

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
AMBIENTAL

Darlan Weber da Silva

PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA E ÍNDICE TRÓFICO EM  
MICRO BACIA DE ABASTECIMENTO HÍDRICO NO NOROESTE DO RIO  
GRANDE DO SUL

Frederico Westphalen, RS  
2022

Darlan Weber da Silva

PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA E ÍNDICE TRÓFICO EM MICRO BACIA  
DE ABASTECIMENTO HÍDRICO NO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) campus Frederico Westphalen, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Dr. Genesio Mario da Rosa

Frederico Westphalen, RS  
2022

Weber da Silva, Darlan

PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA E ÍNDICE TRÓFICO EM  
MICRO BACIA DE ABASTECIMENTO HÍDRICO NO NOROESTE DO RIO  
GRANDE DO SUL / Darlan Weber da Silva.- 2022.

64 p.; 30 cm

Orientador: Genesio Mario da Rosa

Coorientador: Arci Dirceu Wastowski

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Campus de Frederico Westphalen, Programa de Pós  
Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, RS, 2022

1. Monitoramento Ambiental 2. Qualidade da água 3.  
Índice de Estado Trófico I. Mario da Rosa, Genesio II.  
Dirceu Wastowski , Arci III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.


Declaro, DARLAN WEBER DA SILVA, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

**Darlan Weber da Silva**

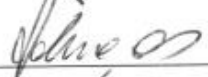
**PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA E ÍNDICE TRÓFICO EM MICRO  
BACIA DE ABASTECIMENTO HÍDRICO NO NOROESTE DO RIO GRANDE  
DO SUL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Curso de Pós-Graduação em Ciência e  
Tecnologia Ambiental, da Universidade  
Federal de Santa Maria (UFSM, RS), *campus*  
Frederico Westphalen, como requisito para a  
obtenção do título de **Mestre em Ciência e  
Tecnologia Ambiental**.

Aprovado em 5 de agosto de 2022:

  
\_\_\_\_\_  
Genesis Mario da Rosa, Dr. (UFSM)  
(Presidente/Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Jefferson Alves da Costa Junior, Dr. (UFSM)

  
\_\_\_\_\_  
Angela Maria Mendonça, Dr. (Iniciativa Privada)

Frederico Westphalen, RS  
2022

## DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação aos meus pais, minha irmã, minha noiva e meu orientador, por saberem a importância do estudo e sempre me apoiarem ao longo de minha jornada acadêmica.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, meu agradecimento a Deus, por me guiar durante toda minha jornada, não somente nessa etapa do mestrado, mas como estudante e pessoa, sempre me dando saúde e força para buscar meus objetivos.

A minha família, em especial a minha mãe Lucinete, pai Claudemir e irmã Andressa, por sempre me apoiarem e lutarem junto comigo na busca da concretização dos meus sonhos. Serei sempre grato a vocês, não podendo medir em palavras o amor e admiração que sinto. A minha noiva, Karin, por sempre estar ao meu lado, me apoiando, auxiliando e incentivando durante mais essa caminhada. Vocês, desde sempre, acreditaram que o estudo é a base principal que sustenta e dignifica a formação seja como profissional ou como ser humano. Vocês me mostraram a ser forte e a não desanimar perante os obstáculos que a vida impôs. Meu agradecimento por estarem sempre comigo!

Ao meu professor orientador Dr. Genesio Mario da Rosa, por acreditar no meu trabalho, não medindo esforços para auxiliar no que fosse preciso acerca da pesquisa e demais atividades acadêmicas. Além disso, por ser acima de tudo, um grande amigo, uma grande pessoa. Por sempre que possível fosse me recepcionar na sua residência, oferecendo estadia durante dos dias de atividades acadêmicas. Serei sempre grato a todas as palavras e conselhos, agradeço por todos os grandes e valiosos conhecimentos de ti adquiridos.

À profa. Dr. Hilda Hilda Brand Soriani, por participar desta etapa, sempre trazendo seu conhecimento e conselho de grande valia, enriquecendo ainda mais a pesquisa.

Aos colegas de laboratório Kauane, Deisy e Ubiratan por todo auxílio prestado durante as pesquisas e trabalhos no laboratório, análises de dados, pelas idas a campo, e demais atividades desenvolvidas durante este período, sempre compartilhando experiências e conhecimentos. Esta amizade levarei para sempre com muito carinho e gratidão.

À Universidade Federal de Santa Maria campus Frederico Westphalen – RS, sempre disposta em formar profissionais capacitados, oferecendo espaços para estudo, pesquisa, estrutura, instrumentos além de grandes professores e funcionários, relevando a valorização da universidade pública, sempre disposta em formar, além de excelentes profissionais em suas determinadas áreas, mas também seres humanos éticos.

A todos, que de alguma ou outra forma estiveram presente durante esta etapa, na busca pelo título de mestrado. Todos foram essenciais para que eu pudesse estar aqui finalizando esta etapa. Minha gratidão por tudo!

## RESUMO

### PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA E ÍNDICE TRÓFICO EM CINCO MICRO BACIAS CONTRIBUINTE DO LAJEADO DO PARDO NO MUNICÍPIO DE FREDERICO WESTPHALEN - RIO GRANDE DO SUL

AUTOR: Darlan Weber da Silva

ORIENTADOR: Genesio Mario da Rosa

Caracterizada como um elemento vital à vida, a água desempenha papel importante na manutenção da qualidade de vida de todas as espécies, seja humana ou animal, bem como para a manutenção da vida no meio ambiente. É desse modo que a busca pela água potável e de qualidade torna-se tão importante, visto que este bem vital é encontrado em apenas 2,5% de toda água disponível no planeta, onde dentro disso, grande parte fica inacessível para o consumo. Ao mesmo tempo, a demanda de água cresce consideravelmente a cada ano, e juntamente a isso cresce a preocupação com a preservação das fontes hídricas como rios e riachos, pois desses são os principais pontos de captação de água, seja para populações urbanas ou rurais. Ao tratar-se do crescimento e avanço populacional sobre as fontes hídricas, outra situação nos é apresentada. A perda de qualidade de água devido ao avanço de comunidades, desencadeiam por consequência a proliferação de microrganismos e demais patologias hídricas. Estas fontes devem ser alvo direto de ações de monitoramento e vigilância, culminando com atividades de coleta e análise e educação ao longo destas áreas. Nesse contexto, analisando a realidade local do Município de Frederico Westphalen, no Rio Grande do Sul, mais especificamente de cinco microbacias, aqui denominadas de Microbacias A,B,C,D e E, todas estas contribuintes do Lajeado do Pardo, principal córrego de captação de água para a população local, verifica-se a possibilidade de um estudo mais aprofundado acerca da qualidade da água distribuída a população, onde objetiva-se a avaliação do índice de Estado Trófico, importante indicador do enriquecimento da concentração de nutrientes, principalmente de Fósforo e Nitrogênio, que em excesso, acabam por aumentar o desenvolvimento e crescimento de microalgas e por fim de bactérias que provocam a degradação ambiental e perda significativa da qualidade das fontes. Através do estudo, verifica-se uma maior presença de organismos em áreas com maior percentual de área agrícola com ocorrência de precipitação pluviométrica. Parâmetros de avaliação são utilizados para a determinação da qualidade das fontes, como avaliação de níveis de Nitrito, Nitrato, Amônia, Fósforo, *Escherichia coli*, Coliformes além do Índice de Estado Trófico. Ao determinar-se o Índice de Estado Trófico, verifica-se que, a presença de nutrientes, não mostra interferência do uso em função da qualidade da água. Já a precipitação, pode ocasionar aumento nos níveis de  $\text{NO}_2^-$ , e  $\text{NH}_3$  dentro das microbacias. Verifica-se ainda a presença de *Escherichia coli* e Coliformes dentro das microbacias avaliadas, contudo todas em grau não elevado. Em algumas microbacias onde apresenta-se um nível alterado de contaminação cita-se a grande presença de agentes poluidores, como é o caso das atividades de suinocultura e de avicultura. Estes são responsáveis por elevada produção de dejetos orgânicos, que são facilmente transportados pelas chuvas para dentro dos cursos d'água, ocasionando, conseqüentemente, a contaminação destes ao longo da bacia. Com isso medidas de proteção e avaliação regular dos níveis de



qualidade das fontes hídricas faz-se importante, visando a qualidade de água para próximas gerações.

**Palavras chave: Água, Contaminação, Índice de Estado Trófico.**

#### ABSTRACT

#### WATER QUALITY PARAMETERS AND TROPHIC INDEX IN FIVEMICRO BASINS CONTRIBUTOR OF LAJEADO DO PARDO IN THE MUNICIPALITY OF FREDERICO WESTPHALEN - RIO GRANDE DO SUL

AUTHOR: Darlan Weber da Silva  
ADVISOR: Genesio Mario da Rosa

Characterized as a vital element for life, water plays an important role in maintaining the quality of life of all species, whether human or animal, as well as maintaining life in the environment. It is in this way that the search for potable and quality water becomes so important, since this vital asset is found in only 2.5% of all available water on the planet, where within that, a large part is inaccessible for consumption. At the same time, the demand for water grows considerably each year, and along with that, there is a growing concern with the preservation of water sources such as rivers and streams, as these are the main points of water abstraction, whether for urban or rural populations. When dealing with population growth and advancement over water sources, another situation is presented to us. The loss of water quality due to the advancement of communities, consequently triggers the proliferation of microorganisms and other water pathologies. These sources should be the direct target of monitoring and surveillance actions, culminating in collection and analysis activities and education throughout these areas. In this context, analyzing the local reality of the Municipality of Frederico Westphalen, in Rio Grande do Sul, more specifically of five microbasins, here called Microbasins A,B,C,D and E, all of which contribute to Lajeado do Pardo, the main stream of abstraction of water for the local population, there is the possibility of a more in-depth study about the quality of the water distributed to the population, where the objective is to evaluate the Trophic State index, an important indicator of the enrichment of the concentration of nutrients, mainly of Phosphorus and Nitrogen, which in excess, end up increasing the development and growth of microalgae and, finally, of bacteria that cause environmental degradation and significant loss of quality of the sources. Through the study, there is a greater presence of organisms in areas with a higher percentage of agricultural area with occurrence of rainfall. Evaluation parameters are used to determine the quality of sources, such as evaluation of levels of Nitrite, Nitrate, Ammonia, Phosphorus, Escherichia coli, Coliforms in addition to the Trophic State Index. When determining the Trophic State Index, it is verified that the presence of nutrients does not show interference of use as a function of water quality. Precipitation, on the other hand, can cause an increase in NO<sub>2</sub>-, and NH<sub>3</sub> levels within the watersheds. There is still the presence of Escherichia coli and Coliforms within the evaluated watersheds, however all in a non-high degree. In some watersheds where there is an altered level of contamination,

there is a large presence of polluting agents, as is the case of swine and poultry activities. These are responsible for a high production of organic waste, which is easily transported by rains into water courses, consequently causing their contamination along the basin. With this protection measures and regular assessment of the quality levels of water sources becomes important, aiming at water quality for future generations.

**Keywords: Water, Contamination, Trophic State Index.**

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Determinação dos níveis de Nitrito (A), Nitrato (B), Amônia (C) e Fósforo Total (D) utilizando o Alfakit.....	37
FIGURA 2 - Microbacias hidrográficas que compõem a área de captação da CORSAN. Frederico Westphalen-RS, Brasil.....	39
FIGURA 3 – Uso e cobertura da terra nas bacias hidrograficas que compoe a area de captação da CORSAN – Frederico Westphalen, RS.....	40
FIGURA 4 – Concentrações de amônia presentes nas três coletas realizadas nas microbacias que compõe a área de captação da CORSAN no Lajeado do Pardo – Frederico Westphalen - RS .....	42
FIGURA 5 – Concentrações de nitrito presentes em três coletas de água realizadas nas microbacias que compõe a área de captação da CORSAN no Lajeado do Pardo – Frederico Westphalen - RS .....	44
FIGURA 6 – Concentrações de nitrato presentes nas três coletas realizadas nas microbacias que compõe a área de captação da CORSAN no Lajeado do Pardo – Frederico Westphalen - RS .....	46
FIGURA 7 – Concentrações de fósforo presentes nas três coletas realizadas nas microbacias que compõe a área de captação da CORSAN no Lajeado do Pardo – Frederico Westphalen - RS .....	48
FIGURA 8 – Determinação do NMP de <i>E. coli</i> presentes nas três coletas realizadas nas microbacias que compõe a área de captação da CORSAN no Lajeado do Pardo – Frederico Westphalen - RS .....	50
FIGURA 9 – Determinação do NMP de coliformes presentes nas três coletas realizadas nas microbacias que compõe a área de captação da CORSAN no Lajeado do Pardo – Frederico Westphalen - RS .....	51

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 – Percentual do uso e cobertura do solo nas microbacias que compõe a área de captação da CORSAN no Lajeado do Pardo – Frederico Westphalen - RS .....	41
TABELA 2 – Classificação do Índice de Estado Trófico nas três coletas realizadas nas microbacias que compõe a área de captação da CORSAN. ....	49

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1 - Classe de estado trófico e suas características principais.....	27
QUADRO 2 - Metodologia indicada para análise de Nitrogênio amoniacal Total (N-NH <sub>3</sub> ), Amônia (NH <sub>3</sub> ), N-Nitrato (N-NO <sub>3</sub> -), Nitrato (NO <sub>3</sub> -), N-Nitrito (N-NO <sub>2</sub> -), Nitrito (NO <sub>2</sub> -) e Fósforo Total (P) (APHA, 1999).....	37

## **SUMÁRIO**

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1 OBJETIVOS.....	18
1.1.1 Objetivo Geral .....	18
1.1.2 Objetivos Específicos.....	18
1.2 HIPÓTESES .....	19
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	20
2.1 PANORAMA GERAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS .....	20
2.2 MÉTODOS E FERRAMENTAS PARA DETERMINAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO POR COLIFORMES E EUTROFIZAÇÃO DE FONTES HÍDRICAS .....	23
2.3. MECANISMOS GOVERNAMENTAIS RELATIVOS A AÇÕES DE PROTEÇÃO DAS FONTES HÍDRICAS .....	29
<b>3.MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	36
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	36
3.2 COLETAS DAS AMOSTRAS DE ÁGUAS .....	36
3.3 AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS DAS MICROBACIAS .....	38
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	41
4.1 AMÔNIA .....	42
4.2 NITRITO.....	43
4.3 NITRATO .....	45
4.4 FÓSFORO.....	47
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	53
<b>6 REFERÊNCIAS</b> .....	54
<b>ANEXO A - TABELA DE PADRÃO MICROBIOLÓGICO DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO (ANEXO XX DA PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5 DO MINISTÉRIO DA SAÚDE DE 03 DE OUTUBRO DE 2017)</b> .....	64

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial e indispensável à manutenção da vida, não apenas por suas características peculiares, mas pelo fato de nenhum processo metabólico ocorrer sem a sua ação direta ou indireta (REBOUÇAS, et. al, 2002). Ou seja, os organismos vivos originaram-se em meio aquoso e se tornaram absolutamente dependentes dele no decurso de sua evolução (REICHARTD, K. TIMM, L, C. 2014).

Estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada e não é adequada ao consumo humano direto nem à irrigação da plantação. Dos 2,5% de água doce, a maior parte (69%) é de difícil acesso, pois está concentrada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e 1% encontra-se nos rios. Segundo Reichardt e Timm (2012), a água em sua forma líquida e sólida, ocupa mais de dois terços de nosso planeta, sendo que a parte gasosa pode ser encontrada em todas as partes da atmosfera.

