16, n. 1, p. 25–40, 2004.

___. Development of the Trophic Water Quality Index (TWQI) for subtropical temperate Brazilian lotic systems. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, n. 6, 2015.

___. **ÍNDICE TRÓFICO DE QUALIDADE DA ÁGUA**. Santa Cruz do Sul: UNISC, 2016.

LOBO, E. A.; KATOH, K.; ARUGA, Y. Response of epilithic diatom assemblages to water pollution in rivers in the Tokyo Metropolitan area, Japan. **Freshwater Biology**, v. 34, n. 1, p. 191–204, 1995.

LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estruturas de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. **Revista de Biologia Marina**, v. 22, p. 1–29, 1986.

MARKERT, N.; GUHL, B.; FELD, C. K. Water quality deterioration remains a major stressor for macroinvertebrate, diatom and fish communities in German rivers. **Science of the Total Environment**, v. 907, n. September 2023, p. 167994, 2024.

MESSYASZ, B. *et al.* The impact of polyphenols on the structure of diatom communities

inhabiting Cladophora glomerata mats during the vegetation cycle. **Ecological Indicators**, v. 159, n. February, 2024.

METZELTIN, D.; LANGE-BERTALOT, H. Tropische Diatomeen in Südamerika I. *In*: **Iconographia Diatomologica**. [s.l: s.n.]. p. 1–695.

___. Diatoms from the “Island Continent” Madagascar. *In*: **Iconographia Diatomologica**. [s.l: s.n.]. p. 1–286.

___. Tropical diatoms of South America II. Special remarks on biogeographic disjunction. *In*: **Iconographia Diatomologica**. [s.l: s.n.]. p. 1–876.

METZELTIN, D.; LANGE-BERTALOT, H.; GARCÍA-RODRIGUEZ, F. Diatoms of Uruguay. *In*: **Iconographia Diatomologica**. [s.l: s.n.]. p. 1–736.

MORETTO, D. L. *et al.* Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution nº 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 1, p. 29–42, 2012.

MUJTABA, G. *et al.* A holistic approach to embracing the United Nation’s Sustainable Development Goal (SDG-6) towards water security in Pakistan. **Journal of Water Process Engineering**, v. 57, n. December 2023, 2024.

PANTLE, R.; BUCK, H. Die biologisch Oberwachung der Gewässer and die Darstellung der Ergebnisse. **Gas- und Wasserfach**, v. 96, p. 604, 1955.

PIELOU, E. . Shannon’s formula as a measure of specific diversity: its use and misuse. **American Naturalist**, v. 100, p. 463–465, 1966.

PRABAGAR, S.; THURAISINGAM, S.; PRABAGAR, J. Sediment analysis and assessment of water quality in spacial variation using water quality index (NSFWQI) in Moragoda canal in Galle, Sri Lanka. **Waste Management Bulletin**, v. 1, n. 2, p. 15–20, 2023.

ROLIM, G. DE S. *et al.* A method to describe attenuation of river contamination under peak flows: Can the public water supply from Paraopeba River finally return after the Brumadinho dam disaster? **Science of the Total Environment**, v. 949, n. June, 2024.

RUMRICH, U.; LANGE-BERTALOT, H.; RUMRICH, M. Diatomeen der Anden. Von Venezuela bis Patagonien (Feurland). *In*: **Iconographia Diatomologica**. [s.l: s.n.]. p. 1–649.

SALOMONI, S. E. **Diatomáceas Epilíticas Indicadoras Da Qualidade De Água Na Bacia Do Rio Gravataí , Rio Grande Do Sul , Brasil .** [s.l.] Universidade Federal de São Carlos, 2004.

SALOMONI, S. E. *et al.* Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 559, n. 1, p. 233–246, 2006.

___. Application of water quality biological indices using diatoms as bioindicators in the Gravataí river, RS, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 4, p. 949–960, 2011.

SALOMONI, S. E.; TORGAN, L. C. O gênero Surirella Turpin (Surirellaceae, Bacillariophyta) em ambientes aquáticos do Parque Estadual Delta do Jacuí, sul do Brasil. **Iheringia - Serie Botanica**, v. 65, n. 2, p. 281–290, 2010.

SANTOS, E. N. DOS; ANDREOLLA, N.; SALOMONI, S. E. Diatomáceas Epilíticas No Monitoramento Ambiental Na Região Alto Uruguai Bacia Do Rio Teixeira Soares, Rs, Brasil. **10° Siepex**, n. UERGS, p. 1–4, 2019.

SANTOS, M. *et al.* Comunidade de diatomáceas como bioindicador da qualidade da água: uma atividade prática. **CapTar - Ciência e ambiente para todos**, v. 7, n. 1, p. 69–78, 2018.

SCHILLER, A. D. P. *et al.* Bioindicadores De Qualidade De Água Como Ferramenta De Impacto Ambiental De Uma Bacia Hidrográfica. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 165, 2017.

SILVA, F. C. DA. **Diatomáceas (Bacillariophyta) nanoplanctônicas na plataforma continental do Sudeste-Sul do Brasil: taxonomia e distribuição geográfica**. [s.l.] Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2017.

SIMONSEN, R. **Atlas and Catalogue of the Diatom Types of Friedrich Hustedt.** Berlin: J. Cramer, 1987.

SOLOMON, K. J. *et al.* Effects of low-density development on stream biota: Evidence for biotic homogenization from an assemblage perspective. **Ecological Indicators**, v. 168, n. October 2023, p. 112753, 2024.

SPERLING, M. VON. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 1. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.

STAPLETON, A. C.; RONALD, I.; FELDSCHER, K. **Triatletas são hospitalizados após nadarem no rio Sena; Bélgica desiste de prova**. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/esportes/olimpiadas/triatletas-sao-hospitalizados-apos-nadarem-no-rio-sena-belgica-desiste-de-prova/>. Acesso em: 8 ago. 2024.

TEIXEIRA, A. P. *et al.* Diatomáceas bioindicadoras da qualidade dos ambientes aquáticos : uma revisão. **Natureza on line**, v. 16, n. 2, p. 18–25, 2018.

TREMÉA, R. **AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA CIDADE DE ERECHIM-RS**. [s.l.] Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, 2017.

UNITED NATIONS. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**, 2024. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>

VIDAL, T. *et al.* Testing the response of benthic diatom assemblages to common riverine contaminants. **Science of the Total Environment**, v. 755, p. 142534, 2021.

YAN, Z. *et al.* Legume-based crop diversification with optimal nitrogen fertilization benefits subsequent wheat yield and soil quality. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 374, n. July, 2024.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Relatório Índice de Qualidade Da Água (IQA) de Janeiro a Julho de 2023, pelo Software IQAData da UNISC.

IQAData.::. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA

UNISC - Universidade de Santa Cruz do Sul
Dirección:Av. Independência, 2293
Barrio:Universitário
Ciudad:Santa Cruz do Sul — Código postal:96815-900
Sitio:www.unisc.br — Teléfono:(51) 3717-7300
Departamento:Eng. Produção
Contacto:Adilson — E-mail:adilson@unisc.br

Muestras de agua

Local:	LIGEIRINHO 01 JANEIRO	**Fecha:**	18/01/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	42,70
Altitud (m):	773	**Clasificación**	Malo
Local:	LIGEIRINHO 01 FEVEREIRO	**Fecha:**	06/02/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	51,32
Altitud (m):	773	**Clasificación**	Regular
Local:	LIGEIRINHO 01 MARÇO	**Fecha:**	06/03/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	65,66
Altitud (m):	773	**Clasificación**	Regular
Local:	LIGEIRINHO 01 ABRIL	**Fecha:**	04/04/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	56,38
Altitud (m):	773	**Clasificación**	Regular
Local:	LIGEIRINHO 01 MAIO	**Fecha:**	02/05/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	59,22
Altitud (m):	773	**Clasificación**	Regular
Local:	LIGEIRINHO 01 JUNHO	**Fecha:**	06/06/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	65,05
Altitud (m):	773	**Clasificación**	Regular
Local:	LIGEIRINHO 02 JANEIRO	**Fecha:**	18/01/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:30:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	54,27
Altitud (m):	688	**Clasificación**	Regular