Atualmente observa-se um aumento na demanda mundial de água doce, num ritmo anual aproximado de 1% ao ano, devido, principalmente, ao aumento da população, desenvolvimento econômico e alterações nos padrões de consumo. Com esse crescente aumento na demanda de água, surgem outros desafios relacionados a distribuição desses recursos hídricos bem como a sua preservação. Dados demonstram que cerca de 1,4 bilhão de pessoas não possuem acesso a água limpa, sendo que, a cada oito segundos, morre uma criança em decorrência da falta de qualidade da água e, além disso, ocasionando problemas graves de saúde pública, como disenteria e cólera (FERREIRA e et al., 2017).

Para Debiasi (2016), é o aumento das atividades humanas relacionadas ao uso da água que vem provocando consideráveis alterações no aspecto relativo a preservação das fontes e recursos hídricos, provocando assim, consequências relacionadas a escassez e má qualidade da água. Destaca-se ainda, que no caso do Brasil, esta situação apresenta-se bastante agravada em algumas regiões, devido a baixa cobertura de serviços de saneamento básico.

Um dos principais problemas atrelados a falta de qualidade da água potável, são as doenças relacionadas, ou vinculadas pela água, sendo de grande preocupação para a saúde pública. O risco se dá pela ingestão de agentes patogênicos causadores de doenças infecciosas, como a cólera, disenterias e febres entéricas, afetando principalmente a população mais carente e sem acesso adequado ao saneamento básico (FORTES, BARROCAS e KLIGERMAN, 2019).

Especificamente no estado do Rio Grande do Sul, a Secretaria de Vigilância em Saúde relata uma situação de elevados índices de casos onde não existe conformidade dos parâmetros microbiológicos (coliformes totais) e de desinfecção (cloro residual livre), dentro das redes de distribuição de água a população, indicando a má preservação dos recursos e possivelmente a sua falta de manutenção e controle de qualidade deficiente (DEBIASI, 2016).

Alguns fatores podem ser apresentados como causadores dessa degradação de recursos hídricos sejam em esfera social e/ou ambiental. Cita-se aqui a expansão demográfica e atividades econômicas, industriais e agricultura, como fatores relacionados a poluição das fontes de água potável, indicando com frequência a presença cada vez maior de impurezas tanto em leitos de rios como em águas subterrâneas (CAMPOS, et.al, 2017).

Existem atualmente mecanismos dentro das esferas relacionadas a saúde pública nacional, por exemplo, a resolução CONAMA 357/2005, que visa garantir e assegurar o acesso a água potável de qualidade, tal como a Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde, no qual dispõe sobre o 'controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade'. Nesse âmbito a busca pela garantia de acesso a água de qualidade culmina com ações de vigilância e testes de qualidade (FORTES, BARROCAS e KLIGERMAN, 2019).

Para Waideman (2015), a garantia de água potável de qualidade, consiste muito além da etapa de vigilância sobre as fontes desses recursos hídricos, seja nos leitos de rios ou fontes subterrâneas. É destacado que a recorrente frequência de falhas nas etapas de reserva e até mesmo de distribuição da água, interferem na sua qualidade, contribuindo para o surgimento de diversos problemas a saúde humana, doenças em sua maioria atreladas diretamente e resultantes do ciclo de contaminação fecal/oral.

A importância do monitoramento e avaliação da qualidade das águas torna-se indispensável, pois somente assim é possível realizar uma gestão sustentável dos recursos hídricos, identificando e elaborando diagnósticos, conhecendo a situação atual e reflexos passados que incidem sobre esse determinado recurso hídrico (PESSOA, ORRICO e LÔRDELO, 2017). Além disso, de acordo com Maranhão et.al., (2017), outro parâmetro mensurado no monitoramento da qualidade das águas, tem sido a eutrofização, onde se refere especificamente ao enriquecimento por nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, além da presença de matéria orgânica, desencadeando a perda de qualidade potável do recurso hídrico.



As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais. Além do esgoto sanitário outros tipos de efluentes industriais como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas (BARRETO, et al., 2013).

Para Silva e Fonseca (2016), um dos principais fatores que contribui com o aumento da chamada eutrofização antrópica são o despejo de efluentes domésticos e industriais (*in natura* ou tratados inadequadamente) nos cursos d'água, ocasionando o indevido excesso de nutrientes, como o fósforo (P) e nitrogênio (N), podendo evoluir para a degradação do ecossistema aquático.

A eutrofização de forma mais específica, pode levar à alteração no sabor, no odor, na turbidez e na cor da água, ocorrendo também redução do oxigênio dissolvido, provocando crescimento excessivo de plantas aquáticas, mortandade de peixes e outras espécies aquáticas. As algas, representam um dos impactos mais preocupantes relacionados a questão de eutrofização, pois aumenta a probabilidade de ocorrência de florações, principalmente as cianobactérias potencialmente tóxicas, implicando diretamente na qualidade da água (BARRETO, et al.,2013).

Sendo assim, o presente estudo visou analisar os níveis de nitrogênio, fosforo e determinar o Índice de Estado Trófico, além de analisar a quantidade de coliformes totais e termotolerantes pelo método colilert®, tendo como base de estudos e avaliação cinco microbacias contribuintes do Lajeado do Pardo no município de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, dessa forma, contribuir com a construção do conhecimento e também com princípios éticos de uso, consumo e proteção da água.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Determinar o Índice de Estado Trófico em cinco micros bacias contribuintes do Lajeado do Pardo no município de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- I. Determinar o uso e cobertura do solo das microbacias;
- II. Determinar os níveis de Amônia presente nas microbacias;
- III. Determinar os níveis Nitrito presente nas microbacias;
- IV. Determinar os níveis de Nitrato presente nas microbacias;
- V. Determinar os níveis de Fósforo nas microbacias;
- VI. Determinar o Índice de Estado Trófico;
- VII. Determinar a presença de *E. coli* e coliformes totais nas microbacias.

## 1.2 HIPÓTESES

As hipóteses para o presente trabalho são assim definidas:

Hipótese 1: Existe presença de coliformes totais e termotolerantes nas águas do Lajeado Pardo;

Hipótese 2: Existe o carreamento superficial de materiais nas microbacias;

Hipótese 3: Em microbacias com maior uso agrícola, tem-se maior carreamento de materiais até os cursos d'água;

Hipótese 4: Existe uma divergência entre as variáveis analisadas nas microbacias;

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta secção apresenta-se o desenvolvimento da pesquisa bibliográfica, onde, através do referencial teórico, se faz possível adentrar ao tema proposto, evidenciando e comparando informações de diferentes autores acerca do assunto. Inicialmente são apresentando como capítulo inicial, dados relevantes sobre o panorama atual das fontes hídricas, evidenciando a situação atual bem como os problemas enfrentados no País acerca da manutenção da qualidade das águas superficiais. Por seguinte, o capítulo segundo coloca em pauta o diálogo acerca de uma das principais causas evidentes de contaminação das fontes, apresentando dados relativos a presença de coliformes termotolerantes entre esses a *E. coli* e do processo de eutrofização das águas de rios, riachos e demais fontes superficiais de águas que formam a rede de distribuição de água de uma bacia. Por fim, destaca-se as diversas ações a nível nacional, estadual e municipal que buscam monitorar, vigiar, analisar e proteger as fontes hídricas.

### 2.1 PANORAMA GERAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Por se tratar de um recurso essencial a vida de qualquer espécie de ser vivo na terra, a água torna-se um elemento vital, tanto para a sobrevivência como para a qualidade de vida desses seres. Ela constitui um elemento bioquímico importantíssimo para o meio ambiente, promovendo a preservação dos ecossistemas de forma geral, e ainda constituindo quase que em totalidade a composição corporal dos seres vivos como animais e vegetais (ZERWES, et. al.,2015).

Mesmo se tratando de um elemento vital a vida, a quantidade de água disponível no planeta é bastante pequena, quando comparada a totalidade desse recurso existente. Com o passar do tempo, houve um aumento considerável no consumo de água, devido ao aumento populacional e também ao crescimento e desenvolvimento das áreas urbanas, onde são desenvolvidas atividades econômico/industriais (SILVA, HERREROS e BORGES, 2017).

De acordo com Relatório Mundial sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, publicado pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2021), além da drástica diminuição de água disponível no planeta dentro do último século, a qualidade também teve alteração considerável, diminuindo exponencialmente. Tal fator já afeta mais de 2 bilhões de pessoas, causando o chamado estresse hídrico. Outras regiões do planeta enfrentam a chamada escassez econômica da água, onde o recurso está fisicamente

disponível, contudo, não há infraestrutura necessária para o acesso. Dentro desse cenário estima-se que até o ano de 2030, haverá um aumento do consumo de água em quase 25%.

Além de problemas econômicos relacionados diretamente a escassez de água doce, citando fatores como conflitos e disputas interestatais, as mudanças climáticas e poluição, na sua grande parte causada diretamente pelo homem, sinalizam outra problemática acerca da falta desse recurso na natureza. Este ponto sinaliza um alerta a todos os países, desenvolvidos e emergentes, que executem mecanismos de gestão dos recursos hídricos disponíveis, bem como a proteção destes, permitindo sua conservação e uma margem segura para o desenvolvimento social no entorno (SILVA, HERREROS e BORGES, 2017).

De acordo com o Atlas de águas e abastecimento urbano da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), de 2021 (BRASIL, 2021), a oferta de água de qualidade vai muito além da sua potabilidade. A quantidade ofertada desse recurso, sua disponibilidade, bem como seu acesso facilitado no local de captação, também configuram padrões de qualidade da água. Cada vez mais se observa a busca por água em locais mais distantes, obrigando a criação de estruturas por grandes e complexos sistemas interligados, que necessitam levar a água e, também, torná-la potável, ou seja, através de sistemas de tratamento, para que todas as populações, principalmente as urbanas, sejam abastecidas de forma eficaz e com qualidade.

De acordo com Silva (2018, p. 12), existem características que definem a água como uma fonte poluída, citando:

- a) a inadequação da sua aplicabilidade para algum objetivo considerado;
- b) qualquer modificação natural ou artificial que direta ou indiretamente modifique, altere ou destrua o equilíbrio dos ecossistemas e dos recursos naturais de tal modo que traga perigo para a saúde pública, diminua a sua adequabilidade ou eficiência e o bem-estar do Homem e das suas comunidades;
- c) a alteração da composição ou do estado da água de tal forma que se torne menos adequada para todas ou algumas das funções e fins a que pode ser adequada no seu estado natural.

As ações antrópicas são por conhecimento, as razões que afetam e alteram a qualidade da água, provocando assim a sua contaminação. A busca por água potável torna-se uma realidade atual, uma situação desafiadora para muitas pessoas, e ao mesmo tempo de custo elevado. Com isso, a captação e consumo de águas superficiais sem nenhum tratamento vem sendo uma ação cada vez mais comum, principalmente em centros urbanos, ou comunidades maiores e menos favorecidas. Um dos exemplos pode-se encontrar no estado de São Paulo, que apresenta uma problemática situação com a falta

de água, pois mesmo apresentando vários cursos e leitos, a maioria destes encontra-se poluídos, ou seja, impróprios para o consumo (GARCIA, MORENO e FERNANDES, 2015).

Essa afirmação corrobora o que diz Zerwes (2015), que menciona:

A ONU estima que mais da metade dos rios do mundo está poluída pelos despejos dos esgotos domésticos, efluentes industriais, agrotóxicos e dejetos de animais. Nos municípios menores, [...] a maioria dos poços de abastecimento encontra-se na zona rural. Porém, em propriedades rurais os danos ambientais muitas vezes estão relacionados às atividades agrícolas. Dessa forma, a escassez de água adequada ao consumo é uma das grandes problemáticas ambientais enfrentadas pela população e o monitoramento das fontes de abastecimento é indispensável à preservação ambiental e a saúde da população (ZERWES, et al. 2015, p.652-653).

Por outro lado, no meio rural, verifica-se potenciais fontes de poluição das águas superficiais. De acordo com Barichello, Pinheiro e Rorato (2015), a prática da agricultura quando executada sem controle, atinge indiretamente o ecossistema, provocando efeitos de alteração da qualidade da água disponível, ocorrendo poluição dos cursos d'água, em sua grande parte devido a utilização intensiva de defensivos e fertilizantes, além da bioacumulação, eutrofização dos mananciais e salinização dos solos.

A produção intensiva de suínos é destacada como outro fator ou agente dentre as atividades agropecuárias, que contribuem para a poluição dos recursos hídricos. Comumente os dejetos dos suínos, tem amplo uso nas lavouras, como fertilizante do solo, por apresentarem grande composição de nutrientes onde se destaca o Fósforo (P) e Nitrogênio (N). A concentração desses nutrientes no solo geralmente é maior, ocasionando o acúmulo principalmente de Fósforo no solo, provocando a perda desse nutriente excedente através dos eventos pluviométricos, que por consequente, carregam os resíduos para dentro de corpos d'água, provocando quantidades superiores das permitidas nos leitos de córregos, riachos e rios. (CAPOANE et al. 2015),

Para Ferreira (et al. 2016), a água é veículo para diversos microrganismos, quando esta não é preservada e tratada em condições ideais, assumindo características de contaminação, podendo conter agentes patogênicos nocivos, tanto a saúde pública quando ao desenvolvimento das comunidades humanas. *E. coli* é um dos micro-organismos, que está em grande quantidade de casos relacionados a contaminação de fontes hídricas, visto que *E. coli*, como é popularmente conhecida, produz enterotoxinas que causam diarreia evoluindo para doenças de origem alimentar ainda mais grave.

De acordo o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA (2012), resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000, institui as que as águas serão consideradas impróprias para consumo, quando for verificada uma, dentre todas as seguintes ocorrências:

- a) não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;
- b) valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termo tolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros;
- c) incidência elevada ou anormal, na Região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;
- d) presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos ou tornar desagradável a recreação;
- e)  $\text{pH} < 6,0$  ou  $\text{pH} > 9,0$  (águas doces), à exceção das condições naturais;
- f) floração de algas ou organismos, até que se comprove que não oferecem riscos a saúde humana;
- g) outros fatores que contraindiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

As doenças de veiculação hídricas, como febre tifoide e paratifoide, disenterias, cólera, diarreia, poliomielite entre outras, representam um problema de grande responsabilidade pública, sendo que acomete diversas pessoas, principalmente crianças, relevando a contaminação por diversos agentes patológicos, como coliformes termotolerantes, indicando a ausência de tratamento das águas e ineficácia ou não existência de saneamento (SILVA e FONSECA, 2016).

Áreas urbanas próximas a leitos de rios e diversos outros corpos hídricos, são responsáveis pela maior parte das atividades antrópicas ao longo da bacia hidrográfica. Destacam-se casos onde ocorre a falta de saneamento básico, ocorrendo despejo de resíduos sólidos, lançamento de esgoto sanitário, tanto por pessoas quanto por indústrias. Estes podem ser considerados como um dos problemas ambientais mais impactantes sobre os corpos hídricos na atualidade, interferindo não só na qualidade da água para consumo humano, mas também, influenciando diretamente a diminuição ou perda da biodiversidade aquática e modificações físicas-químicas (ARAÚJO, 2021).