Muestras de agua

Local:	LIGEIRINHO 02 FEVEREIRO	**Fecha:**	06/02/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:30:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	55,66
Altitud (m):	688	**Clasificación**	Regular
Local:	LIGEIRINHO 02 MARÇO	**Fecha:**	06/03/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:30:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	71,84
Altitud (m):	688	**Clasificación**	Buena
Local:	LIGEIRINHO 02 ABRIL	**Fecha:**	04/04/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:30:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	61,62
Altitud (m):	688	**Clasificación**	Regular
Local:	LIGEIRINHO 02 MAIO	**Fecha:**	02/05/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:30:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	57,41
Altitud (m):	688	**Clasificación**	Regular
Local:	LIGEIRINHO 02 JUNHO	**Fecha:**	06/06/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:30:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	69,25
Altitud (m):	688	**Clasificación**	Regular
Local:	LIGEIRINHO 03 JANEIRO	**Fecha:**	18/01/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	54,62
Altitud (m):	677	**Clasificación**	Regular
Local:	LIGEIRINHO 03 FEVEREIRO	**Fecha:**	06/02/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	61,78
Altitud (m):	677	**Clasificación**	Regular
Local:	LIGEIRINHO 03 MARÇO	**Fecha:**	06/03/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	64,38
Altitud (m):	677	**Clasificación**	Regular

Muestras de agua

Local:	LIGEIRINHO 03 ABRIL	**Fecha:**	04/04/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	63,33
Altitud (m):	677	**Clasificación**	Regular
Local:	LIGEIRINHO 03 MAIO	**Fecha:**	02/05/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	68,55
Altitud (m):	677	**Clasificación**	Regular
Local:	LIGEIRINHO 03 JUNHO	**Fecha:**	06/06/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	67,63
Altitud (m):	677	**Clasificación**	Regular
Local:	LEÃNZINHO 01 JANEIRO	**Fecha:**	24/01/2023
Corpo Hídrico:	Rio Leãozinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	66,30
Altitud (m):	739	**Clasificación**	Regular
Local:	LEÃNZINHO 01 FEVEREIRO	**Fecha:**	13/02/2023
Corpo Hídrico:	Rio Leãozinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	71,12
Altitud (m):	739	**Clasificación**	Buena
Local:	LEÃNZINHO 01 MARÇO	**Fecha:**	13/03/2023
Corpo Hídrico:	Rio Leãozinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	73,59
Altitud (m):	739	**Clasificación**	Buena
Local:	LEÃNZINHO 01 ABRIL	**Fecha:**	11/04/2023
Corpo Hídrico:	Rio Leãozinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	65,56
Altitud (m):	739	**Clasificación**	Regular
Local:	LEÃNZINHO 01 MAIO	**Fecha:**	09/05/2023
Corpo Hídrico:	Rio Leãozinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	63,18
Altitud (m):	739	**Clasificación**	Regular

Muestras de agua

Local:	LEÃNZINHO 01 JUNHO	**Fecha:**	20/06/2023
Corpo Hídrico:	Rio Leãozinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	70,30
Altitud (m):	739	**Clasificación**	Buena
Local:	LEÃNZINHO 02 FEVEREIRO	**Fecha:**	13/02/2023
Corpo Hídrico:	Rio Leãozinho	**Hora:**	09:30:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	54,91
Altitud (m):	707	**Clasificación**	Regular
Local:	LEÃNZINHO 02 MARÇO	**Fecha:**	13/03/2023
Corpo Hídrico:	Rio Leãozinho	**Hora:**	09:30:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	60,86
Altitud (m):	707	**Clasificación**	Regular
Local:	LEÃNZINHO 02 ABRIL	**Fecha:**	11/04/2023
Corpo Hídrico:	Rio Leãozinho	**Hora:**	09:30:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	66,72
Altitud (m):	707	**Clasificación**	Regular
Local:	LEÃNZINHO 02 MAIO	**Fecha:**	09/05/2023
Corpo Hídrico:	Rio Leãozinho	**Hora:**	09:30:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	57,01
Altitud (m):	707	**Clasificación**	Regular
Local:	LEÃNZINHO 02 JUNHO	**Fecha:**	20/06/2023
Corpo Hídrico:	Rio Leãozinho	**Hora:**	09:30:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	64,42
Altitud (m):	707	**Clasificación**	Regular
Local:	LEÃNZINHO 03 JANEIRO	**Fecha:**	24/01/2023
Corpo Hídrico:	Rio Leãozinho	**Hora:**	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	50,79
Altitud (m):	677	**Clasificación**	Regular
Local:	LEÃNZINHO 03 FEVEREIRO	**Fecha:**	13/02/2023
Corpo Hídrico:	Rio Leãozinho	**Hora:**	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	53,78
Altitud (m):	677	**Clasificación**	Regular

Muestras de agua

Local:	LEÃNZINHO 03 MARÇO	**Fecha:**	13/03/2023
Corpo Hídrico:	Rio Leãozinho	**Hora:**	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	70,89
Altitud (m):	677	**Clasificación**	Buena
Local:	LEÃNZINHO 03 ABRIL	**Fecha:**	11/04/2023
Corpo Hídrico:	Rio Leãozinho	**Hora:**	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	70,57
Altitud (m):	677	**Clasificación**	Buena
Local:	LEÃNZINHO 03 MAIO	**Fecha:**	09/05/2023
Corpo Hídrico:	Rio Leãozinho	**Hora:**	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	67,26
Altitud (m):	677	**Clasificación**	Regular
Local:	LEÃNZINHO 03 JUNHO	**Fecha:**	20/06/2023
Corpo Hídrico:	Rio Leãozinho	**Hora:**	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	69,64
Altitud (m):	677	**Clasificación**	Regular
Local:	BARRAGEM 01 JANEIRO	**Fecha:**	18/01/2023
Corpo Hídrico:	Barragem do Arroio Ligeirinho	**Hora:**	10:30:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	42,89
Altitud (m):	667	**Clasificación**	Malo
Local:	BARRAGEM 01 FEVEREIRO	**Fecha:**	06/02/2023
Corpo Hídrico:	Barragem do Arroio Ligeirinho	**Hora:**	10:30:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	53,33
Altitud (m):	667	**Clasificación**	Regular
Local:	BARRAGEM 01 MARÇO	**Fecha:**	06/03/2023
Corpo Hídrico:	Barragem do Arroio Ligeirinho	**Hora:**	10:30:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	61,84
Altitud (m):	667	**Clasificación**	Regular
Local:	BARRAGEM 01 ABRIL	**Fecha:**	04/04/2023
Corpo Hídrico:	Barragem do Arroio Ligeirinho	**Hora:**	10:30:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	54,38
Altitud (m):	667	**Clasificación**	Regular

Muestras de agua

Local:	BARRAGEM 01 MAIO	**Fecha:**	02/05/2023
Corpo Hídrico:	Barragem do Arroio Ligeirinho	**Hora:**	10:30:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	55,62
Altitud (m):	667	**Clasificación**	Regular
Local:	BARRAGEM 01 JUNHO	**Fecha:**	06/06/2023
Corpo Hídrico:	Barragem do Arroio Ligeirinho	**Hora:**	10:30:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	52,69
Altitud (m):	667	**Clasificación**	Regular
Local:	BARRAGEM 02 JANEIRO	**Fecha:**	24/01/2023
Corpo Hídrico:	Barragem do Arroio Ligeirinho	**Hora:**	11:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	45,27
Altitud (m):	668	**Clasificación**	Malo
Local:	BARRAGEM 02 FEVEREIRO	**Fecha:**	06/02/2023
Corpo Hídrico:	Barragem do Arroio Ligeirinho	**Hora:**	11:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	56,47
Altitud (m):	668	**Clasificación**	Regular
Local:	BARRAGEM 02 MARÇO	**Fecha:**	06/03/2023
Corpo Hídrico:	Barragem do Arroio Ligeirinho	**Hora:**	11:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	59,15
Altitud (m):	668	**Clasificación**	Regular
Local:	BARRAGEM 02 ABRIL	**Fecha:**	04/04/2023
Corpo Hídrico:	Barragem do Arroio Ligeirinho	**Hora:**	11:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	56,52
Altitud (m):	668	**Clasificación**	Regular
Local:	BARRAGEM 02 MAIO	**Fecha:**	02/05/2023
Corpo Hídrico:	Barragem do Arroio Ligeirinho	**Hora:**	11:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	59,85
Altitud (m):	668	**Clasificación**	Regular
Local:	BARRAGEM 02 JUNHO	**Fecha:**	06/06/2023
Corpo Hídrico:	Barragem do Arroio Ligeirinho	**Hora:**	11:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	54,89
Altitud (m):	668	**Clasificación**	Regular

Apêndice B: Oxigênio Dissolvido (OD) encontrado nos pontos amostrais dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no Município de Erechim, RS, de Janeiro a Junho de 2023.

Oxigênio Dissolvido (mg/L)

	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem do Arroio Ligeirinho	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	4,10	5,30	5,20	5,80	6,13	5,63	4,90	4,70
Fevereiro	3,10	5,97	5,40	5,77	6,23	5,73	5,40	4,70
Março	4,23	6,73	6,23	6,43	6,23	6,20	5,27	6,50
Abril	5,40	5,93	6,57	6,27	6,97	6,43	6,33	4,93
Maio	3,80	6,13	5,47	6,47	6,47	6,80	4,97	6,93
Junho	3,73	6,80	6,83	6,93	7,80	7,70	4,87	4,57
Média	4,06	6,14	5,95	6,28	6,64	6,42	5,29	5,39
Desvio padrão	0,76	0,56	0,68	0,44	0,64	0,76	0,55	1,04
Média dos pontos		5,39			6,44		5,34	
Desvio padrão		1,16			0,61		0,80	

Fonte: Autora, 2024.

APÊNDICE C - Resultados dos coliformes termotolerantes dos pontos amostrais dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS, de janeiro a junho de 2023.

Coliformes termotolerantes (NMP)

	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem do Arroio Ligeirinho	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	1600	81	61	24	9,2	>1600	>1600	>1600
Fevereiro	350	>1600	81	21	1600	1600	540	350
Março	23	36	240	33	920	40	72	>1600
Abril	>1600	920	430	240	430	69	1600	920
Maio	110	>1600	31	350	>1600	61	920	1600
Junho	6,8	56	64	56	280	81	540	240
Média	614,97	715,50	151,17	120,67	806,53	575,17	878,67	1051,67
Desvio Padrão	772,80	762,33	155,39	139,99	682,17	793,94	620,07	643,50
Média dos pontos		493,88			500,79		965,17	
Desvio Padrão		646,25			643,41		609,23	

Fonte: Autora, 2024.

APÊNDICE D - Potencial Hidrogeniônico (pH) dos pontos amostrais dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS, de janeiro a junho de 2023.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem do Arroio Ligeirinho	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	7,46	7,71	7,52	7,06	7,00	6,94	7,62	6,03
Fevereiro	6,44	6,29	6,24	6,17	6,14	6,19	6,35	6,03
Março	6,01	6,54	6,57	5,93	6,28	6,27	6,58	6,33
Abril	6,09	6,60	6,26	6,46	6,55	6,24	6,68	5,99
Maio	6,23	6,40	6,61	6,67	6,73	6,33	6,55	6,31
Junho	6,08	6,46	6,54	6,45	6,54	6,57	6,37	6,17
Média	6,39	6,67	6,62	6,46	6,54	6,43	6,69	6,14
Desvio padrão	0,55	0,52	0,47	0,39	0,31	0,29	0,47	0,15
Média dos pontos		6,56			6,47		6,42	
Desvio padrão		0,50			0,32		0,44	

Fonte: Autora, 2024.

APÊNDICE E - Tabela 5 Apêndice A - Resultados da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) dos pontos amostrais dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS, de janeiro a junho de 2023.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg/L)

	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem do Arroio Ligeirinho	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	2,73	4,98	3,51	1,13	3,84	2,49	4,75	4,19
Fevereiro	1,13	3,02	4,22	5,05	5,59	5,94	5,47	3,12
Março	0,50	0,93	0,57	0,00	0,55	1,91	2,09	2,79
Abril	0,94	0,59	2,65	2,00	1,93	1,55	3,15	6,15
Maio	0,40	2,61	2,99	1,64	2,04	3,24	4,03	3,95
Junho	0,00	2,22	4,19	1,41	2,31	2,35	7,29	5,41
Média	0,95	2,39	3,02	1,87	2,71	2,91	4,46	4,27
Desvio padrão	0,96	1,58	1,35	1,70	1,76	1,59	1,83	1,30
Média dos pontos		2,12			2,50		4,36	
Desvio padrão		1,53			1,65		1,52	

Fonte: Autora, 2024.

APÊNDICE F - Resultados do Nitrogênio Total dos pontos amostrais dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS, de janeiro a junho de 2023.

Nitrogênio Total (mg/L)

	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	15,01	15,28	15,12	10,90	11,09	13,03	15,30	14,51
Fevereiro	3,25	2,87	2,76	2,23	3,93	4,32	6,21	5,05
Março	4,07	7,57	5,59	2,46	4,37	4,91	4,31	1,84
Abril	2,56	1,16	1,11	3,38	1,63	2,79	1,75	1,22
Maio	3,12	1,88	1,68	2,72	2,11	2,89	1,51	1,16
Junho	5,18	3,35	2,72	3,48	3,40	2,85	2,24	5,24
Média	5,53	5,35	4,83	4,19	4,42	5,13	5,22	4,84
Desvio padrão	4,73	5,35	5,27	3,32	3,43	3,97	5,25	5,09
Média dos pontos		5,24			4,58		5,03	
Desvio padrão		4,82			3,39		4,93	

Fonte: Autora, 2024.

APÊNDICE G - Resultados de Nitrogênio Amoniacal (NH3-N) dos pontos amostrais dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS, de janeiro a junho de 2023.

Nitrogênio Amoniacal (NH3-N) (mg/L)

	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem do Arroio Ligeirinho	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	13,43	14,11	14,11	8,88	9,44	11,49	14,34	13,54
Fevereiro	1,76	1,98	1,87	0,33	2,53	2,97	5,38	4,72
Março	2,31	6,70	4,72	0,77	2,97	3,51	3,18	1,43
Abril	0,84	0,22	0,18	1,54	0,40	1,28	0,81	0,84
Maio	1,32	1,06	0,81	0,92	0,81	1,32	0,59	0,77
Junho	3,33	2,37	1,66	1,49	2,15	1,26	1,18	4,36
Média	3,83	4,41	3,89	2,32	3,05	3,64	4,25	4,28
Desvio padrão	4,78	5,26	5,24	3,24	3,29	3,97	5,27	4,86
Média dos pontos		4,04			3,00		4,26	
Desvio padrão		4,80			3,35		4,83	

Fonte: Autora, 2024.

APÊNDICE H - Resultados da Nitrato dos pontos amostrais dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS, de janeiro a junho de 2023.

Nitrato (NO_3^-) (mg/L)

	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem do Arroio Ligeirinho	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	1,58	1,17	1,01	2,03	1,64	1,54	0,96	0,97
Fevereiro	1,49	0,89	0,89	1,90	1,40	1,36	0,83	0,33
Março	1,76	0,87	0,87	1,69	1,41	1,40	1,12	0,41
Abril	1,71	0,94	0,93	1,85	1,23	1,51	0,94	0,38
Maio	1,80	0,82	0,88	1,80	1,31	1,57	0,93	0,39
Junho	1,85	0,98	1,06	1,98	1,26	1,59	1,06	0,88
Média	1,70	0,95	0,94	1,87	1,38	1,49	0,97	0,56
Desvio padrão	0,14	0,12	0,08	0,12	0,15	0,09	0,10	0,29
Média dos pontos	1,20			1,58			0,77	
Desvio padrão	0,38			0,25			0,30	

Fonte: Autora, 2024.

APÊNDICE I - Resultados das análises de Fósforo (ortofosfato) dos pontos amostrais dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS, de janeiro a junho de 2023.

Fósforo (ortofosfato) (mg/L)

	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem do Arroio Ligeirinho	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	0,19	0,18	0,18	<0,06	<0,06	<0,06	0,19	<0,06
Fevereiro	0,08	0,07	0,07	<0,06	<0,06	<0,06	0,07	<0,06
Março	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Abril	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Maio	0,07	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Junho	0,08	0,07	0,07	<0,06	<0,06	<0,06	0,07	<0,06
Média	0,09	0,08	0,07	<0,06	<0,06	<0,06	0,08	<0,06
Desvio padrão	0,05	0,05	0,05	0,01	0,01	0,01	0,06	0,02
Média dos pontos	0,08			<0,06			<0,06	
Desvio padrão	0,05			0,01			0,05	

Fonte: Autora, 2024.