## 2.2 MÉTODOS E FERRAMENTAS PARA DETERMINAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO POR COLIFORMES E EUTROFIZAÇÃO DE FONTES HÍDRICAS

A determinação da qualidade da água passa por diversas etapas de investigação, para que haja a determinação da segurança da potabilidade da mesma. Um dos elementos de investigação se dá pelo meio bacteriológico, podendo identificar a presença de microrganismos e possíveis surtos de doenças. As análises microbiológicas são capazes de expor a presença dos coliformes totais e fecais, podendo ter ou não origem patogênica (ALVES, ATAIDE e SILVA, 2018).

Na atualidade, *E. coli* é utilizada como indicador de contaminação das águas, pois essa é a única bactéria do grupo coliformes que tem relação com vestígios de fezes. Ao fazer a detecção desta, estabelece-se a possível presença de outros patógenos que causam enfermidades no organismo, como a *Shigella*, *Salmonella*, vírus e protozoários. Assim ao fazer essa detecção no meio hídrico, relaciona-se diretamente a ações de poluição como o lançamento de esgoto doméstico *in natura* nos corpos d'água e até mesmo pelo transporte de partículas contaminadas sobre solos expostos a fezes de animais (DRUMOND, 2018).

Diversos grupos de poluentes podem ser destacados, como sendo inorgânicos, orgânicos e biológicos, incluindo-se os microrganismos neste último grupo. Estes microrganismos como agentes poluidores, se deve a contaminação das águas por resíduos fecais, provenientes do metabolismo de animais homeotérmicos. Grande parte dos microrganismos desse grupo não apresentam problemas às pessoas saudáveis, contudo, alguns desses são classificados como agentes patogênicos, provocando a contaminação dos recursos hídricos por fezes, originando potenciais doenças que podem ocorrer sob a forma epidêmica ou de forma endêmica (SILVA, 2018).

De acordo com Koch et al. (2017), para que a qualidade das águas entre no enquadramento de potabilidade, no que diz respeito a qualidade microbiológica, os microrganismos patogênicos, como os coliformes totais, *Escherichia coli* ou coliformes termotolerantes, devem estar ausentes em alíquotas de 100 ml, estipulando também um limite de 500 unidades formadoras de colônia (UFC) por ml para microrganismos heterotróficos.

Coliformes totais são uma classe de bactérias que possui como principal característica a fermentação de lactose com produção de ácidos, aldeídos e gás a 35°C entre 24 e 48 horas. Essas bactérias abrangem os seguintes gêneros: *Klebsiella*, *Escherichia*, *Enterobacter* e *Citrobacter*.<sup>12</sup> Coliformes fecais ou coliformes termotolerantes são bactérias de um subgrupo de coliformes totais que possuem a capacidade de fermentar lactose a 44-45°C ( $\pm 0,2$ ) em 24 horas. A principal espécie dentro desse grupo é a *Escherichia coli* (*E. Coli*),



possuindo origem exclusivamente fecal (ALVES, ATAIDE e SILVA, p.13,2018).

Segundo Drummond (2018), a espécie mais conhecida e pesquisada mundialmente é *E. coli*, dentro do gênero *Escherichia* pertence à família *Enterobacteriaceae*. Isso se deve principalmente ao fato de que esta bactéria estar constantemente aliada ao diagnóstico de doenças entéricas, ou seja, aquelas relacionadas a problemas estomacais, casos diarreicos e demais problemas recorrentes a isso, como febre e cólicas, evoluindo para casos mais graves do problema, que acometem grande parcela de pessoas, principalmente os menos favorecidos com saneamento básico de qualidade. Quanto ao microrganismo, *E. Coli* diarreiogênica (DEC), pode ser citada como um dos patógenos causadores de doenças, como, por exemplo, a síndrome hemolítico-urêmica.

A diferenciação e a classificação de DEC podem ser realizadas baseadas na presença de diferentes genes de virulência cromossômico e/ou plasmidial que estão ausentes na *E. coli* comensal. A utilização de técnicas moleculares permitiu uma identificação mais rápida dos diferentes patótipos, já que os métodos fenotípicos convencionais, como a detecção de toxinas, aderência e testes de invasão necessitam de mais tempo (MACEDO, e et al. 2020, p. 264).

Segundo Oliveira (2013), as estirpes de *E. coli* patogênicas, podem apresentar duas categorias de classificação, sendo elas em patogênicos entéricos e em patogênicos extraintestinais. Estes últimos, causadores dos problemas de saúde que afetam os seres humanos, em todas as faixas etárias, provocando nos casos de maior gravidade, problemas no trato urinário e meningite. Aqueles classificados como entéricos, recebem uma subclassificação baseada nas características sorológicas e virológicas, sendo divididos em *E. Coli* enterotoxigênica (ETEC); *E. coli* enteropatogênica (EPEC); produtoras de toxina Shiga de *E. Coli* (STEC); *E. coli* enteroinvasora (EIEC); *E. Coli* enteroagregativa (EAEC); *E. Coli* enterohemorrágica (EHEC).

Existem na atualidade diferentes métodos laboratoriais que são utilizados para análises microbiológicas, esses ficam divididos em convencionais e rápidos. Nos métodos convencionais, a possibilidade de erros durante a análise é grande, além de necessitarem de muito mais tempo e material para obtenção dos resultados finais. Dentre os métodos pode-se citar o exemplo da Técnica de Múltiplos Tubos e Técnica de Membrana Filtrante, onde o primeiro é laborioso, exigindo grande quantidade de meios de cultura e vidrarias e o último necessita de equipamento de custo elevado, não sendo indicado para águas

com altos índices de turbidez, pois dificulta o processo de filtração. Com isso os métodos rápidos, empregados durante a década de 70, apresentaram-se bastante eficazes, obtendo-se resultados mais precisos e rápidos. Destes, pode-se citar os métodos Colilert® e Colitag, sendo os dois aprovados pela United States Environmental Protection Agency (USEPA) (FERNANDES E GOIS,2015).

Um dos métodos de maior destaque para a detecção de microrganismos, é pelo método Colilert®. Este é indicado como sendo um teste de comprovada eficácia de resultados, visto que não há necessidade de realizarem-se testes complementares, nem o isolamento de culturas puras, apenas necessita-se de meio cromogênico e de uma BOD e luz ultravioleta incidente sobre. Ainda, tal método apresenta-se vantajoso, por ter um tempo de análise relativamente rápido, possibilitando a correção de problemas existentes (DA SILVA, et al. 2017).

O método Colilert® é usado para determinar a quantidade de coliformes presentes em uma amostra, através da mistura de uma dada amostra a ser analisada e o reagente Colilert®. Após a homogeneização realiza-se a transferência da solução para cartela Quanti-tray, na qual é selada e mantida incubada a em temperatura de 35°C durante 24h (1ª leitura) e 48h (2ª leitura confirmação) (ARAÚJO, 2018, p. 19).

Além da contaminação por microrganismos, as fontes hídricas podem receber outras formas de poluição ou perda da qualidade. Entre estas se destaca o efeito da eutrofização, que consiste num processo de enriquecimento da concentração de nutrientes, principalmente de Fósforo e Nitrogênio. Esse excesso de nutrientes nas fontes hídricas pode ser ocasionado de forma natural, por meio da chuva, ou artificialmente, com o despejo de subprodutos de produção das atividades humanas. O fato a se destacar é que, com o excesso desses nutrientes, acabam por aumentar o desenvolvimento e crescimento de microalgas e por fim de bactérias que provocam a degradação ambiental e perda significativa da qualidade das águas (ALMEIDA, 2021).

O fósforo, é considerado o nutriente determinante do estado trófico de lagos. Contudo, a taxa (em peso) entre as concentrações totais de nitrogênio, N<sub>2</sub> e de fósforo total, PT é tida como indicativa da produtividade de clorofila “a”. Geralmente quando a razão entre N e P é maior que 10, então o fósforo é o fator limitante. Em reservatórios de acumulação, as maiores perdas de N<sub>2</sub> se deve ao processo de desnitrificação (cerca de 40%) e à acumulação em sedimentos. Em alguns casos, a volatilização de nitrogênio na forma amoniacal provoca perdas de N<sub>2</sub> em mananciais. Os efeitos da eutrofização se manifestam principalmente no florescimento de algas azuis - esverdeadas. Esse “Bloom” (Florescimento) está associado à produção de espumas artificiais, colmatação de filtros de Estações de Tratamento de Água - ETAs, problemas de odor e de sabor, mortandade de peixes durante o verão, envenenamento de criações e de animais domésticos, entre outros (NASCIMENTO, AGOSTINHO e CAVALCANTI, 2014, p.118).

Para Pereira et. al., (2020), o Índice de Estado Trófico (IET), apresenta-se como um importante modo de avaliação de qualidade dos corpos hídricos, a fim de classificação dos graus de qualidade por enriquecimento de nutrientes, onde o P, caracteriza-se por ser o principal elemento causador de eutrofização, presente em todas as amostras de avaliação de IET, em água doce.

Os resultados do índice calculados com base nos teores de P, devem ser compreendidos como um potencial de eutrofização, uma vez que o nutriente atua como agente causador do processo.

Em rios, o cálculo do IET, a partir dos valores de P total (PT), é feito pela fórmula, segundo Lamparelli (2004):

$$IET = 10.(6 - ((0,42 - 0,36 \cdot (\ln.PT) / \ln 2))), \text{ onde o PT é expresso em } \mu\text{g L}^{-1}.$$

Os valores do IET são classificados segundo classes de estado tróficos, apresentadas no quadro abaixo, juntamente com suas características.

Quadro1 - Classe de estado trófico e suas características principais

Valor do IET	P-total (P $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Classes de Estado Trófico	Características
= 47	$P \leq 13$	Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
$47 < IET = 52$	$13 < P \leq 35$	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
$52 < IET = 59$	$35 < P \leq 137$	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.

59<IET=63	137<P≤296	Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
63<IET=67	296<P≤ 640	Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos
> 67	P>640	Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com conseqüências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: Adaptado de CETESB (2007); Lamparelli (2004)

Destaca Lamparelli (2004) também a Clorofila como um dos parâmetros de importante função de detecção do estado trófico nos ambientes aquáticos, encontrada em todos os grupos de algas e cianobactérias, indicando também a presença dos outros nutrientes principalmente nitrogênio e fósforo.

### 2.3. MECANISMOS GOVERNAMENTAIS RELATIVOS A AÇÕES DE PROTEÇÃO DAS FONTES HÍDRICAS

O monitoramento da qualidade das águas é um importante meio de preservação e suporte aos recursos hídricos disponíveis, seja a nível local ou regional, contribuindo ainda com o desenvolvimento e planejamento de melhores condições de saneamento e recuperação ambiental. Porém como os sistemas de monitoramento dos recursos hídricos, mostra-se ineficaz, foi criada a Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade das Águas, que abrange maior parte dos estados do Brasil (SILVA, et al.2015).

De acordo com a própria constituição Brasileira, a água de qualidade, sem riscos à saúde humana é um direito e responsabilidade do poder público. Por isso se destaca a existência de diversos mecanismos e programas governamentais vinculados ao Governo Federal, e implantados através de seus ministérios, como é o caso do Ministério da Saúde, cuja ações se dão através da Secretaria de Vigilância em Saúde. Estes mecanismos são exemplos de diversas ações governamentais que minimizaram nas últimas décadas os danos causados à saúde pela contaminação/poluição das águas de consumo humano (KOCH, et al. 2017).

Para a da Agência Nacional de águas e Saneamento Básico (ANA), (BRASIL,2022), o monitoramento é uma ferramenta adequada, que permite a avaliação concreta da qualidade das águas, destacando diferentes configurações, levando em consideração termos de localização dos pontos de monitoramento, de periodicidade e de tipo de parâmetros monitorados. Destaca-se inicialmente o monitoramento básico, realizado em pontos estratégicos, visando o acompanhamento da evolução da qualidade das águas, permitindo detectar locais específicos; monitoramento através de inventários, modalidade que compreende a uma avaliação intensiva e paralelamente mais ampla dos parâmetros, visando o diagnóstico da qualidade das águas num trecho específico do curso d'água, apresentando ainda uma frequência bastante alta de amostragens; monitoramento de vigilância, onde é feito um monitoramento quase que em tempo real, aplicado diretamente em locais onde a qualidade da água é de fundamental importância para determinado uso; e modalidade de monitoramento de conformidade, que são observações feitas pelos usuários dos recursos hídricos, caracterizando-se um auto monitoramento.

No que diz respeito à qualidade da água para consumo humano, a vigilância em saúde ambiental consiste no conjunto de ações adotadas pelas autoridades de saúde pública para garantir à população o acesso à água com qualidade compatível com o padrão de potabilidade estabelecido na legislação vigente, com vistas à promoção da saúde e a qualidade de vida da

população[...] Tais ações têm por referência legal básica a Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011, emitida pelo Ministério da Saúde, a qual especifica água potável como sendo aquela para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde (KOCH, et. al.,2017, p. 37).

O acompanhamento da situação física, química e biológica dos corpos hídricos, torna-se uma ferramenta de proteção e de avaliação da qualidade ambiental em que esse ecossistema está inserido. É de fundamental importância a identificação e acompanhamento das diversas variáveis de qualidade da água, pois somente assim é possível traçar padrões de modificação ao longo dos locais e anos monitorados, destacando quais parâmetros estão mais afetados, quanto a segurança hídrica e qualidade de água (DE ARAÚJO JUNIOR, 2021).

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), estabelece na sua Resolução de nº 357, de 17 de março de 2005, uma série de parâmetros referentes ao monitoramento dos corpos hídricos a fim de manutenção da qualidade destes onde pode se destacar no:

Art. 8º O conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionado para subsidiar a proposta de enquadramento deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público.

§ 1º Também deverão ser monitorados os parâmetros para os quais haja suspeita da sua presença ou não conformidade.

§ 2º Os resultados do monitoramento deverão ser analisados estatisticamente e as incertezas de medição consideradas.

§ 3º A qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas.

§ 4º As possíveis interações entre as substâncias e a presença de contaminantes não listados nesta Resolução, passíveis de causar danos aos seres vivos, deverão ser investigadas utilizando-se ensaios ecotoxicológicos, toxicológicos, ou outros métodos cientificamente reconhecidos.

§ 5º Na hipótese dos estudos referidos no parágrafo anterior tornarem-se necessários em decorrência da atuação de empreendedores identificados, as despesas da investigação correrão as suas expensas.

§ 6º Para corpos de água salobras continentais, onde a salinidade não se dê por influência direta marinha, os valores dos grupos químicos de nitrogênio e fósforo serão os estabelecidos nas classes correspondentes de água doce.

Ainda na resolução de nº 357, de 17 de março de 2005, destaca-se:

Art. 9º A análise e avaliação dos valores dos parâmetros de qualidade de água de que trata esta Resolução serão realizadas pelo Poder Público, podendo ser utilizado laboratório próprio, conveniado ou contratado, que deverá adotar os procedimentos de controle de qualidade analítica necessários ao atendimento das condições exigíveis.

Para Girardi (2019), é de extrema importância haver o devido monitoramento a fim de que haja conformidade com os parâmetros estabelecidos em legislação, além da

implantação de uma rede nacional de monitoramento da qualidade da água, que na atualidade, vem sendo considerado um grande obstáculo na preservação dos níveis de qualidade hídrica. O que impede esse maior desenvolvimento na área, é a própria dimensão que o sistema deve atingir, pela grande extensão territorial. Além disso, destaca-se o fator da heterogeneidade das redes existentes nas unidades da federação (UF), como outro obstáculo, assim como a frequência das coletas e ainda os altos custos tanto de equipamentos quanto de profissionais capacitados necessários nas ações de monitoramento em determinadas regiões.