APÊNDICE J - Resultados da temperatura dos pontos amostrais dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS, de janeiro a junho de 2023.

Temperatura (°C)

	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem do Arroio Ligeirinho	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	19,80	21,30	22,00	20,00	19,63	22,30	23,40	26,90
Fevereiro	17,60	17,60	18,40	19,90	19,43	20,20	19,50	26,90
Março	18,40	19,43	19,80	20,13	20,00	21,40	20,50	24,23
Abril	17,53	16,10	16,30	18,40	18,10	19,40	17,40	24,63
Maio	18,30	17,20	17,00	16,50	15,40	16,30	17,40	21,20
Junho	17,60	14,00	13,50	13,00	11,80	11,90	14,20	16,80
Média	18,21	17,61	17,83	17,99	17,39	18,58	18,73	23,44
Desvio padrão	0,87	2,55	2,95	2,81	3,22	3,87	3,15	3,88
Média dos pontos		17,88			17,99		21,09	
Desvio padrão		2,18			3,17		4,17	

Fonte: Autora, 2024.

APÊNDICE K - Resultados da turbidez dos pontos amostrais dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS, de janeiro a junho de 2023.

Turbidez (UNT)

	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem do Arroio Ligeirinho	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	2,21	5,00	13,63	9,67	7,90	5,39	21,30	21,57
Fevereiro	4,67	6,33	21,67	2,00	9,00	6,33	23,33	24,67
Março	2,67	6,00	13,67	10,33	5,67	5,33	36,67	16,67
Abril	1,67	5,33	13,33	4,00	4,67	5,67	34,33	10,67
Maio	3,00	4,00	12,67	14,33	14,67	19,00	8,33	7,67
Junho	2,00	5,67	7,67	5,33	13,33	9,67	10,00	6,33
Média	2,70	5,39	13,77	7,61	9,21	8,57	22,33	14,59
Desvio padrão	1,07	0,83	4,50	4,62	4,04	5,37	11,83	7,56
Média dos pontos		7,29			8,46		18,46	
Desvio padrão		5,48			4,47		10,29	

Fonte: Autora, 2024.

APÊNDICE L - Resultados dos sólidos totais dissolvidos (STD) dos pontos amostrais dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS, de janeiro a junho de 2023.

Sólidos totais dissolvidos médio (STD) (mg/L)

	Rio Ligeirinho			Rio Leãozinho			Barragem do Arroio Ligeirinho	
	LI 01	LI 02	LI 03	LE 01	LE 02	LE 03	BA 01	BA 02
Janeiro	45,03	65,00	57,20	59,15	55,25	61,10	63,70	67,60
Fevereiro	60,02	81,90	71,50	80,82	87,53	88,40	92,95	67,60
Março	66,73	91,65	89,70	82,77	80,82	82,37	88,18	68,25
Abril	71,50	92,30	82,33	85,80	78,55	99,67	95,33	85,80
Maio	84,93	102,70	91,00	84,50	74,10	79,95	111,15	164,23
Junho	89,05	99,67	97,07	126,10	107,25	107,90	104,00	176,15
Média	69,54	88,87	81,47	86,52	80,58	86,57	92,55	104,94
Desvio padrão	16,25	13,75	14,77	21,76	17,01	16,37	16,35	51,16
Média dos pontos		79,96			84,56		98,75	
Desvio padrão		16,27			17,65		36,78	

Fonte: Autora, 2024.

APÊNDICE M - Resultados da análise dos metais nos pontos amostrais dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS.

	Parâmetros	*Ag*	*Al*	*As*	*Ba*	*Cd*	*Cr*	*Cu*	*Fe*	*Hg*	*Mn*	*Pb*	*Zn*
Janeiro	LI 01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0288	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0063	0,0098	<LOQ	<LOQ
	LI 02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0209	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0055	0,0233	<LOQ	<LOQ
	LI 03	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0205	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0059	0,0206	<LOQ	<LOQ
	LE 01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0222	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0071	0,0064	<LOQ	<LOQ
	LE 02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0225	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0065	0,0246	<LOQ	<LOQ
	LE 03	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0244	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0066	0,0494	<LOQ	<LOQ
	BA 01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0213	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0070	0,0110	<LOQ	<LOQ
	BA 02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0188	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0066	0,0435	<LOQ	<LOQ
Fevereiro	LI 01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0288	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0063	0,0098	<LOQ	<LOQ
	LI 02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0209	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0055	0,0233	<LOQ	<LOQ
	LI 03	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0205	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0059	0,0206	<LOQ	<LOQ
	LE 01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0222	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0071	0,0064	<LOQ	<LOQ
	LE 02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0225	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0065	0,0246	<LOQ	<LOQ
	LE 03	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0244	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0066	0,0494	<LOQ	<LOQ
	BA 01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0213	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0070	0,0110	<LOQ	<LOQ
	BA 02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0188	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0066	0,0435	<LOQ	<LOQ
Março	LI 01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0346	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0066	0,0729	<LOQ	<LOQ
	LI 02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0237	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0066	0,0400	<LOQ	<LOQ
	LI 03	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0200	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0053	0,0124	<LOQ	<LOQ
	LE 01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0302	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0063	0,0074	<LOQ	<LOQ
	LE 02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0197	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0076	0,0094	<LOQ	<LOQ
	LE 03	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0254	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0066	0,0206	<LOQ	<LOQ
	BA 01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0182	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0074	<LOQ	<LOQ	<LOQ

Abril	BA 02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0155	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0064	0,0075	<LOQ	<LOQ
	LI 01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0350	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0043	0,0266	<LOQ	<LOQ
	LI 02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0232	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0034	0,0235	<LOQ	<LOQ
	LI 03	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0195	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0039	0,0143	<LOQ	<LOQ
	LE 01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0347	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0040	0,0115	<LOQ	<LOQ
	LE 02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0196	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0043	0,0114	<LOQ	<LOQ
	LE 03	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0334	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0038	0,0135	<LOQ	<LOQ
	BA 01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0166	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0032	0,0428	<LOQ	<LOQ
	BA 02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0210	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0043	0,0078	<LOQ	<LOQ
Maio	LI 01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0340	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0041	0,0037	<LOQ	<LOQ
	LI 02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0193	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0045	0,0204	<LOQ	<LOQ
	LI 03	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0195	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0039	0,0154	<LOQ	<LOQ
	LE 01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0310	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0044	0,0093	<LOQ	<LOQ
	LE 02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0193	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0029	0,0090	<LOQ	<LOQ
	LE 03	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0250	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0051	0,0164	<LOQ	<LOQ
	BA 01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0168	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0037	0,0081	<LOQ	<LOQ
	BA 02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0182	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0043	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Junho	LI 01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0339	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0035	0,0164	<LOQ	<LOQ
	LI 02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0203	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0038	0,0304	<LOQ	<LOQ
	LI 03	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0193	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0045	0,0158	<LOQ	<LOQ
	LE 01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0312	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0035	0,0052	<LOQ	<LOQ
	LE 02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0180	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0040	0,0073	<LOQ	<LOQ
	LE 03	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0207	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0039	0,0153	<LOQ	<LOQ
	BA 01	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0196	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0037	0,0129	<LOQ	<LOQ
	BA 02	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0257	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0,0046	0,0002	<LOQ	<LOQ

Legenda: LOQ = limite de quantificação.

Fonte: Autora, 2024.

APÊNDICE N - Resultado dos pontos amostrais dos Rios Ligeirinho, Leãozinho e na Barragem do Arroio Ligeirinho no município de Erechim, RS e valores de referência segundo diferentes legislações.