O Ministério da Saúde em sua portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, apresenta diretrizes a fim de monitoramento e identificação de potenciais fontes de contaminação das águas, destacando que, é dever das autoridades de saúde pública, solucionar as questões, elaborando em conjunto, um plano de ação, tomando as medidas cabíveis, incluindo a eficaz comunicação à população, das medidas a serem tomadas acerca da correção da devida anormalidade da fonte hídrica.

Além disso, é dever do responsável pelo sistema de abastecimento solicitar nestes casos alteração da frequência mínima de amostragem de parâmetros estabelecidos na portaria, e se verificadas as características desconformes com o padrão de potabilidade da água ou de outros fatores de risco à saúde, conforme relatório técnico emitido pelo responsável determinara-se que seja ampliado o número mínimo de amostras, a frequência de amostragem bem como também a realização de testes laboratoriais sobre parâmetros adicionais.

Na atualidade é possível destacar ações que visam a unificação do sistema de monitoramento das águas. A Agência Nacional de Águas (2020) estabelece um novo programa, denominado Qualiágua, que visa estimular a divulgação de dados de qualidade de água, tendo como objetivos: promover a divulgação de dados sobre a qualidade das águas superficiais, objetivando uma melhora na gestão dos recursos hídricos; padronizar os métodos e critérios de monitoramento das águas no País; fortalecer órgãos estaduais de gestão de recursos hídricos, para que tenham fomento e estrutura adequada para as atividades de monitoramento e divulgação de dados; e implantação da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas- RNQA.

Destaca-se que, além da eficácia no monitoramento, o planejamento é fundamental para que não ocorra o desperdício dos recursos humanos, financeiros e logísticos, citando

a implantação de um elevado número de estações nas sub-bacias hidrográficas, que posteriormente são desativadas em sua maioria, devido a problemas de locação geográfica inadequada, gerando dados por muitas vezes redundantes e que impossibilitam a total caracterização da bacia através da estação (ALMEIDA,2013).

O gerenciamento da qualidade da água, baseado em uma abordagem preventiva de risco, auxilia na garantia da segurança da água para consumo humano. O controle da qualidade microbiológica e química da água para consumo humano requer o desenvolvimento de planos de gestão que, quando implementados, forneçam base para a proteção do sistema e o controle do processo, garantindo-se que o número de patógenos e as concentrações das substâncias químicas não representem risco à saúde pública, e que a água seja aceitável pelos consumidores (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2012, p. 11)

Almeida (2013) cita ainda que, desenvolver uma rede de monitoramento em que haja bom planejamento, reflete numa identificação dos níveis de qualidade de água muito mais eficaz e possibilita resultados, análise e tendências de curto e longo prazo. A legislação brasileira já determina que a proteção das fontes hídricas e sua conservação em termos de qualidade não passam somente pela etapa de análise laboratorial, mas, essa deve trabalhar em conjunto com as boas práticas durante o abastecimento da água e princípios da análise de risco (MINISTÉRIO DA SAÚDE,2012).

#### 2.4. MECANISMOS EDUCACIONAIS VOLTADOS A PRESERVAÇÃO AMBIENTAL

Algumas estratégias devem voltar-se a preservação dos recursos hídricos, aliando pensamentos de âmbito social e políticas públicas centradas na sustentabilidade desses recursos. Na atualidade umas das principais ações neste contexto trata da Educação Ambiental (EA) como ferramenta de importante contribuição para a preservação destas fontes naturais, onde pode-se afirmar que estes mecanismos educacionais voltados ao meio ambiente, tornam-se instrumentos de gestão, que buscam o desenvolvimento sustentável (ALÂNTARA et al. 2012).

Um dos principais debates gira em torno do desenvolvimento sustentável, onde busca-se trilhar caminhos capazes de solucionar os diversos problemas ambientais. Dentro deste caminho encontra-se umas das ferramentas, destacada aqui como sendo a conexão entre o conhecimento e as práticas ambientais. Existem ainda diversos paradigmas na sociedade referente ao desenvolvimento sustentável e preservação ambiental. Contudo, é neste ponto que as ciências ambientais se encaixam, demonstrando



ambientes interdisciplinares, que são extremamente válidos, visto que a disciplinaridade é apontada como sendo uma das causas problema do não entendimento das questões ambientais, pois baseou-se numa estruturação sobre o conceito de desenvolvimento não aliado ao meio ambiente (DA ROSA, et al. 2022).

É desse modo que Pinto, Gouveia e da Silva (2015) citam que a educação ambiental deve abordar muito além das questões biofísicas, mas tratar de aspectos ligados à sociedade, relações públicas, econômicas e sociais. Deve tratar além de pensamentos ou ideologias, mas atuar de forma prática no contexto ambiental, trabalhando com a realidade a partir das ações do sujeito ativo. A proposta fundamental da educação ambiental é permitir que sejam criados planejamentos sobre as ações pedagógicas a serem desempenhadas para que as ações práticas sejam viabilizadas.

Os princípios básicos da EA, nessa política, referem-se ao pluralismo de ideias e de concepções pedagógicas, na perspectiva inter e transdisciplinar, considerando o meio ambiente em sua totalidade e a interdependência entre o meio natural, o econômico e o social, sob o enfoque da sustentabilidade (CHACON-PEREIRA et al., 2018, p.39).

Alcântara et. al, (2012) destaca a importância das ações educacionais práticas, especificamente dentro das redes de bacias hidrográficas, promovendo um laboratório experimental, trazendo consigo uma maior sensibilização ambiental, inserindo diretamente no meio das comunidades ali situadas. Construindo bases sólidas dentro da sociedade se consegue alcançar mais assertivamente o plano de educação ambiental nas redes de bacias hidrográficas, mantendo o equilíbrio do meio ambiente a sadia qualidade de vida e também o ecossistema.

Para Piccoli et. al, (2016), a educação ambiental é uma ponte direta que se interliga com a saúde coletiva e com as gestões dos recursos hídricos. Ela deve ser uma ferramenta essencial nas áreas de saúde pública, sempre mediada por ações que condicionam, determinam e impactam de forma positiva a qualidade de vida e que seja elemento de forte participação social.

A questão referente à preservação dos recursos hídricos, deve se fazer presente no contexto educacional, tanto na formação formal ou não formal, com enfoque principal nos temas referentes a ética e de cidadania. Tanto a educação ambiental crítica e o ensino de Ciências e Biologia, apresentam importantes debates acerca da sustentabilidade

socioambiental, onde o papel do educador deve ser de transformação de valores e no relacionamento do indivíduo com o meio ambiente (PINTO e BORGES, 2015).

No Brasil, as políticas públicas existentes, propiciaram a elaboração de importantes documentos que destacam e caracterizam as ações deste âmbito. A Lei 9.795/99 (BRASIL, 1999), define a educação ambiental como “os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade”. Dentro disso, podem ser apresentados os princípios básicos da educação ambiental como sendo:

I - O enfoque humanista, holístico, democrático e participativo;

II - A concepção do meio ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência entre o meio natural, o socioeconômico e o cultural, sob o enfoque da sustentabilidade;

III - O pluralismo de ideias e concepções pedagógicas, na perspectiva da inter, multi e transdisciplinaridade;

IV - A vinculação entre a ética, a educação, o trabalho e as práticas sociais;

V - A garantia de continuidade e permanência do processo educativo;

VI - A permanente avaliação crítica do processo educativo;

VII - A abordagem articulada das questões ambientais locais, regionais, nacionais e globais;

VIII - O reconhecimento e o respeito à pluralidade e à diversidade individual e cultural.

Para Da Rosa (2022), as políticas públicas devem colaborar com o acesso a informação promovendo, dentro das diversas esferas sociais, o engajamento crítico e uma educação reflexiva, desenvolvendo atividades educacionais em diversos níveis de ensino. Como pautas, é imprescindível que sejam considerado diversos aspectos relacionados ao meio ambiente, dentre estes cita-se os aspectos socioeconômicos, os ambientais, os políticos, científicos, os culturais e os saberes locais.

No debate acerca da preservação dos recursos hídricos, a educação ambiental, não deve estar apenas centrada nos usos que se faz da água, mas contextualizar uma visão ainda maior, sobre a valorização deste recurso natural, que pertence dentro de um sistema maior e integrado, no qual está sujeito às interferências humanas. Portanto, é necessário o conhecimento tanto das características do sistema hidrográfico, sua dinâmica e seus

processos naturais, pois somente assim é possível estabelecer uma relação entre a dinâmica da hidrosfera com as demais esferas terrestres (KERN, 2013).

[...]atividades ou ações que forneçam condições para que a população possa refletir e perceber as relações dos ecossistemas urbanos e sua dependência para com os recursos naturais, contribuirá para fortalecer o envolvimento da sociedade com o poder público para que, de forma compartilhada, se promovam mudanças para a melhoria ambiental e de qualidade de vida para a população. Cidadãos bem informados, ao se assumirem como atores relevantes, têm mais condições de pressionar autoridades e poluidores, assim como de se motivar para ações de corresponsabilização e participação comunitária (CARLETTO e DE OLIVEIRA, 2017, p.142).

A abordagem ambiental dentro das práticas educacionais deve ser um processo interno, de certa forma minucioso, mas não constituído solitariamente, devendo ser promovida as interligações entre diferentes eixos sociais. Outro ponto a ser destacado, é relacionado ao fator de como as práticas educacionais deste âmbito, chegam ao indivíduo. Muitas vezes, mesmo com a prática já presente nos meios educacionais, é estritamente necessário que haja adaptações às leis, atenção e condições para sua efetiva aplicação, para que assim, esta seja sustentada nas esferas da educação. Dentro disso, aplica-se ainda questões sobre responsabilidade social, entre diversos setores, promovendo uma interligação entre o uso e preservação dos recursos naturais, tais como a água, estabelecendo-se importantes e permanentes diálogos (DA ROSA, DA SILVA E FLACH,2021).

### 3.MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende as cinco microbacias que compõe o Lajeado Pardo, da sua nascente até a barragem de captação de água de abastecimento da cidade de Frederico Westphalen na região noroeste do RS. O município onde se encontra a área de estudo, conta com uma área territorial de 265,181 km<sup>2</sup>, sendo um dos principais centros urbanos da região do Médio e Alto Uruguai. De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2021), o município conta com uma população estimada de 31.675 habitantes, tendo sua grande maioria de habitantes na área urbana do município.

Quanto a área das microbacias, estas apresentam uma dimensão total de 2.360 ha, composto por cinco sub-bacias, que para este estudo foram denominadas de microbacias A, B, C, D e E, onde foram determinados cinco pontos de coleta de amostras de água, imediatamente anterior a foz dessas com o Lajeado principal denominado de Lajeado do Pardo, levando em consideração a altimetria da microbacia. Até o presente trabalho não existe nenhuma metodologia que especifique pontos de coleta para as análises feitas no estudo (RASCHLE, et al., 2021).

#### 3.2 COLETAS DAS AMOSTRAS DE ÁGUAS

As coletas de água foram realizadas em quatro pontos, um à montante (M) dois entre as faixas de coleta de plantas e um à jusante (J). As amostras de água foram coletas com o auxílio de frascos de plásticos de 1 L em sentido contrário ao fluxo da água.

Nestes pontos foram realizadas coletas de amostras de água de aproximadamente um litro, em embalagens apropriadas e previamente higienizadas e esterilizadas, onde foram acondicionadas em caixas térmicas sem a presença de luz, em seguida encaminhadas para o Laboratórios de Análise de Águas da Universidade Federal de Santa Maria (Campus Frederico Westphalen). Onde foram submetidas à determinação de Amônia (NH<sub>3</sub>), Nitrato (NO<sub>3</sub>-), Nitrito (NO<sub>2</sub>-), Fósforo Total (P), (Figura 1), Número mais provável de coliformes totais e Número Mais Provável (NMP) de *Escherichia coli* (APHA, 1999).

Quadro 2 - Metodologia indicada para análise de Nitrogênio amoniacal Total (N-NH<sub>3</sub>), Amônia (NH<sub>3</sub>), N-Nitrato (N-NO<sub>3</sub>-), Nitrato (NO<sub>3</sub>-), N-Nitrito (N-NO<sub>2</sub>-), Nitrito (NO<sub>2</sub>-) e Fósforo Total (P) (APHA, 1999).

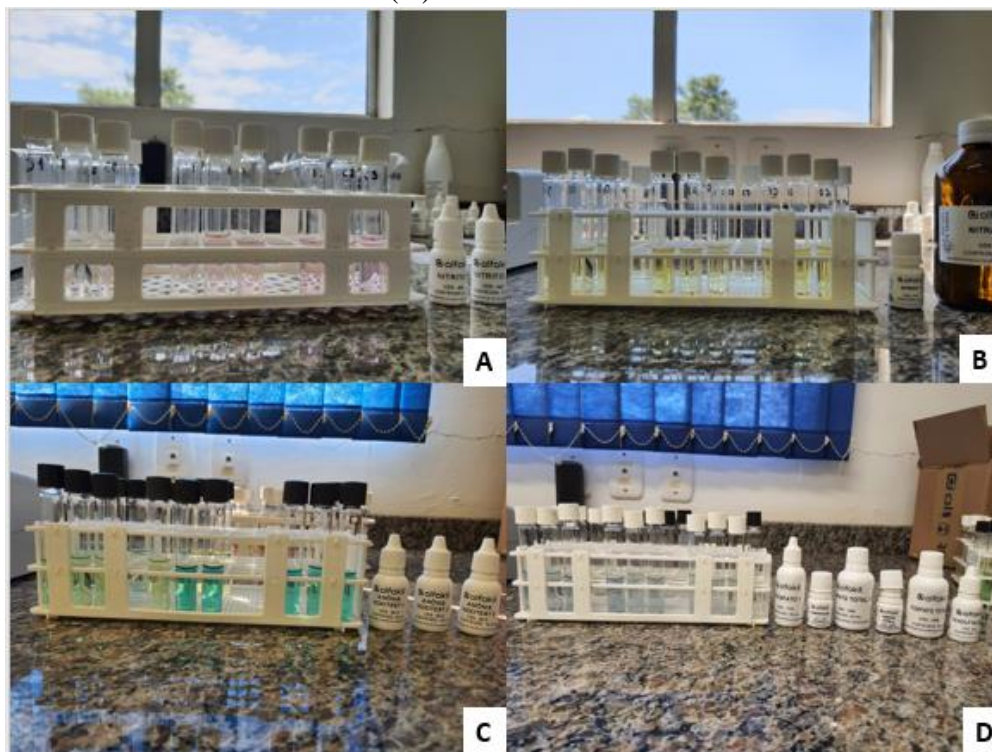
Parâmetro	Metodologia	Leitura	Referências
Nitrogênio amoniacal NH <sub>3</sub>	Método Indofenol. *	Triplicata	SMEWW - 22º Ed. 2012. 4500 F. 4-115.
Nitrato NO <sub>3</sub> -	Método N-(1-naftil)-etilenodiamina. **	Triplicata	SMEWW - 22º Ed. 2012. 4500 B. 4-120.
Nitrito NO <sub>2</sub> -	Método N-(1-naftil)-etilenodiamina. **	Triplicata	SMEWW - 22º Ed. 2012. 4500 B. 4-120.
Fósforo Total P	Método do ácido ascórbico. ***	Triplicata	SMEWW - 21ª Edição, 2005.

\* Método Indofenol é baseado na formação de um composto azul intenso, resultado da mistura de um íon de amônio com um composto fenólico na presença de um oxidante e um catalisador.

\*\* Método para identificação de Nitrito e Nitrato baseado na formação de um composto com coloração purpúrea avermelhado em pH ácido em resposta a reação de ácido sulfanílico com o diloreto de N-(1-Naftil)-etilenodiamino.

\*\*\* Método do ácido ascórbico é com base na digestão da amostra com aquecimento em meio ácido, liberando o fosfato para o meio e formando um complexo azul.

Figura 1 - Determinação dos níveis de Nitrito (A), Nitrato (B), Amônia (C) e Fósforo Total (D) utilizando o Alfakit.



Os instrumentos utilizados para realizar a análise das amostras de água foi o espectrofotômetro NANOCOLOR UV/VIS (MACHEREY-NAGEL), agitador Vortex QL-901 (Biomixer), cubetas de vidros, becker, proveta, erlenmeyer e pipeta.

Para determinação do Índice de Estado Trófico (IET), foi utilizada a equação proposta por Lamparelli (2004), descrita na seguinte equação:

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2))$$

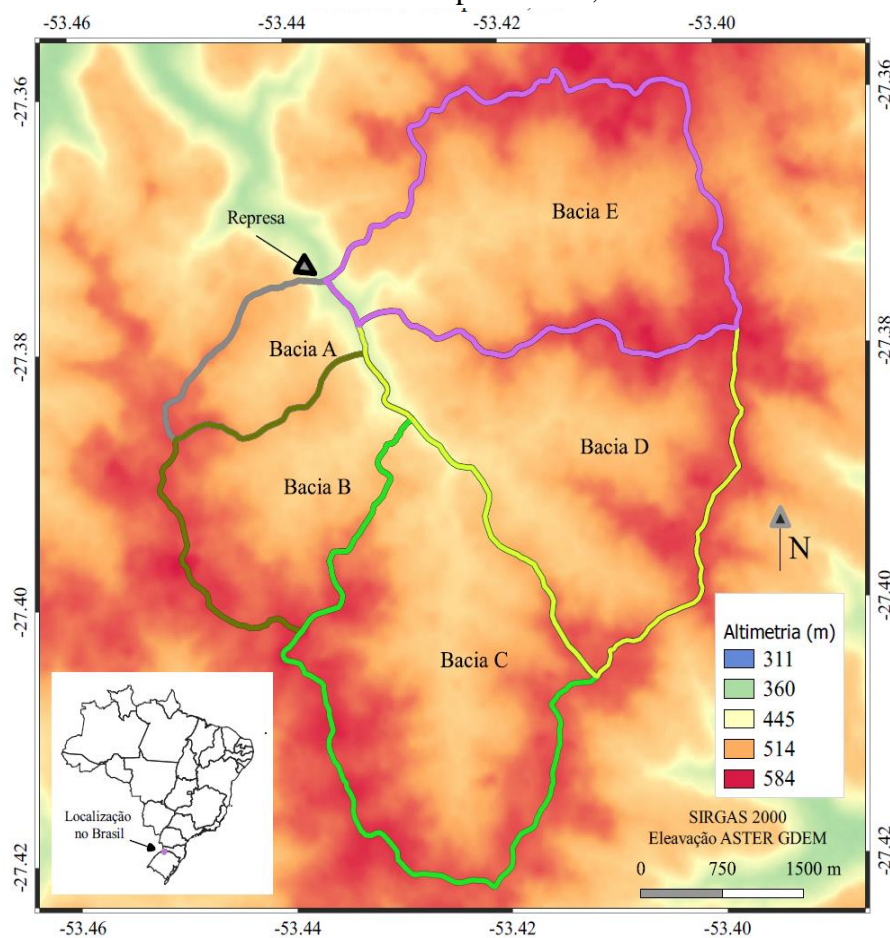
Onde: PT = concentração de fósforo total medida à superfície da água, em g.L-1.

### 3.3 AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS DAS MICROBACIAS

Para determinação da drenagem do mesmo foi utilizado o Height Above the Nearest Drainage (RENNÓ et al., 2008) de forma preliminar e, seguido da digitalização manual amparado em dados de um ortomosaico de imagens adquiridas com o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) em 2017 (BREUNIG, 2017). Esse ortomosaico foi à base para a extração das drenagens e alguns pontos foram validados com visitas a campo. O processamento do algoritmo HAND foi realizado no ambiente Image Processing & Analysis Software - Interactive Data Language (ENVI-IDL; HARRIS 2021) e o QGIS (SHERMAN, 2002).

Para a extração dos limites das microbacias hidrográficas que compõem a área de estudo, foi utilizado o produto do Advanced Land Observing Satellite - Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar - Global Digital Terrain Model (ALOS-PALSAR GDEM, ID AP\_25031\_FBD\_F6630\_RT1). Este modelo possui resolução espacial de 12,5 metros. Foi feita uma inspeção para remoção dos artefatos no modelo de terreno. A partir do modelo, foram extraídas as linhas de crista que separam as microbacias hidrográficas. Para tal, foram utilizados de forma combinada a vetorização manual amparada do resultado gerado pelo Height Above the Nearest Drainage (HAND et al., 2008). Dessa forma foram definidas cinco microbacias denominadas de A, B, C, D e E como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Microbacias hidrográficas que compõem a área de captação da CORSAN.  
Frederico Westphalen-RS, Brasil

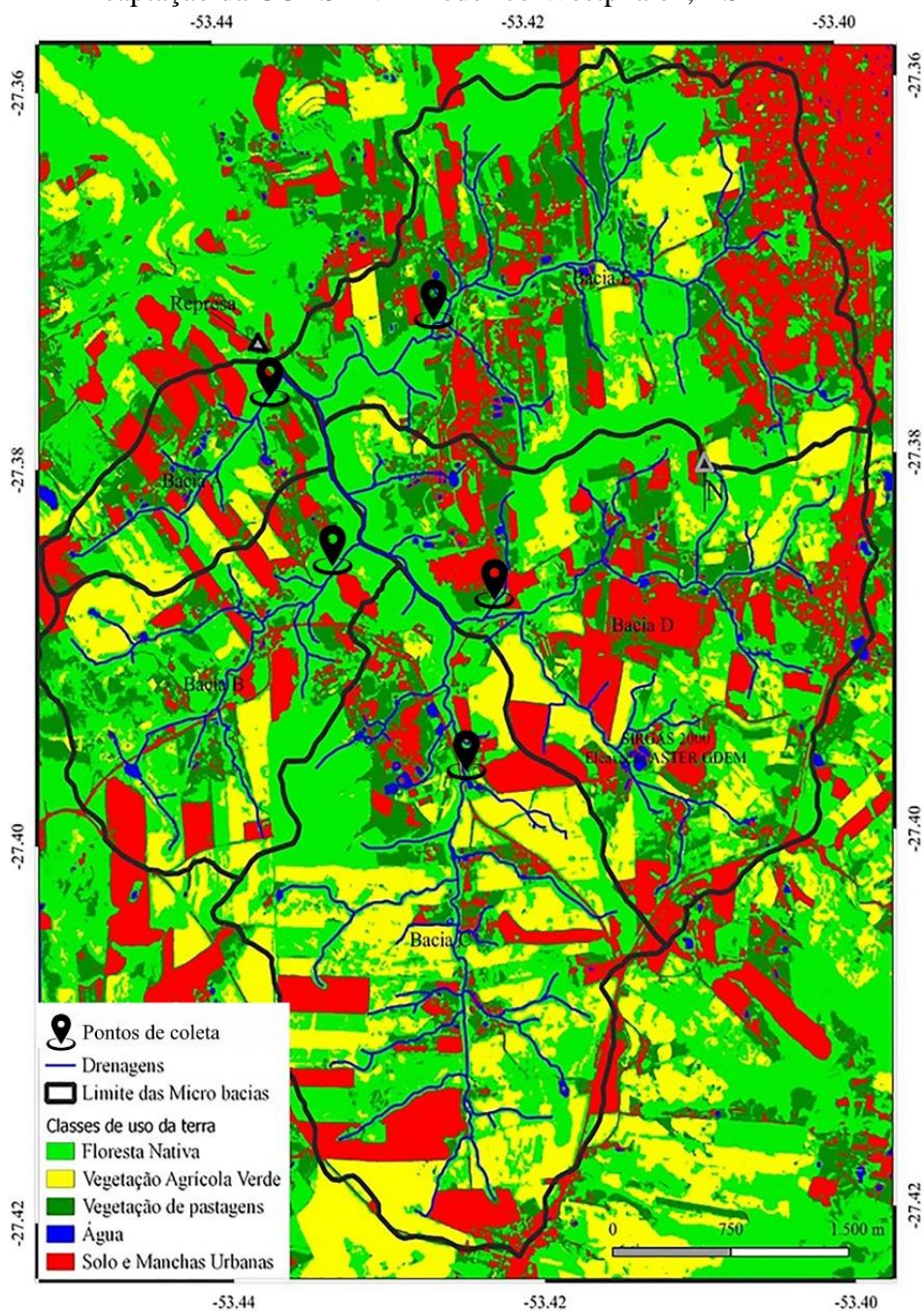


Fonte: Volpi et al. (2021, no prelo).

Para realizar a quantificação simples do uso e cobertura da terra nas cinco microbacias em análise foi utilizada uma imagem PlaneScope de 13 de fevereiro de 2020 (Figura 3). A classificação consistiu no uso do algoritmo support vector machine (SVM).



Figura 3 – Uso e cobertura da terra nas bacias hidrograficas que compoe a area de captação da CORSAN – Frederico Westphalen, RS



Fonte: Volpi et al. (2021, no prelo).

Foram utilizadas apenas cinco classes de cobertura: Solo exposto e áreas urbanas, água, vegetação nativa, vegetação agrícola verde, e vegetação de pastagens. O objetivo foi demonstrar as características gerais das micro bacias.



#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As cinco microbacias que compõem o ambiente do estudo, estão associadas a diferentes influências antrópicas, o que acaba gerando diversos impactos ambientais, pois, acabam destinando aos cursos de água efluentes não tratados, que por sua vez contribuem com o aumento de nutrientes nestes cursos, que conseqüentemente resultam em eutrofização.

Neste sentido, segundo Torres et. al., (2017) a preservação das margens e dos cursos d'água tem grande importância, tanto para a própria preservação do meio ambiente como para assegurar os aspectos sociais, econômicos e políticos relacionados, uma vez que, diferentes atividades antropogênicas podem liberar substâncias tóxicas para o meio ambiente.

Na tabela 1 pode se observar que há um maior percentual de áreas utilizadas com culturas anuais na microbacia “C”, que além disso, juntamente com a microbacia “D”, apresentam maiores percentuais de ocupação do solo através de intervenções populacionais incluindo espaços de uso urbano e demais atividades desenvolvidas em propriedades rurais.

Tabela 1 – Percentual do uso e cobertura do solo nas microbacias que compõe a área de captação da CORSAN no Lajeado do Pardo – Frederico Westphalen - RS

Classe de uso	Microbacia hidrográfica (%)				
	A	B	C	D	E
Floresta	35,63	48,37	40,67	39,16	41,43
Culturas	13,56	15,68	28,96	15,47	10,14
Pastagens	23,87	18,17	12,24	19,97	25,27
Água	1,32	0,69	0,47	1,14	0,50
Solo/urbana	25,63	17,09	17,66	24,25	22,66

Fonte: Própria autoria (2022).

Grande percentual da microbacia “C” é coberta por área agrícola e grande concentração de pessoas, como é o caso da área relativa às instalações da UFSM-FW, se localizando dentro da microbacia analisada e contribuindo para grande geração de dejetos orgânicos devido ao elevado número de pessoas que frequentam o local.

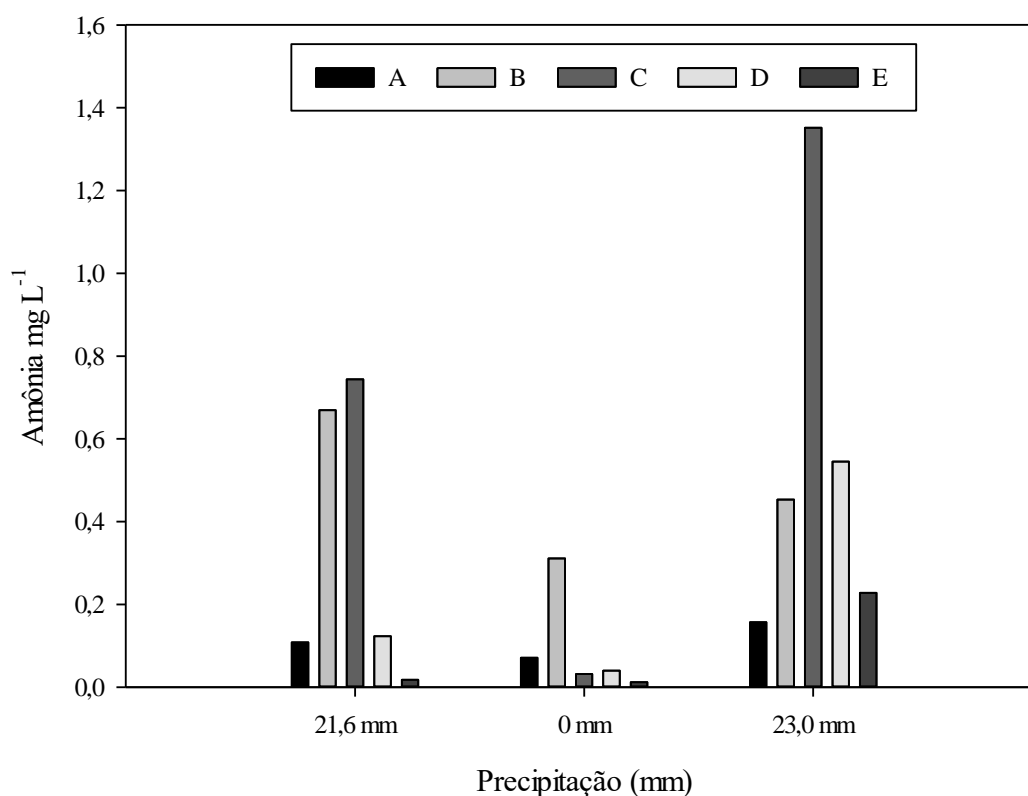
Ainda, dentro disso, é possível destacar que, nesta referida área onde se encontra a microbacia “C”, os índices apresentados nos gráficos dos respectivos nutrientes

analisados, se mantiveram num mesmo patamar de valores, ou seja, a ação ou influência de agentes naturais como o índice de precipitação no local, não alterou os valores atribuídos a estes nutrientes nos gráficos, apresentando um número constante e elevado destes dentro da área de estudo.

#### 4.1 AMÔNIA

De acordo com a resolução CONAMA 357/2005, o limite aceitável de nitrogênio amoniacal total é de  $3,7 \text{ mgL}^{-1}$  (BRASIL, 2005). Na figura 4 são apresentados os resultados de amônia presentes nas coletas de água. Nas observações realizadas, nenhuma amostra ultrapassou o limite máximo estabelecido.

Figura 4 – Concentrações de amônia presentes nas três coletas realizadas nas microbacias que compõe a área de captação da CORSAN no Lajeado do Pardo – Frederico Westphalen - RS



A amônia encontrada na água é facilmente carregada, tendo como origem efluentes domésticos e degradação natural de materiais orgânicos, onde ambas fontes de origens

estão presentes em todas as microbacias avaliadas, a concentração encontrada é crescente de acordo com o volume de chuva registrado (Figura 4), mostrando que o material é facilmente carregado para o curso d'água. A amônia em elevadas concentrações nos ambientes aquáticos é prejudicial aos peixes, por ser uma forma tóxica para esses seres vivos (PINHEIRO, BENINI, 2019).