Parâmetro ± Desvio Padrão Menor valor - Maior valor	Rio Ligeirinho	Rio Leãozinho	Barragem do Arroio Ligeirinho	Portaria GM/MS Nº 888/2021 (Brasil)	Resolução CONAMA N° 357/2005 (Brasil)				EPA Lei de Água Potável Segura (2009/EUA)	Diretiva-Quadro da Água (2020/UE)	Resolução 34/2019 (Argentina)	Diretrizes para Qualidade da Água Potável (2022/WHO)
					Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4				
Temperatura (°C)	17,88 ± 2,18 13,50 - 22,00	17,99 ± 3,17 11,80 - 22,30	21,09 ± 4,17 14,20 - 26,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,39 ± 1,16 3,10 - 6,83	6,44 ± 0,61 5,63 - 7,80	5,34 ± 0,80 4,57 - 6,93	-	Não inferior a 6,00	Não inferior a 5,00	Não inferior a 4,00	Superior a 2,00	-	-	-	-
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	79,96 ± 16,27 45,03 - 102,70	84,56 ± 17,65 55,25 - 126,10	98,75 ± 36,78 63,70 - 176,15	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	-	1500,00	-
pH	6,56 ± 0,50 6,01 - 7,71	6,47 ± 0,32 5,93 - 7,06	6,42 ± 0,44 5,99 - 7,62		6,00 - 9,00	6,00 - 9,00	6,00 - 9,00	6,00 - 9,00	6,50 - 8,50	6,50 - 9,50	6,00 - 9,00	-
Turbidez (UNT)	7,29 ± 5,48 1,67 - 21,67	8,46 ± 4,47 2,00 - 19,00	18,46 ± 10,29 6,33 - 36,67	5,00	40,00	100,00	100,00	-	5,00	1,00	3,00	0,50
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg/L)	2,12 ± 1,53 0,00 - 4,98	2,50 ± 1,65 0,00 - 5,94	4,36 ± 1,52 2,09 - 7,29	-	3,00	5,00	10,00	-	-	-	-	-
Nitrato (mg/L)	1,20 ± 0,38 0,82 - 1,85	1,58 ± 0,25 1,23 - 2,03	0,77 ± 0,30 0,33 -1,12	10,00	10,00	10,00	10,00	-	10,00	50,00	45,00	50,00
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	4,04 ± 4,80 0,18 - 14,11	3,00 ± 3,35 0,33 - 11,49	4,26±4,83 0,59 - 14,34	-	3,7mg/L N, para pH £ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH £ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH £ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5	3,7mg/L N, para pH £ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH £ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH £ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5	13,3 mg/L N, para pH £ 7,5 5,6 mg/L N, para 7,5 < pH £ 8,0 2,2 mg/L N, para 8,0 < pH £ 8,5 1,0 mg/L N, para pH > 8,5	-	-	-	-	-
Nitrogênio Total (mg/L)	5,24 ± 4,82 1,11 - 15,28	4,58 ± 3,39 1,63 - 13,03	5,03 ± 4,93 1,16 - 15,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fósforo (ortofosfato) (mg/L)	0,08 ± 0,05 <0,06 - 0,19	<0,06 ± 0,01 <0,06	<0,06 ± 0,05 <0,06 - 0,19	-	0,10	0,10	0,15	-	-	-	-	-

Coliformes Termotolerantes (NMP)	493,88 ± 646,25 6,80 - >1600	500,79 ± 643,41 9,2 - >1600	965,17 ± 609,23 72 - >1600	Ausência em 100 mL	Até 200 por 100 mL	Até 1000 por 100 mL	Até 4000 por 100 mL	-	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
Prata (mg/L)	< 0,0013	< 0,0013	< 0,0013	-	0,0100	0,0100	0,0500	-	0,1000	-	0,0500	0,1000
Alumínio (mg/L)	< 0,0094	< 0,0094	< 0,0094	0,2000	0,1000	0,1000	0,2000	-	0,0500 a 0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
Arsênio (mg/L)	< 0,0014	< 0,0014	< 0,0014	0,0100	0,0100	0,0100	0,0330	-	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100
Bário (mg/L)	0,0246±0,0061 0,0193 - 0,0350	0,0248 ± 0,0052 0,0180 - 0,0347	0,0193 ± 0,0027 0,0155 -0,0257	0,7000	0,7000	0,7000	1,0000	-	2,0000	-	-	1,3000
Cádmio (mg/L)	< 0,0008	< 0,0008	< 0,0008	0,0030	0,0010	0,0010	0,0100	-	0,0050	0,0050	0,0050	0,0030
Cromo (mg/L)	< 0,0012	< 0,0012	< 0,0012	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	-	0,1000	0,0500 até 2036 após 0,0250	0,0500	0,0500
Cobre (mg/L)	< 0,0009	< 0,0009	< 0,0009	2,0000	0,0090	0,0090	0,0130	-	1,3000	2,0000	1,0000	2,0000
Ferro (mg/L)	< 0,0011	< 0,0011	< 0,0011	0,3000	0,3000	0,3000	5,0000	-	0,3000	0,2000	0,3000	0,3000
Mercúrio (mg/L)	0,0050 ± 0,0011 0,0034 - 0,0066	0,0054 ± 0,0015 0,0029 - 0,0076	0,0054 ± 0,0016 0,0032 - 0,0074	0,0010	0,0002	0,0002	0,0020	-	0,0020	0,0010	0,0010	0,0060
Manganês (mg/L)	0,0266 ± 0,0192 0,0037 - 0,0745	0,0152 ± 0,0112 0,0036 - 0,0494	0,0168 ± 0,0153 <0,0009 - 0,0435	0,1000	0,1000	0,1000	0,5000	-	0,0500	0,0500	0,1000	0,0800
Chumbo (mg/L)	< 0,0029	< 0,0029	< 0,0029	0,0100	0,0100	0,0100	0,0330	-	0,0150	0,0100	0,0500	0,0100
Zinco (mg/L)	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	5,0000	0,1800	0,1800	5,0000	-	5,0000	-	5,0000	3,0000

Fonte: Elaborado pela autora (AOAC, 2000; APHA et al. 2012; Argentina, 2019; Brasil, 2005, 2021; European Union, 2020; WHO, 2022).

APÊNDICE O – Relatório Índice de Qualidade da Água (IQA) do Rio Ligeirinho na primavera 2023, verão, outono e inverno de 2024, pelo software IQAData da UNISC.

IQAData.::. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA

UNISC - Universidade de Santa Cruz do Sul
Dirección:Av. Independência, 2293
Barrio:Universitário
Ciudad:Santa Cruz do Sul
Código postal:96815-900
Sitio:www.unisc.br
Teléfono:(51) 3717-7300
Departamento:Eng. Produção
Contacto:Adilson
E-mail:adilson@unisc.br

Muestras de agua

Local:	P1SP	**Fecha:**	22/11/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	64,87
Altitud (m):	773	**Clasificación**	Regular
Local:	P2SP	**Fecha:**	22/11/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	60,26
Altitud (m):	688	**Clasificación**	Regular
Local:	P3SP	**Fecha:**	22/11/2023
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	70,59
Altitud (m):	677	**Clasificación**	Buena
Local:	P1SU	**Fecha:**	11/03/2024
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	70,91
Altitud (m):	773	**Clasificación**	Buena
Local:	P2SU	**Fecha:**	11/03/2024
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	62,58
Altitud (m):	688	**Clasificación**	Regular
Local:	P3SU	**Fecha:**	11/03/2024
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	62,79
Altitud (m):	677	**Clasificación**	Regular
Local:	P1AUT	**Fecha:**	07/05/2024
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	60,77
Altitud (m):	773	**Clasificación**	Regular

Muestras de agua

Local:	P2AUT	**Fecha:**	07/05/2024
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	65,09
Altitud (m):	688	**Clasificación**	Regular

Local:	P3AUT	**Fecha:**	07/05/2024
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	63,38
Altitud (m):	677	**Clasificación**	Regular

Local:	P1WIN	**Fecha:**	02/07/2024
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	51,61
Altitud (m):	773	**Clasificación**	Regular

Local:	P2WIN	**Fecha:**	02/07/2024
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	09:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	56,75
Altitud (m):	688	**Clasificación**	Regular

Local:	P3WIN	**Fecha:**	02/07/2024
Corpo Hídrico:	Rio Ligeirinho	**Hora:**	10:00:00
Bacia Hidrográfica:	Bacia hidrográfica do rio Apuaê-Inhandava	**ICA:**	UNISC
Ciudad:	ERECHIM	**Resultados:**	54,72
Altitud (m):	677	**Clasificación**	Regular

APÊNDICE P - Resultados das espécies de diatomáceas (valvas/cm^2) e valor trófico das análises do Rio Ligeirinho município de Erechim, RS, na primavera de 2023, verão, outono e inverno de 2024.