O maior valor de amônia observado foi para a microbacia C, que após uma precipitação de 23 mm, apresentou um valor amônia de  $1,352 \text{ mgL}^{-1}$ . Ainda, observar-se a diferença acentuada nos valores de amônia dissolvida, quando ocorre precipitação ou não nas microbacias, sendo mais visível esta diferença na microbacia C. Desta forma, os dados demonstram que a precipitação é fator preponderante, visto que, os maiores valores de amônia nas amostras foram observados após o registro das precipitações, o que vai de encontro ao trabalho de Melo, et. al., (2017) que em seu estudo observou as maiores concentrações de amônia na estação chuvosa, estando o aumento da concentração desse nutriente relacionado as elevadas cargas orgânicas transportadas pela chuva nesse período.

Moura e Pinelli (2010) afirma que a oxidação de compostos nitrogenados se dá quimicamente e a oxidação não biológica permite afirmar a ausência parcial de poluição por esgoto. Isto vai de encontro aos resultados obtidos, onde os valores obtidos se mantiveram abaixo dos limites, podendo-se assim afirmar que a contaminação por esgoto é rara nas microbacias do Lajeado do Pardo.

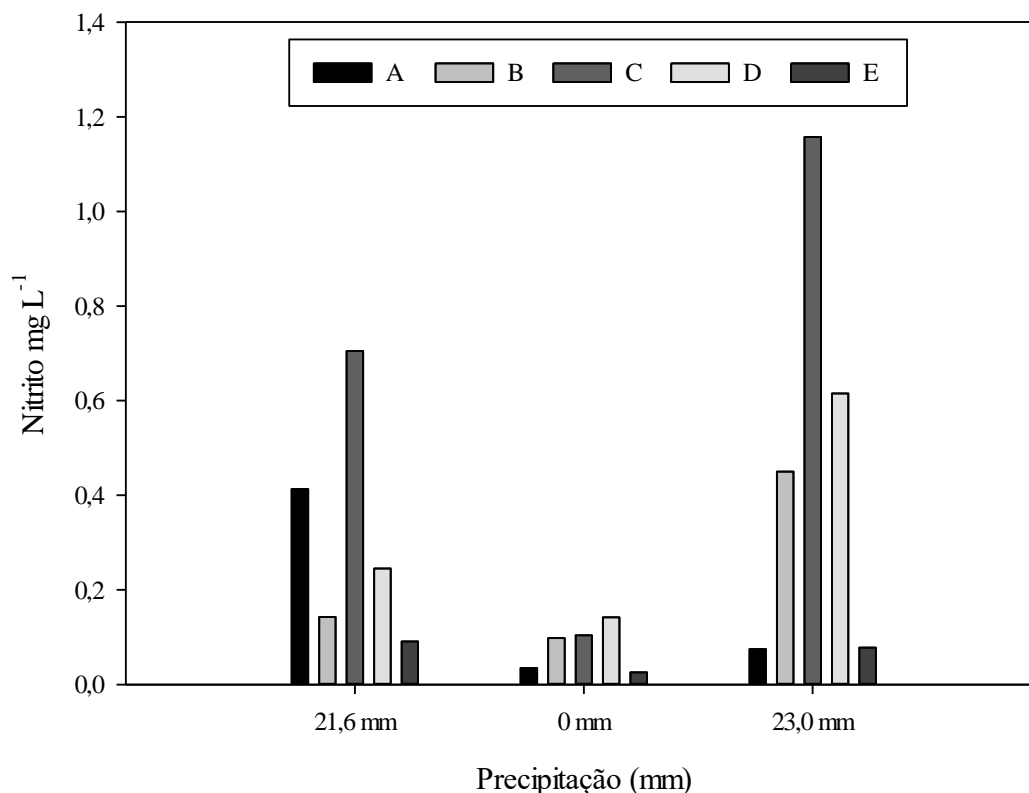
## 4.2 NITRITO

Os compostos nitrogenados podem ser liberados nos corpos d'água por fontes naturais ou como resultado de atividades antrópicas. Fixação biológica, processos pluviométricos, escoamento superficial e drenagem rural são alguns exemplos de fontes naturais de nitrogênio (Fortunato et. al., 2020). Nitrato e nitrito na água potável podem ter impactos negativos na saúde humana, enquanto o amônio não é de importância direta para a saúde humana (*World Health Organization, 2011*) Sendo que para o nitrito há evidências para a carcinogenicidade em animais (VILLANUEVA et. al., 2014).

O limite tolerável para nitrito em águas doces conforme a resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), é de  $1 \text{ mgL}^{-1}$ . Nas observações realizadas neste trabalho o nitrito apresentou os maiores valores na microbacia C (Figura 5), atingindo  $1,157 \text{ mgL}^{-1}$ , após uma precipitação de 23 mm, ultrapassando o limite máximo tolerável conforme a resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), este valor pode estar diretamente

correlacionado com a maior utilização agrícola do solo por culturas anuais e pastagens, já que estas atividades podem acarretar no carreamento dos materiais, aumentando os níveis de nitrito nos cursos d'água.

Figura 5 – Concentrações de nitrito presentes em três coletas de água realizadas nas microbacias que compõe a área de captação da CORSAN no Lajeado do Pardo – Frederico Westphalen - RS



Por outro lado Pinheiro e Benini (2019) o nitrogênio é um elemento importante nos ambientes aquáticos, pois participa da composição das proteínas, da clorofila, dos ácidos nucleicos, enzimas, hormônios e outros compostos biológicos essenciais para os seres vivos. As fontes desse nutriente nos corpos hídricos são variadas, podendo ser provenientes da decomposição de matéria orgânica, esgoto doméstico ou industrial, detergentes, excretas de animais, fertilizantes, defensivos agrícolas e intemperismo do solo.

Nenhuma das demais microbacias que compõem a área em estudo do Lajeado Pardo apresentou valores superiores ao limite máximo tolerável para nitrito. A microbacia E apresentou os menores níveis de nitrito, mesmo após precipitação, valores estes

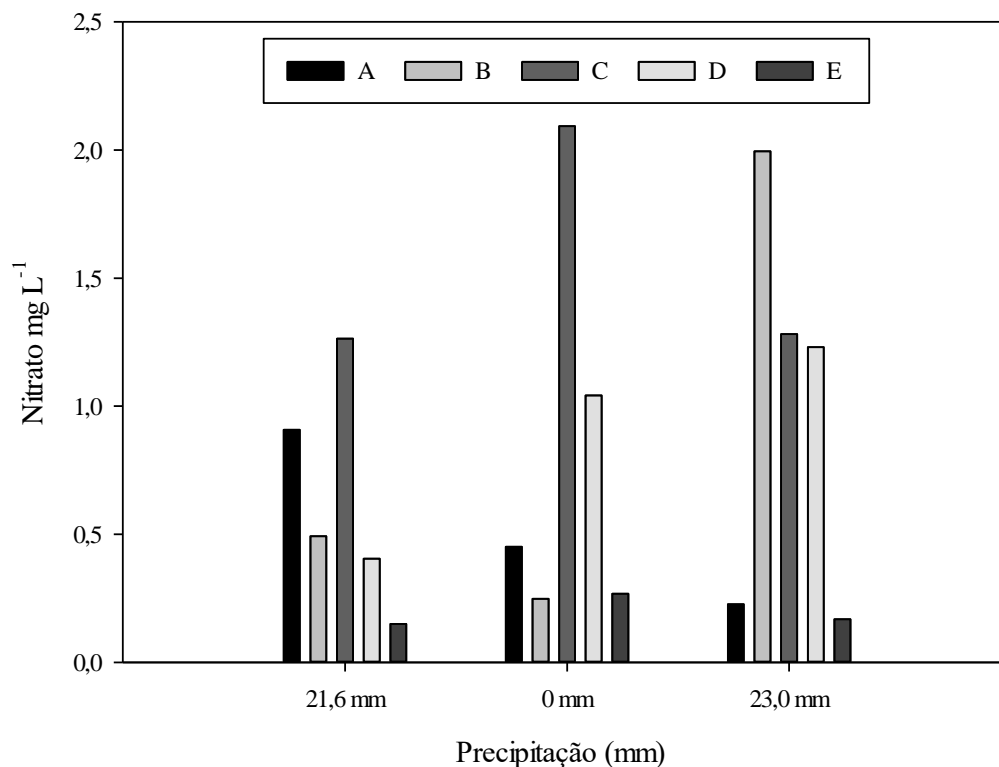
menores que o da microbacia B que apresenta a maior área coberta por florestas, apesar da microbacia E possuir uma área expressiva, 25,27%, ocupada por pastagens.

Os valores de nitrito encontrados na microbacia B podem estar intimamente relacionados com a menor ocupação das áreas da microbacia por culturas anuais. Ainda, é interessante observar que a microbacia B que apresenta a maior porcentagem da área ocupada por Floresta, apresentou valores intermediários de nitrito, com valores semelhantes a microbacia D, está que apresenta porcentagens de ocupação da área semelhantes em culturas anuais e pastagens, mas uma maior área ocupada com solo/urbana.

#### 4.3 NITRATO

Na figura 5 são apresentados os valores de nitrato, podendo-se observar que em nenhuma das coletas em todas as bacias hidrográficas neste estudo apresentou valores que superaram o limiar máximo para água doce de Classe II. Os maiores valores de nitrato foram encontrados na segunda coleta da microbacia C e terceira coleta na microbacia B,  $2,093 \text{ mgL}^{-1}$ ,  $1,995 \text{ mgL}^{-1}$ , respectivamente (Figura 6) estes valores podem estar relacionados com a decomposição dos resíduos orgânicos presente nas áreas de floresta.

Figura 6 – Concentrações de nitrato presentes nas três coletas realizadas nas microbacias que compõe a área de captação da CORSAN no Lajeado do Pardo – Frederico Westphalen - RS



O nitrato é a mais abundante das espécies de nitrogênio inorgânico dissolvido em sistemas de água não poluída (Tan et al., 2021). O nitrato, normalmente encontrado na água, é oriundo de fontes naturais que incluem as rochas ígneas, drenagem da terra e decomposição de plantas e tecidos animais. O nitrato proveniente do solo chega mais rapidamente aos corpos de água do que o fósforo ou outros nutrientes. Compostos nitrogenados, especialmente na forma de nitrato, em corpos d'água podem causar problemas à saúde humana (Fortunato et. al., 2020). No caso de águas utilizadas para consumo humano, deve-se ter cuidado com a presença de nitrato que é responsável por causar a meta-hemoglobina (PINHEIRO, BENINI, 2019).

Chiang et. al., (2021) relacionou em seu estudo a maior concentração de nitrato a uma maior porção de terras agrícolas na bacia de estudo, como também, Moura & Pinelli (2010) que observaram em seu estudo que a origem do nitrato estava associada a um aglomerado de agricultores produtores de hortifrutigranjeiros, que usam fertilizantes como insumos, semelhante ao que acontece nas áreas de cultivo anual presentes nas áreas

deste estudo. Ainda os mesmos autores reiteram que os sólidos suspensos como nitrato podem ter dupla proveniência (orgânica natural e antrópica) cuja distinção é determinada pela amônia que, na maioria das situações, estará indicando contaminação por esgoto doméstico.

Conforme a resolução CONAMA 357/2005, (BRASIL, 2005) o limite máximo tolerável para nitrato em águas doces, é de  $10 \text{ mgL}^{-1}$ . Sendo que a microbacia E apresentou os menores valores de nitrato para todas as avaliações. Destaca-se que o maior valor observado para esta área foi na avaliação realizado no período onde não houve precipitação. semelhante ao que ocorreu na microbacia C que apresentou valores acima de  $1,200 \text{ mgL}^{-1}$ , mas que também apresentou o maior valor de nitrato no período onde não ocorreu precipitação. É importante destacar que o íon nitrato é considerado como o contaminante mais importante para a poluição de águas subterrâneas relacionado com práticas agrícolas (RIBEIRO et. al., 2007).

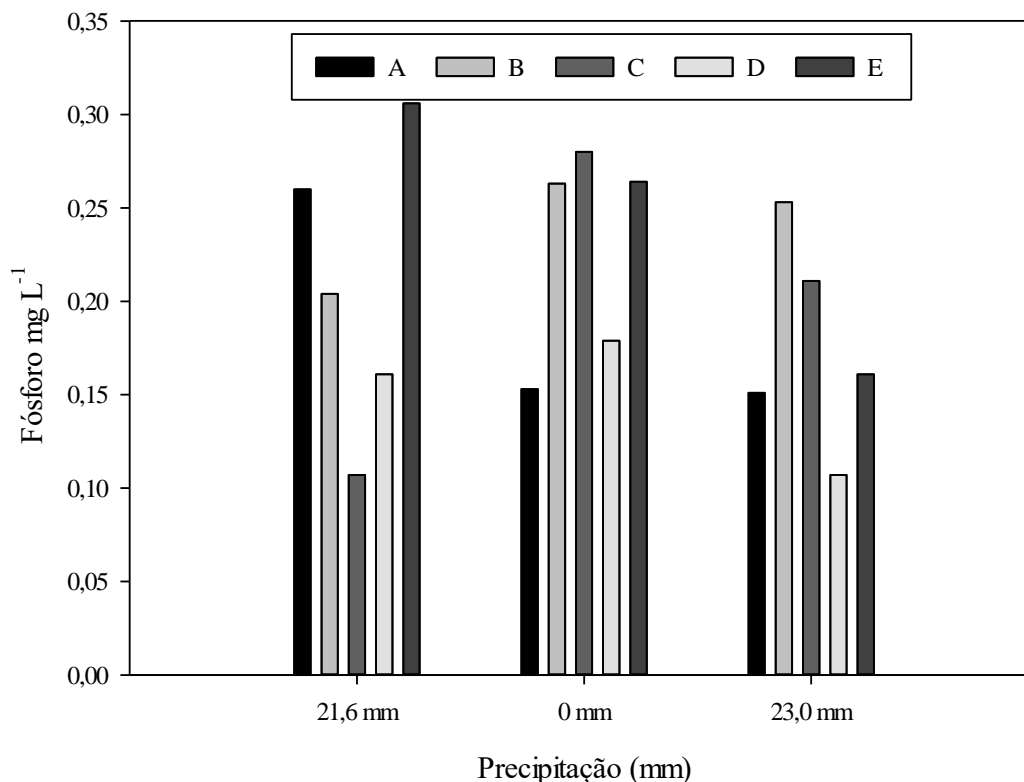
Ao contrário das formas orgânicas e de nitrogênio amoniacal, que são imobilizadas por bactérias do solo, o excesso de nitrato pode entrar na água do lajeado através de mecanismos de infiltração de águas subterrâneas (STELZER et. al., 2017). Isto pode estar relacionado com o nitrato presente na microbacia C, onde este pode estar sendo levado ou ser proveniente de águas subterrâneas, mas sendo o principal fator responsável pela sua presença as práticas agrícolas.

A microbacia D apresentou valores crescentes de nitrato presentes na água, este valor pode estar vinculado a maior área de cultivo de culturas anuais, diferente da microbacia A que apresentou valores decrescentes.

#### 4.4 FÓSFORO

Na figura 6 são apresentados dados referentes aos teores de fósforo encontrados nas coletas, as concentrações encontradas variam entre  $0,107$  a  $0,306 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 7). As maiores concentrações foram observadas nas microbacias onde na sua composição encontram-se áreas urbanas e agrícolas próximas aos córregos que compõe as mesmas, grande parte do fósforo encontrado é proveniente da cultura da soja e descargas de efluentes domésticos.

Figura 7 – Concentrações de fósforo presentes nas três coletas realizadas nas microbacias que compõe a área de captação da CORSAN no Lajeado do Pardo – Frederico Westphalen - RS



O fósforo total apresentou valores muito superiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces Classe 2, que é de 0,030 mg L<sup>-1</sup>.

Quantidade relevante de fósforo pode estar atrelada ao processo de degradação metabólica de proteínas e fosfatos presentes na urina (SENA, MONTEIRO E ALVES, 2020).

Vidal e Neto (2014) enfatizam que diversos fatores podem acabar interferindo na imobilização do fósforo no meio aquático, entre eles, Ph, alumínio, compostos orgânicos, íons de ferro. Deste modo se torna aceitável os valores de fósforo encontrados na microbacia, ainda Vidal e Neto (2014), apontam que lagos onde tem-se uma maior quantidade de íons de ferro, estes apresentam uma maior capacidade de adsorção de fosfato.

Mekonnen e Hoekstra (2018), relatam que entre 2002 até 2010, o carreamento de fósforo foi cerca de 1,5 milhão de tonelada/ano para os rios, cerca de 62% deste montante partiu de fontes domésticas e industriais e 38% através da agricultura.



Microbacias onde o percentual de vegetação é maior, apresentam uma menor contaminação entre os parâmetros analisados nas figuras acima.

#### 4.5 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO

A classificação do IET das cinco microbacias em todos os pontos amostrados não apresentou variação, mantendo-se na faixa de valores correspondente a  $42 < \text{IET} < 48$ , através da metodologia de Lamparelli (2004), assim enquadrando a microbacia como oligotrófico (Tabela 2). Porém houveram variações entre os valores, indicando uma variabilidade de concentrações de P ao longo e em diferentes pontos do Lajeado.

Tabela 2 – Classificação do Índice de Estado Trófico nas três coletas realizadas nas microbacias que compõe a área de captação da CORSAN.

Microbacias	Coletas					
	1		2		3	
<b>A</b>	47	Ultraoligotrófico	44	Ultraoligotrófico	44	Ultraoligotrófico
<b>B</b>	46	Ultraoligotrófico	47	Ultraoligotrófico	47	Ultraoligotrófico
<b>C</b>	42	Ultraoligotrófico	47	Ultraoligotrófico	46	Ultraoligotrófico
<b>D</b>	44	Ultraoligotrófico	45	Ultraoligotrófico	42	Ultraoligotrófico
<b>E</b>	48	Oligotrófico	47	Ultraoligotrófico	44	Ultraoligotrófico

Apesar de apresentar de maneira geral uma boa qualidade da água, ainda é possível melhorar a classificação das microbacias, uma vez que segundo Franzen (2009), esta é possível através da redução de entrada de nutrientes e efluentes nos cursos d'água, o que indica que à necessidade de Educação Ambiental (EA).

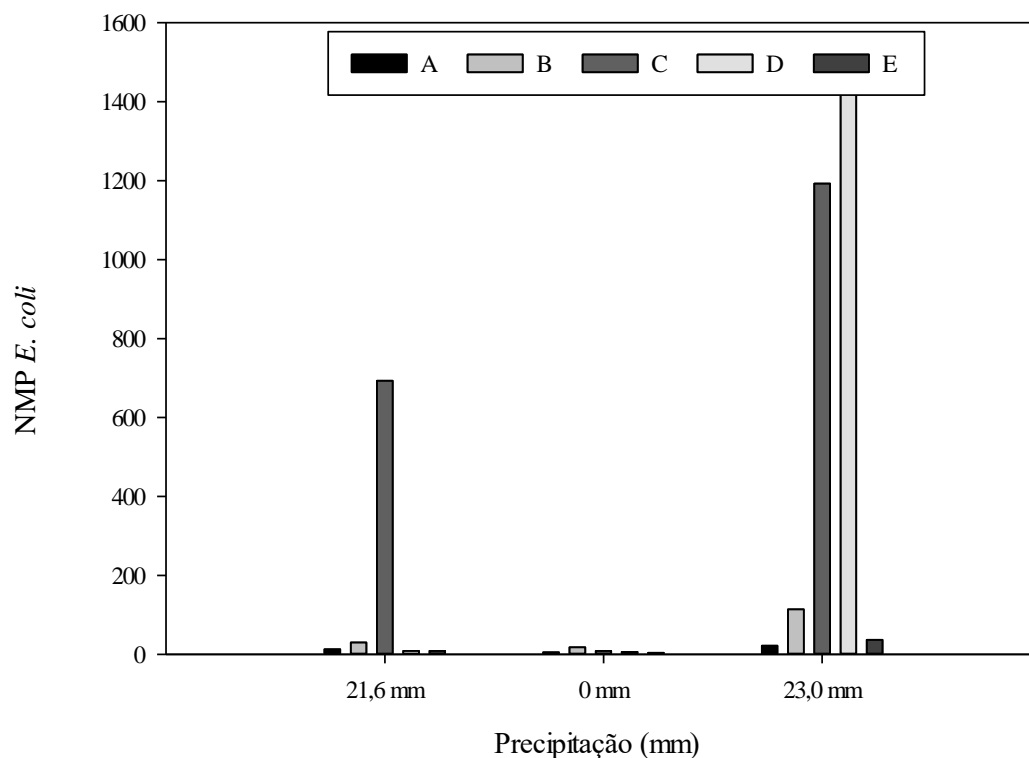
ALVES et al., (2012), analisou a qualidade das águas e também o estado trófico do Rio Arari da ilha do Marajó, norte do Brasil, classificando o rio com Supereutrófico no período das cheias e Hipereutrófico no período de seca, utilizando a metodologia proposta por Lamparelli (2004). Ainda afirmam que a classificação feita é correlacionada diretamente a grande quantidade de nutrientes que chega até o rio, sendo principal deles o fósforo.

#### 4.6 *Escherichia coli* E COLIFORMES

Na figura 8 e 9 são apresentados dados referentes aos NMP's de *Escherichia coli* e coliformes. Por não possuir uma legislação específica para cursos d'água, as microbacias se enquadram como classe 2, conforme artigo 42 da Resolução CONAMA 357 de 2005

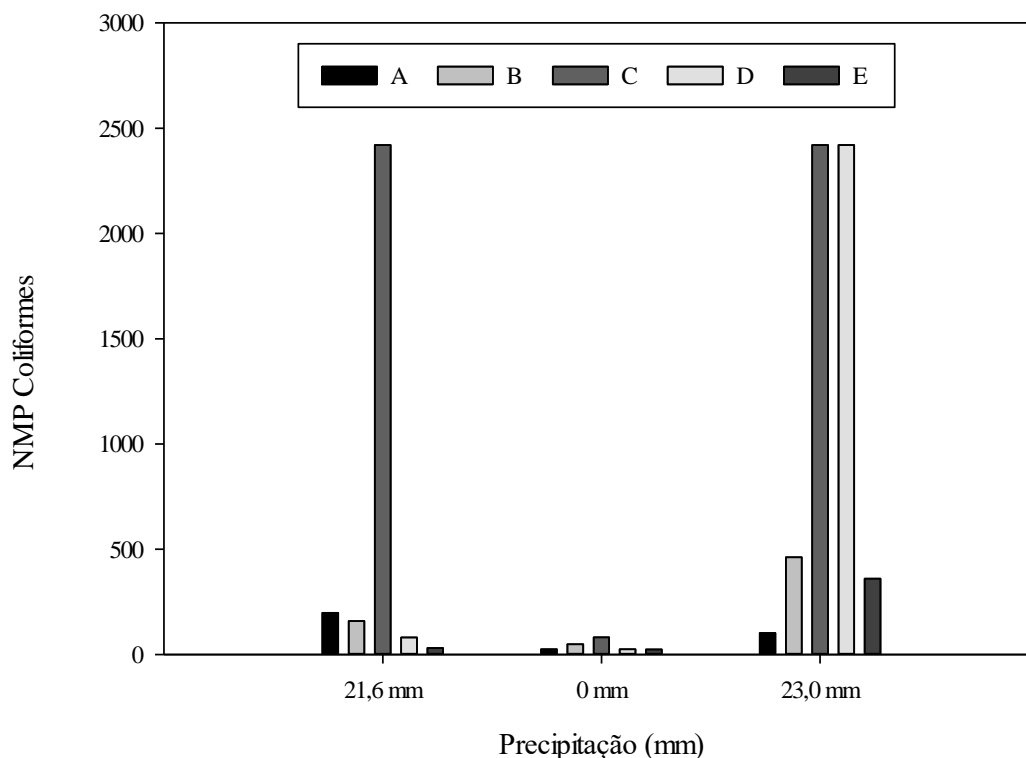
(BRASIL, 2005) e na Resolução CNRH nº 91 (BRASIL, 2008). Sendo assim, a legislação CONAMA 274 de 2000 (BRASIL, 2000), trata como imprópria para o uso amostras que apresentam 800 *E. coli* 100 mL<sup>-1</sup>.

Figura 8 – Determinação do NMP de *E. coli* presentes nas três coletas realizadas nas microbacias que compõe a área de captação da CORSAN no Lajeado do Pardo – Frederico Westphalen - RS



As microbacias avaliadas estão inseridas em um ambiente, onde a presença de áreas agrícolas e áreas urbanas acabam interagindo com as áreas de florestas, essa interação através de efluentes domésticos e fertilizantes e demais materiais provenientes da prática agrícola, acabam contaminando em maiores proporções algumas microbacias específicas (C e D) como é apresentado nas figuras 8 e 9.

Figura 9 – Determinação do NMP de coliformes presentes nas três coletas realizadas nas microbacias que compõe a área de captação da CORSAN no Lajeado do Pardo – Frederico Westphalen - RS



Nas microbacias “C” e “D” é possível destacar que, estes elevados índices de contaminação são possíveis devido a grande presença de agentes poluidores, como é o caso das atividades de suinocultura e de avicultura. Estes são responsáveis por elevada produção de dejetos orgânicos, que são facilmente transportados pelas chuvas para dentro dos cursos d’água, ocasionando consequentemente a contaminação destes ao longo de toda a bacia.

Sendo assim, é possível dividir as avaliações em duas variáveis, a primeira variáveis físico-químicas, e a segunda em variáveis biológicas, teoricamente divididas, entretanto estão relacionadas (SILVA, et al., 2015). A avaliação biológica se torna indispensável, sendo que a mesma consegue demonstrar influência sob pequenas concentrações de poluentes presentes no meio. A avaliação físico-química traz o retrato da qualidade da água no momento da amostragem, enquanto a avaliação biológica acaba refletindo as alterações geradas nos momentos anteriores (COSTA, et. al., 2013).

A avaliação biológica acaba partindo do princípio onde todo ecossistema, mantém-se em equilíbrio, através de relações ecológicas complexas, sendo esse equilíbrio não estático, podendo este se alterar através de agentes naturais ou antrópicos, no momento em que este equilíbrio é afetado, o ecossistema faz o reajuste a fim de atingir um novo equilíbrio, onde este processo acaba selecionando diversos organismos que estão mais aptos a mudanças a nova condição, provocando a redução ou até mesmo a extinção dos microrganismos com menor aptidão as novas mudanças.

Segundo Zhang et. al., (2012) o uso do solo acaba desencadeando um papel importante na persistência e disseminação destas bactérias, ainda Alegbeleye e Sant'ana (2020) ressaltam que as práticas agrícolas juntamente com a geração de resíduos domésticos, potencializam a contaminação de ambientes aquáticos.

A utilização de água imprópria para o consumo e a falta de saneamento, elevam a mortalidade infantil, estima-se que, 297.000 óbitos de crianças são registrados todos os anos. Ainda, estima-se que o saneamento inadequado é a principal causa de cerca de 432.000 mortes de pessoas por diarreia no mundo (UNICEF, WHO 2019).

## 5 CONCLUSÕES

É possível concluir que, o uso e ocupação do solo influencia diretamente o carreamento superficial de nutrientes ( $\text{NO}_2^-$ , P,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_3$ ) para dentro dos cursos d'água, sendo eles provenientes tanto de resíduos domésticos quanto agrícola, principalmente na microbacia C, onde grande percentual da mesma é coberta por área agrícola e grande concentração de pessoas.

É possível concluir com o IET que, a presença de nutrientes não mostra interferência do uso em função da qualidade da água.

Observa-se ainda o aumento nos níveis de  $\text{NO}_2^-$ , e  $\text{NH}_3$ , nas microbacias, em função da precipitação pluviométrica, contudo se tratando dos níveis de P e  $\text{NO}_3^-$ , nas microbacias, a precipitação pluviométrica não influencia no aumento destes nutrientes.

Existe a presença de *E. coli* e coliformes nas microbacias que abrangem a área de estudo. Os resultados encontrados nas amostras demonstram que, as microbacias, não apresentam um grau elevado de contaminação, exceto as microbacias C e D quando analisadas após a precipitação pluviométrica, ficando acima do limite máximo permitido pela legislação para águas balneáveis, segundo CONAMA nº 274 de 2000.

Nestas microbacias é possível destacar que, estes elevados índices de contaminação, são possíveis devido a grande presença de agentes poluidores, como é o caso das atividades de suinocultura e de avicultura. Estes são responsáveis por elevada produção de dejetos orgânicos, que são facilmente transportados pelas chuvas para dentro dos cursos d'água, ocasionando, conseqüentemente, a contaminação destes ao longo da bacia.

## 6 REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, Larissa Azambuja. **Práticas de educação ambiental na gestão de recursos hídricos**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 5, n. 5, pág. 741-748, Panambi, RS, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/4199/2803>. Acesso em: 22 mai. 2022.

ALEGBELEYE, O. O.; SANT'ANA, A. S. **Manure-borne pathogens as an important source of water contamination: An update on the dynamics of pathogen survival/transport as well as practical risk mitigation strategies**. International Journal of Hygiene and Environmental Health, v. 227, p. 113524, São Paulo, SP, 2020.

ALMEIDA, Katiane Cristina de Brito. **Avaliação da rede de monitoramento de qualidade das águas superficiais da Bacia do Rio das Velhas utilizando o método da entropia**. Universidade Federal De Minas Gerais. Programa De Pós-Graduação Em Saneamento, Meio Ambiente E Recursos Hídricos. Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <http://www.repositorioigam.meioambiente.mg.gov.br/bitstream/123456789/2487/1/AVLIA%20c3%87%20c3%83O%20DA%20REDE%20DE%20MONITORAMENTO%20DE%20QUALIDADE%20DAS%20c3%81GUAS.PDF>. Acesso em: 28 mar. 2022.

ALVES, I. C. C.; EL-RABRINI, M.; SANTOS, M. de L. S.; MONTEIRO, S. de M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. **Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari**. Manaus, AM, 2012. Disponível em: Acesso em: 16 de mar, de 2022.