Rio Ligeirinho, Erechim, RS	valvas/cm2	VT	P1Sp	P2Sp	P3Sp	P1Su	P2Su	P3Su	P1Aut	P2Aut	P3Aut	P1win	P2win	P3win
Achnathes exigum var. heterovalva	acex	4	94	182	0	361	0	127	0	0	0	2202	10501	35
Achnanthes inflata	acin	1	659	0	0	2003	27	0	1271	0	0	16697	0	18
Achnanthes rupestoides	acru	1	4802	363	106	2397	245	2420	508	190	90	8807	7237	318
Achnanthidium minutissimum	acmi	2,5	659	91	2108	197	82	127	203	0	90	183	710	248
Amphora normanii	amno	1	1789	0	316	1051	0	0	254	142	0	367	0	0
Aulacoseira granulata	augr	2,5	0	91	105	0	82	0	0	142	90	0	0	195
Discostella stelligera	dist	2,5	0	273	105	0	0	382	0	0	0	0	284	283
Eolimna minima	eomi	2,5	847	4270	1686	952	109	127	0	0	179	0	12913	71
Eunotia flexuosa	eufl	1	282	0	0	887	0	0	51	0	0	183	0	0
Eunotia aff. soleirolli	eusol	2,5	0	0	17388	197	109	0	51	0	0	1284	284	0
Frustulia crasinervia	frucra	2,5	0	0	422	0	272	0	0	0	0	0	710	18
Gomphonema lagenula	golag	4	282	545	3688	66	735	127	0	0	90	0	7095	336
Humildophila contenta	humco	2,5	5932	25804	8957	591	844	68913	13366	18585	33040	2936	568	2370
Lemnicola hungarica	lemhu	2,5	0	0	2213	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Luticula goeppertiana	lugoe	2,5	0	636	1265	0	953	0	407	95	179	0	284	0
Navicula cincta	naci	2,5	0	0	0	0	626	0	0	0	0	0	284	0
Navicula cryptocephala	nacryce	2,5	0	363	422	0	408	127	0	0	269	0	710	460
Navicula cryptotenella	nacryla	2,5	188	273	211	33	408	0	0	0	90	0	993	106
Navicula radiosa	nara	2,5	0	0	0	0	436	0	0	0	90	0	0	0
Navicula rostellata	naro	2,5	0	182	211	99	1552	0	0	95	90	0	0	71
Navigeia aikenensis	naviaik	4	0	0	0	0	1851	0	0	0	0	0	13764	71
Nitzschia linearis	nili	2,5	0	0	0	0	163	0	0	0	179	0	426	159
Nitzschia palea	nipa	4	0	1454	2213	33	681	255	51	47	90	0	2129	814
Nupella pardinhoensis	nupa	1	17137	0	1370	887	0	127	3456	190	0	6055	0	0
Nupela wellneri	nuwe	1	2165	91	0	1510	0	0	1474	0	0	71190	1419	88
Pinnularia microstauron	pimi	2,5	0	0	0	0	299	0	0	0	358	0	0	18

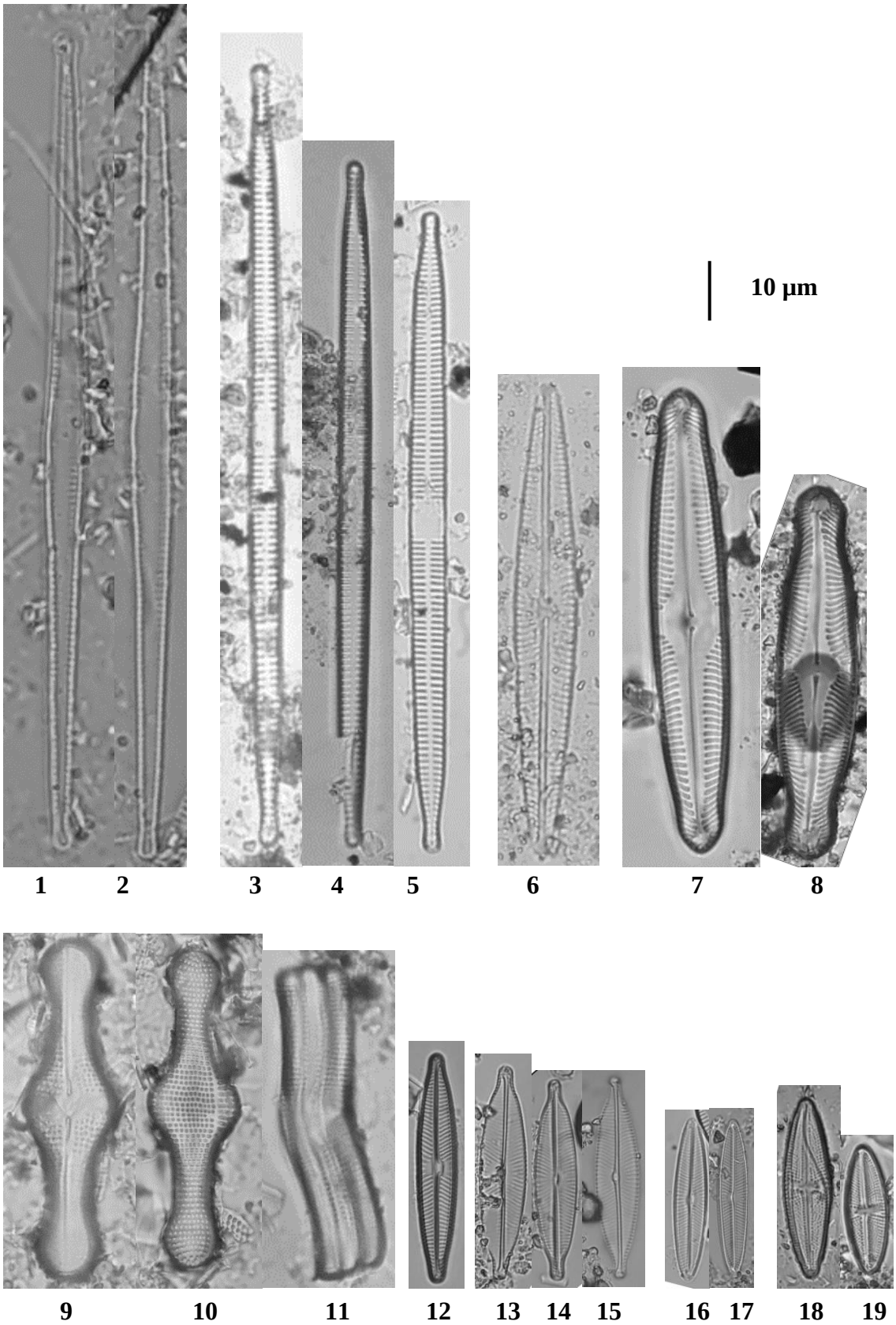
Placoneis abundans	placa	1	188	0	0	0	27	0	356	0	0	13027	0	0
Planothidium incuriatum	plain	1	2448	91	527	7355	191	255	1271	47	0	13394	10217	35
Staurosira cf. pinnata	stapi	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11494	177
Ulnaria ulna	ulul	1	0	0	211	131	708	127	51	0	0	3303	0	177
Total indivíduos			40300	37525	50583	19602	13476	73753	23479	20434	36443	153022	91526	7111

Amarelo: espécies abundantes

Vermelho: espécies dominantes

Fonte: Autora, 2024.

APÊNDICE Q – Prancha 1



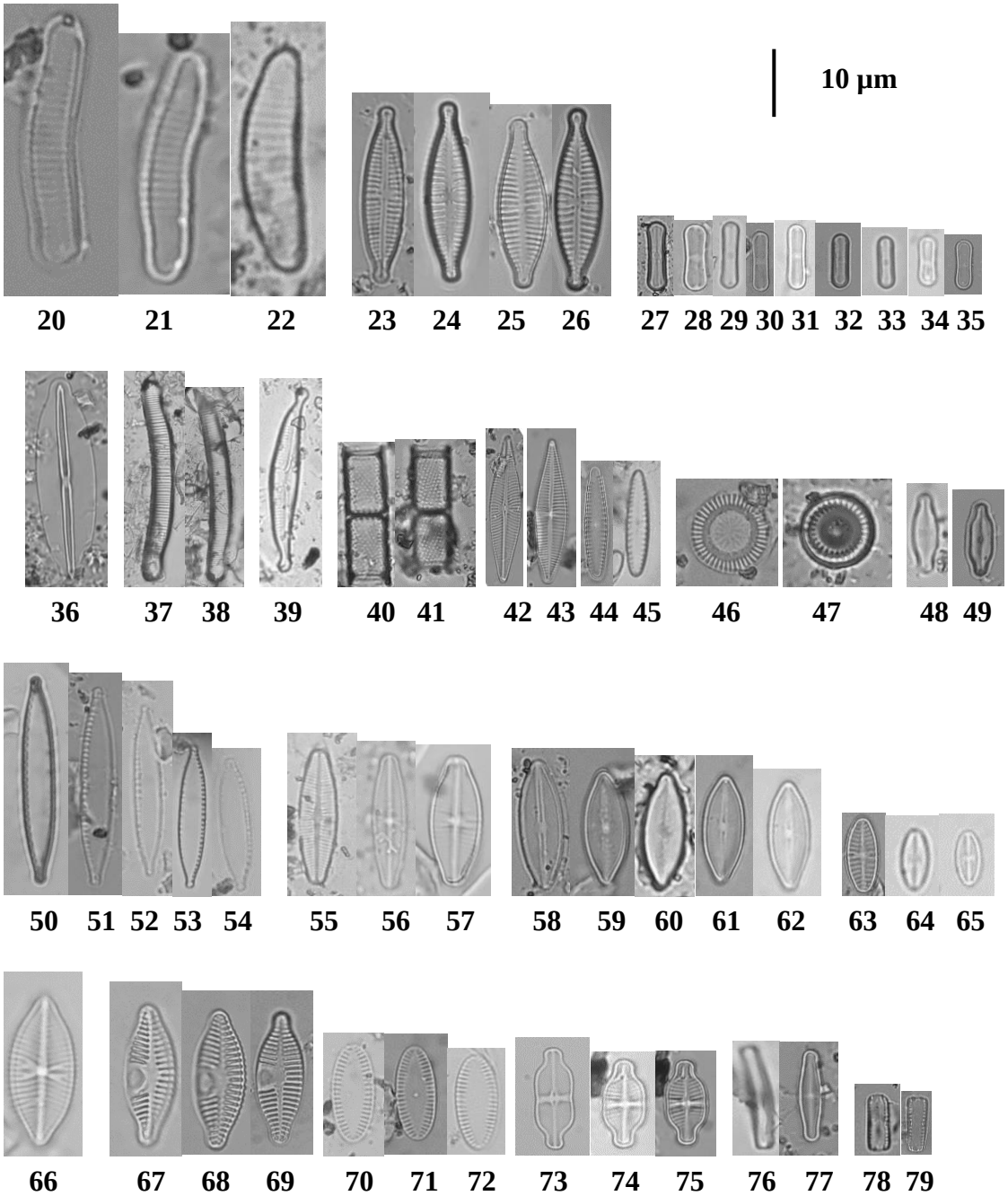


Fig 1-2: *Nitzschia linearis,* **Fig 3-5:** *Ulnaria ulna,* **Fig 6:** *Navicula radiosa*, **Fig 7-8:** *Pinnularia microstauron,* **Fig 9-11:** *Achnanthes inflata,* **Fig 12:** *Navicula cryptotenella,* **Fig 13-15:** Navicula rostellata, **Fig 16-17:** *Lemnicola hungárica,* **Fig 18-19:** Luticula goeppertiana, **Fig 20-22:** *Eunotia aff. Soleirolli,* **Fig 23-26:** *Gomphonema lagenula,* **Fig 27-35:** *Humidophila contenta,* **Fig 36:** *Frustulia crasinervia,* **Fig 37-38:** *Eunotia flexuosa,* **Fig 39:** *Amphora normanii,* **Fig 40-41:** *Aulacoseira granulata,* **Fig 42-43:** *Navicula cryptocephala,* **Fig: 44-45:** *Navicula cincta,* **Fig 46-47:** *Discostella stelligera,* **Fig 48-49:** *Nupela wellneri*, **Fig 50-54:** *Nitzschia palea,* **Fig 55-57:** *Navigeia aikenensis*, **Fig 58-62:** *Nupela pardinhoensis*, **Fig 63-65:** *Eolimna mínima*, **Fig 66:** *Placoneis abundans*, **Fig 67-69:** *Planothidium incuriatum*, **Fig 70-72:** *Achnanthes rupestoides,* **Fig 73-75:** *Achnathes exigum var. heterovalva,* **Fig 76-77:** *Achnanthidium minutissimum,* **Fig 78-79:** *Staurosira cf. pinnata.*

APÊNDICE R – Resultados do Coeficiente de Correlação de Pearson (r) das variáveis físicas, químicas e microbiológicas dos pontos amostrais do Rio Ligeirinho município de Erechim, RS, na primavera de 2023, verão, outono e inverno de 2024.

Coeficiente de Correlação de Pearson (r)															
	Temp	DO	SPC	EC	Res	TDS	Sal	pH	Turb	BOD	Nit	NA	TN	TF	TTC
Temp		0,18888	0,96287	0,71638	0,7144	0,96605	0,98983	0,012237	0,63103	0,37836	0,88302	0,020463	0,006201	0,86382	0,022569
DO	-0,40723		0,64644	0,53228	0,53482	0,64572	0,6572	0,94765	0,033743	0,001187	0,28275	0,46019	0,57199	0,081344	0,051541
SPC	-0,01509	-0,1479		4,22E-06	4,57E-06	1,26E-16	4,94E-13	0,37067	0,81148	0,56596	0,52663	0,84656	0,91619	0,21526	0,91048
EC	0,11738	-0,20041	0,99115		9,03E-21	3,73E-06	2,17E-06	0,56032	0,76618	0,49988	0,55358	0,64147	0,8408	0,21241	0,71582
Res	-0,11823	0,1992	-0,991	-0,99999		3,99E-06	2,26E-06	0,56284	0,76481	0,50373	0,56021	0,63833	0,83645	0,21548	0,71862
TDS	-0,0138	-0,14822	0,99993	0,99136	-0,99125		1,10E-12	0,37794	0,81735	0,57535	0,53594	0,84162	0,92294	0,21723	0,91845
Sal	-0,00413	-0,14314	0,99964	0,99225	-0,99219	0,99957		0,37324	0,79446	0,56595	0,55463	0,81531	0,94936	0,22908	0,92189
pH	0,6943	0,021284	-0,28419	-0,18713	0,18595	-0,28007	-0,28273		0,24078	0,36141	0,29568	0,047474	0,01114	0,34337	0,2127
Turb	0,15477	0,61383	0,077214	0,09619	-0,09677	0,074775	0,084313	0,36687		0,048142	0,6961	0,13548	0,26625	0,28848	0,62084
BOD	-0,27984	0,8167	-0,18449	-0,21613	0,21424	-0,18012	-0,1845	0,28949	0,57982		0,30001	0,56514	0,67963	0,11926	0,093496
Nit	-0,04768	-0,33788	0,20312	0,1903	-0,18718	0,19866	0,1898	-0,32946	-0,12613	-0,32669		0,71492	0,31527	0,000149	0,11974
NA	-0,65626	-0,23603	-0,06268	-0,15011	0,15151	-0,06472	-0,07562	-0,58122	-0,45679	-0,18487	0,11801		4,27E-02	0,972	0,36825
TN	-0,73741	-0,18168	0,034107	-0,06506	0,066855	0,031354	0,020587	-0,7007	-0,34896	-0,13329	0,31708	0,9431		0,57758	0,32646
TF	0,055564	-0,52254	0,38597	0,38819	-0,3858	0,38445	0,37547	-0,30004	-0,33412	-0,4743	0,88169	-0,01138	0,17909		0,073383
TTC	-0,64841	0,57288	-0,03644	-0,11762	0,11642	-0,03319	-0,03178	-0,38797	0,15934	0,50568	-0,47377	0,28557	0,3102	-0,53453	

Onde: Temp = Temperatura, DO = Oxigênio dissolvido, SPC = Condutividade específica, EC = Condutividade elétrica, Res = Resistividade, TDS = Sólidos totais dissolvidos, Sal = Salinidade, pH = potencial Hidrogeniônico, Turb = Turbidez, DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nit = Nitrato, AN = Nitrogênio Amoniacal, TN = Nitrogênio Total, TF = Fósforo Total e TTC = coliformes termotolerantes.

Fonte: Autora, 2024.

APÊNDICE S – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas dos pontos amostrais do Rio Ligeirinho município de Erechim, RS, na primavera de 2023, verão, outono e inverno de 2024.

	P1Sp	P2Sp	P3Sp	P1Su	P2Su	P3Su	P1aut	P2aut	P3aut	P1win	P2win	P3win
Temperatura (°C)	18,70	20,10	20,20	18,60	20,10	20,10	18,80	19,60	19,10	18,00	13,00	11,60
Oxigênio dissolvido (mg/l)	4,37	6,20	6,00	4,80	6,03	6,67	3,60	6,07	5,90	3,60	7,37	7,70
Condutividade específica (SPC) (mS/-cm)	0,32	0,29	0,27	0,31	0,51	0,64	0,99	0,98	1,02	0,69	0,52	0,50
Condutividade elétrica (mS/-cm)	284,20	261,73	242,50	271,40	463,00	582,67	869,00	874,67	905,00	600,00	399,73	371,73
Resistividade (Ω-cm)	3518,90	3820,36	4120,81	3684,53	2160,30	1702,66	1150,60	1143,29	1104,74	1666,42	2501,39	2689,83
Sólidos totais dissolvidos (TDS) (mg/l)	210,17	187,85	173,55	200,86	332,15	420,33	641,33	637,00	663,00	448,50	337,13	324,57
Salinidade (ppt)	0,15	0,14	0,13	0,15	0,25	0,32	0,48	0,48	0,50	0,34	0,25	0,24
potencial Hidrogeniônico	7,05	6,88	6,88	6,40	6,86	6,84	6,57	6,63	6,66	6,14	6,12	6,28
Turbidez (Unt)	1,33	92,67	28,33	0,33	17,00	14,00	2,33	27,33	23,00	2,00	7,33	8,67
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg/l)	3,80	3,70	3,28	1,76	2,72	4,83	1,48	3,47	3,26	1,79	3,84	4,64
Nitrato (mg/l)	1,61	1,69	1,45	1,65	1,23	1,13	1,64	1,94	1,73	1,74	1,65	1,44
Nitrogênio Amoniacal (mg/l)	2,02	0,11	1,57	0,41	0,34	0,15	2,20	0,30	0,11	6,27	4,44	6,61
Nitrogênio Total (mg/l)	3,623	1,806	3,015	2,060	1,563	1,284	3,845	2,237	1,841	8,012	6,088	8,046
Fósforo Total (mg/l)	0,04	0,04	0,02	0,05	0,02	0,02	0,05	0,06	0,05	0,05	0,03	0,03
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	32	54	15	13	350	350	6,8	12	31	140	1600	920

Fonte: Autora, 2024.

APÊNDICE T – Síntese dos resultados do CCA a partir das variáveis físicas, químicas e microbiológicas e abundância relativa de diatomáceas.

Axis	*1*	*2*	*3*
Eigenvalue	0,72865	0,56968	0,42445
%	33,05	25,84	19,25

Fonte: Autora, 2024.

APÊNDICE U - Coeficientes da correlação canônica dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos com eixos 1, 2 e 3 da ordenação (CCA).

Parâmetros	*Axis 1*	*Axis 2*	*Axis 3*
Temperatura	0,201585	-0,48361	0,252261
Oxigenio Dissolvido	0,566425	0,526946	-0,11453
Solidos Totais Dissolvidos	0,271334	-0,42656	-0,46387
pH	0,50746	-0,25321	0,3014
Turbidez	0,797417	0,11453	0,083003
DBO	0,55732	0,197382	-0,05438
Nitrogênio Total	-0,54702	0,22214	0,084734
Fósforo Total	-0,21459	-0,57915	-0,34298
Coliformes Termotolerantes	-0,08198	0,551901	-0,37419

Fonte: Autora, 2024.

APÊNDICE V – Resultados do protocolo de avaliação rápida proposto por Callisto et al. (2002) aplicado no Rio Ligeirinho, Erechim-RS.

Parâmetro	*P1*	*P2*	*P3*
1	4	2	4
2	2	2	2
3	4	4	4
4	2	4	4
5	4	4	4
6	4	4	4
7	4	2	2
8	4	4	4
9	4	4	4
10	2	4	4
11	3	3	5
12	5	5	5
13	5	5	5
14	5	3	5
15	3	5	5
16	5	5	5
17	3	5	3
18	5	5	3
19	5	2	2
20	5	3	2
21	5	0	2
22	5	2	3
Pontuação Final	88	77	81
Resultado	Natural	Natural	Natural

Fonte: Autora, 2024.

ANEXOS

ANEXO A

Quadro 1: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de *Habitats* para trechos de bacias hidrográficas adaptado de Callisto *et al.* (2002), modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987). (Obs.: 4 pontos (situação natural), 2 e 0 pontos (situações leve ou severamente alteradas). Este protocolo avalia um conjunto de parâmetros em categorias descritas e pontuadas de 0 a 4 e de 0 a 5. A pontuação é atribuída a cada parâmetro com base na observação das condições do hábitat. O valor final do protocolo de avaliação é obtido a partir do somatório dos valores atribuídos a cada parâmetro independentemente (CALLISTO *et al*., 2001). O protocolo apresenta o nível de conservação das condições ecológicas de bacias hidrográficas, determinando locais "impactados" (pontos: 0 a 40), "alterados" (pontos: 41 a 60) e "naturais" (pontos: acima de 61) (KRUPEK, 2010).

	PARÂMETRO	**4**	**2**	**0**
1	*Tipo de ocupação das margens do corpo d'agua (principal atividade)*	Vegetação natural	Campo de pastagem/ Agricultura/ Monocultura/ Reflorestamento	Residencial/ Comercial/ Industrial
2	*Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito*	Ausente	Moderada	Acentuada
3	*Alterações antrópicas*	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	Alterações de origem industrial/ urbana
4	*Cobertura vegetal no leito*	Parcial	Total	Ausente
5	*Odor da água*	Nenhum	Total	Ausente
6	*Oleosidade da água*	Ausente	Moderada	Abundante
7	*Transparência da água*	Transparente	Turva/cor de chá forte	Opaca ou colorida
8	*Odor do sedimento*	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/ Industrial
9	*Oleosidade do fundo*	Ausente	Moderado	Abundante
10	*Tipo de fundo*	Pedras/cascalho	Lama/areia	Cimento/canalizado

	PARÂMETRO	5	3	2	0
11	*Tipos de fundo*	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a Manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidade de habitats insuficiente; substratos frequentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
12	*Extensão de rápidos*	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio.	Rápidos com a largura igual à do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Rápidos ou corredeiras inexistentes.
13	*Frequência de rápidos*	Rápidos relativamente frequentes; distância rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	Rápidos não frequentes; distâncias entre rápidos dividida pela largura entre 7 e 15.	Rápidos ou corredeiras ocasionais; habitats formados pelo contorno fundo; distância entre rápidos dividida pela largura entre 15 e 25.	Geralmente com lâmina d'água "lisa"ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
14	*Tipos de substrato*	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes)	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes.	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.
15	*Deposição de lama*	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
16	*Depósitos sedimentares*	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos.	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos.	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 a 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido à significativa deposição de sedimentos.
17	*Alterações no canal do rio*	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes; evidência de modificações há mais de 20 anos.	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	Margens modificadas; acima de 80% do rio modificado.
18	*Características do fluxo das águas*	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.
19	*Presença de mata ciliar*	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de deflorestamento; todas	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; deflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; deflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas	Menos de 50% da mata ciliar nativa; deflorestamento muito acentuada.

		as plantas atingindo a altura “normal”.	plantas atingindo a altura “normal”.	atingindo a altura “normal”.	
20	*Estabilidade das margens*	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão freqüentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; freqüentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
21	*Extensão de mata ciliar*	Largura da vegetação ripária maior que 18 m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18 m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12 m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6 m; vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica.
22	*Presença de plantas aquáticas*	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídos no rio, substrato com perifiton.	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p.ex. aguapé).

Fonte: CALLISTO *et al., 2002.*