ALVES, Stella Gleyce da Silva; ATAIDE, Carla Daniela Gomes; SILVA, Joaquim Xavier da. **Análise microbiológica de coliformes totais e termotolerantes em água de bebedouros de um parque público de Brasília, Distrito Federal**. Revista de Divulgação Científica Sena Aires. Santa Maria, RS, v. 7, n. 1, p. 12-17, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/YCJpRsLwR4hMv6ppV3XWgxp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 mar. 2022.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Choice Reviews Online, v. 49, n. 12, p. 49-6910-6949, 2012. Disponível em: <http://choicereviews.org/review/10.5860/CHOICE.49-6910>. Acesso em: 13 mar. 2022. DOI: 10.5860/CHOICE.49-6910. American Public Health Association. **Standard Methods for the examination of Water and Wastewater**. 20ª ed. p.1220, Washington (DC), 1999.

ARAÚJO, Wane Paiva de. **Análise microbiológica da água do rio Parnaíba e da água da Caema que abastece o município de Santa Quitéria do Maranhão-MA**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Licenciatura em Ciências Naturais) - Universidade Federal do Maranhão, São Bernardo, MA, 2018. Disponível em: <https://monografias.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/2406/1/Ara%20c3%baixoWane.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2022.

BARICHELLO, Dorli Elso; PINHEIRO, Damaris Kirsch; RORATO, Daniele Guarienti. **Ações práticas e de educação ambiental visando preservar nascentes, Dona**

**Francisca, RS.** Revista Monografias Ambientais, v. 14, n. 3, p. 64-75, Santa Maria, RS, 2015. Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum\\_ambiental/article/view/1259](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/1259). Acesso em: 12 mar. 2022.

BARRETO, Luciano et al. **Eutrofização em rios brasileiros.** Enciclopédia biosfera, v. 9, n. 16, Goiânia, 2013. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/biologicas/EUTROFIZACAO.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2022.

BRASIL (2005). CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução no 357 de 17 de março de 2005.** Brasília – DF; DOU.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) -**Programa Qualiágua.** Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt/br/assuntos/monitoramento-e-eventos-criticos/qualidade-da-agua/qualiagua>. Acesso em: 25 mar. 2022.

BRASIL. Agencia Nacional De Águas e Saneamento Básico. **Atlas águas.** Brasília, 2021. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/1d27ae7adb7f4baeb224d5893cc21730>. Acesso em: 25 mar. 2022.

BRASIL. Agencia Nacional De Águas e Saneamento Básico. **Rede Nacional- Redes de Monitoramento.** Brasília, 2022. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/rede-nacional-rede-monitoramento.aspx>. Acesso em: 24 mar. 2022.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). **Manual Prático de Análise de Água.** 4 ed., p. 153, Brasília, DF, 2013. Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manual\\_pratico\\_de\\_analise\\_de\\_agua\\_2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf). Acesso em: 13 mar, 2022.

BRASIL. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (IBGE). **Cidades e Estados. Frederico Westphalen,** Brasília, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/frederico-westphalen.html>. Acesso em: 14 mar. 2022.

BRASIL. Ministério Da Saúde. **Plano de segurança da água-garantindo a qualidade e promovendo a saúde.** Brasília, DF, 2012. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano\\_seguranca\\_agua\\_qualidade\\_sus.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/plano_seguranca_agua_qualidade_sus.pdf). Acesso em: 28 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de consolidação nº 5 do ministério da saúde de 03 de outubro de 2017.** Brasília, DF, 2017. Disponível em: <https://www.brkambiental.com.br/uploads/4/14-png-sumare/portaria-consolidacao-5-anexo-xx.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2022.

BRASIL. Ministério Da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Brasília, DF, 2011. Disponível em:

[https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20os%20procedimentos%20de,e%20seu%20padr%C3%A3o%20de%20potabilidade](https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20os%20procedimentos%20de,e%20seu%20padr%C3%A3o%20de%20potabilidade). Acesso em: 16 mar. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Brasília: DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 2005.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Alterada Pelas Resoluções CONAMA N°393/2007, N° 397/2008, N° 410/2009 e N° 430/2011 Brasília, DF, 2005. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res\\_conama\\_357\\_2005\\_classificacao\\_corpos\\_agua\\_rtfda\\_altrd\\_res\\_393\\_2007\\_397\\_2008\\_410\\_2009\\_430\\_2011.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfda_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf). Acesso em: 16 mar. 2022.

BREUNIG, Fabio Marcelo. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) data acquired over a subtropical forest area of the UFSM campus Frederico Westphalen, at July 11, 2017, Rio Grande do Sul, Brazil. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4328340>

CAMPOS, Danilo Aparecido Gatto et al. **Avaliação da qualidade da água destinada ao consumo humano em instituição de ensino**. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v. 15, n. 1, p. 289-298, Frederico Westphalen, RS, 2017. Disponível em: [http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/3340/pdf\\_635](http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/3340/pdf_635). Acesso em: 15 mar. 2022.

CAPOANE, Viviane et al. **Uso de atributos topográficos para predição de áreas propensas a perda e a deposição de sedimento em uma bacia hidrográfica do planalto do Rio Grande do Sul**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 16, n. 3, Porto Alegre, RS, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Viviane-Capoane/publication/327686707\\_INFLUENCIA\\_DA\\_TOPOGRAFIA\\_NA\\_EROSAO\\_E\\_DISTRIBUICAO\\_DE\\_FOSFORO\\_DO\\_SOLO\\_EM\\_DUAS\\_TOPOSSEQUENCIAS\\_DO\\_PLANALTO\\_DO\\_RIO\\_GRANDE\\_DO\\_SUL/links/5b9f039092851ca9ed10d7d4/INFLUENCIA-DA-TOPOGRAFIA-NA-EROSAO-E-DISTRIBUICAO-DE-FOSFORO-DO-SOLO-EM-DUAS-TOPOSSEQUENCIAS-DO-PLANALTO-DO-RIO-GRANDE-DO-SUL.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Viviane-Capoane/publication/327686707_INFLUENCIA_DA_TOPOGRAFIA_NA_EROSAO_E_DISTRIBUICAO_DE_FOSFORO_DO_SOLO_EM_DUAS_TOPOSSEQUENCIAS_DO_PLANALTO_DO_RIO_GRANDE_DO_SUL/links/5b9f039092851ca9ed10d7d4/INFLUENCIA-DA-TOPOGRAFIA-NA-EROSAO-E-DISTRIBUICAO-DE-FOSFORO-DO-SOLO-EM-DUAS-TOPOSSEQUENCIAS-DO-PLANALTO-DO-RIO-GRANDE-DO-SUL.pdf). Acesso em: 15 mar. 2022.

CARLETTO, Denise Lemke; DE OLIVEIRA, Therezinha Maria Novais. **Educação ambiental e sustentabilidade: a pegada ecológica na bacia hidrográfica do Rio Cachoeira, Joinville, SC**. Acta Biológica Catarinense, v. 4, n. 3, p. 136-144, Joinville, SC, 2017. Disponível em: <http://periodicos.univille.br/index.php/ABC/article/view/398>. Acesso em: 25 mai. 2022.

CHACON-PEREIRA, Alessandra et al. **Educação ambiental na gestão de recursos hídricos baseada no modelo de licenciamento ambiental**. Desenvolvimento e meio ambiente, v. 49, Curitiba, PR, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/57747>. Acesso em: 10 abr. 2022.

CHIANG, L. C., et. al. **Quantification of land use/land cover impacts on stream water quality across, Taiwan**. Journal of Cleaner Production, v. 318. Amsterdã, Países Baixos, 2021. Disponível



em:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965262102655X>. Acesso em: 14 abr. 2022.

COSTA, Darleila Damasceno; KEMPKA, Anieli Pinto; SKORONSKI, Everton. **A contaminação de mananciais de abastecimento pelo nitrato: o panorama do problema no Brasil, suas consequências e as soluções potenciais**. REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA, v. 10, n. 2, Fortaleza, CE, 2017. Disponível em:<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/338>. Acesso em: 20 mar. 2022.

COSTA, Samuel Alves Barbi et al. **Indicadores em saneamento: avaliação da prestação dos serviços de água e de esgoto em minas gerais**. Revista da Universidade Federal de Minas Gerais, v. 20, n. 2, p. 334-357, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistadaufmg/article/view/2704/1570>. Acesso em: 20 mai. 2022.

DA ROSA, Geneio Mario et al. **Ações antrópicas e o advento das Ciências Ambientais**. Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA), v. 17, n. 1, p. 180-197, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/12027/9354>. Acesso em: 22 mai. 2022.

DA ROSA, Genesio Mario; DA SILVA, Fabiana Regina; FLACH, Kauane Andressa. **Educação Ambiental na educação escolar e a Responsabilidade Social: desafios e possibilidades nas questões ambientais**. Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA), v. 16, n. 5, p. 411-430, 2021. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/12043/8844>. Acesso em: 25 mai. 2022.

DA SILVA, Aldeni Barbosa et al. **Análise microbiológica da água utilizada para consumo nas escolas de Esperança, Paraíba**. v. 31 n. 62, Florianópolis, SC, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/1162>. Acesso em: 16 mar. 2022.

DEBIASI, Ronaldo. **Avaliação de vulnerabilidade dos pequenos sistemas de abastecimento de água no estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2016. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/143620>. Acesso em: 10 mar. 2022.

DOS ANJOS GARCIA, Érica Natasha; MORENO, Diego Aparecido Alves Costa; FERNANDES, André Luís Valverde. **A importância da preservação e conservação das águas superficiais e subterrâneas: um panorama sobre a escassez da água no Brasil**. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 11, n. 6, São Paulo, SP, 2015. Disponível em: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum\\_ambiental/article/view/1259](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/1259). Acesso em: 12 mar. 2022.

DRUMOND, Sheila Neves et al. **Identificação molecular de Escherichia coli diarreio gênica na Bacia Hidrográfica do Rio Xopotó na região do Alto Rio**

**Doce.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, p. 579-590, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/NwGQ6P5gRnfNsFs5NHryCkt/?format=html>. Acesso em: 16 mar. 2022.

FERNANDES, Luana Leal; GOIS, Rosineide Vieira. **Avaliação das principais metodologias aplicadas às análises microbiológicas de água para consumo humano voltadas para a detecção de coliformes totais e termotolerantes.** 6(2) 49-64, Ariquemes, RO, 2015. Disponível em: <https://repositorio.faema.edu.br/bitstream/123456789/1778/1/FERNANDES%20et%20a1.pdf>:Acesso em: 17 mar. 2022.

FERREIRA, Fernanda da Silva et al. **À margem do rio e da sociedade: a qualidade da água em uma comunidade quilombola no estado de Mato Grosso.** Saúde e Sociedade, v. 26, p. 822-828, São Paulo, SP, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sausoc/a/XQGcj3Lb3STgYGS4PPQSDjs/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 mar. 2022.

FERREIRA, Patrícia da Silva Figueiredo et al. **Avaliação preliminar dos efeitos da ineficiência dos serviços de saneamento na saúde pública brasileira.** Revista internacional de ciências, v. 6, n. 2, p. 214-229, Rio de Janeiro, RJ, 2016. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/24809/19134>. Acesso em: 25 mar. 2022.

FOLLE, Kelly Kern. **Guardiões das águas mirins: integrando experiências de preservação de recursos hídricos e educação ambiental no município de Tenente Portela-RS.** Monografia (Especialização em Educação Ambiental). Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2013. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/699/Folle\\_Kelly\\_Kern.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/699/Folle_Kelly_Kern.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 23 mai. 2022.

FORTES, Ana Carolina Chaves; BARROCAS, Paulo Rubens Guimarães; KLIGERMAN, Débora Cynamon. **A vigilância da qualidade da água e o papel da informação na garantia do acesso.** Saúde em Debate, v. 43, p. 20-34, Rio de Janeiro, RJ, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sdeb/a/MScwKFMGMHc9j5yv49ZwhHM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 mar. 2022.

FORTUNATO, T. C. D. S., REIS, J. A. T. D., MENDONÇA, A. S., & SILVA, F. D. G. B. D. (2020). **Behavior simulation of nitrogen compounds in rivers with uncertainty analysis.** Revista Ambiente & Água, vol. 15 n. 3, e2449. Taubaté, SP, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/6WpgPpg4xtRcHd3JQ5xqBSQ/?lang=en&format=html>. Acesso em: 14 abr. 2022.

FRANZEN, M. **Dinâmica do Fósforo na interface água-sedimento em reservatórios.** 2009. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Porto Alegre, RS, 2009.

GIRARDI, Rubia. **Parâmetros de qualidade de água de rios e efluentes presentes em monitoramentos não sistemáticos**. Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 16, Porto Alegre, RS, 2019. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/OJS/index.php/REGA/article/view/137/17>. Acesso em: 25 mar. 2022.

HARRIS Geospatial, 2021. **Image Processing & Analysis Software - Interactive Data Language** (ENVI-IDL - v. 5.6). Boulder, CO, USA.

KOCH, Fábio Fernandes et al. **Análise de água superficial para consumo humano em um município do Rio Grande do Sul**. Revista Caderno Pedagógico, v. 14, n. 1, Lajeado, RS, 2017. Disponível em: <http://www.univates.br/revistas/index.php/cadped/article/view/1398>. Acesso em: 16 mar. 2022.

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

MACEDO, Kawana Hiromori et al. **Caracterização de Escherichia coli diarreiogênica isolada de água subterrânea para consumo humano em um assentamento rural**. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, v. 41, n. 2, p. 263-272, Londrina, PR, 2020. Disponível em: <https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/3653>. Acesso em: 16 mar. 2022.

MARANHO, Lucineide Aparecida et al. **Avaliação da qualidade da água do Ribeirão Samambaia (São Pedro, São Paulo, Brasil) através de parâmetros físicos e químicos, índice de estado trófico e teste de toxicidade com Daphnia magna**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, p. 195-201, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/694TLKzY5gMCw64Mf9q8VcD/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 mar. 2022.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. **Global anthropogenic phosphorus loads to freshwater and associated grey water footprints and water pollution levels: A high resolution global study**. Water Resources Research, v. 54, p. 345–358, Washington, D.C. 2018.

MELO, Edmara Ramos et al. **Processos hidrodinâmicos e implicações na carga de nutrientes no estuário do rio São Francisco decorrente das reduções de vazões**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/2006>. Acesso em: 15 mai. 2022.

MOURA, L. H. A., Boaventura, G. R., & Pinelli, M. P. **A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama-Distrito Federal**. Química nova. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 33(1), 97-103. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000100018>. Acesso em: 16 mar. 2022.

OLIVEIRA, Catarina Filipa Peixoto Monteiro de. **Aplicação do Colilert® à enumeração de Escherichia coli em alimentos**. 2013. Tese (Doutorado em Gestão da Qualidade e Segurança Alimentar). Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar, Instituto Politécnico de Leiria. Disponível em: <https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/1075/1/Projeto%20Catarina%20Oliveira.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Agências da ONU lançam Relatório Mundial sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/123077-agencias-da-onu-lancam-relatorio-mundial-sobre-o-desenvolvimento-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 24 mar. 2022.

PEREIRA, Maria Antônia Balbino et al. **Qualidade Hídrica da Cachoeira do Rio São Tomás, no Município de Rio Verde, Goiás, Brasil**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 13, n. 01, pág. 377-390, Recife, PE, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/>. Acesso em: 10 abr. 2022.

PESSOA, Jonatan Onis; ORRICO, Sílvio Roberto Magalhães; LORDÉLO, Maurício Santana. **Qualidade da água de rios em cidades do Estado da Bahia**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, p. 687-696, Rio de Janeiro, RJ, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/NpWvrpZhqndNn4nDNZW67Df/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 15 mar. 2022.

PICCOLI, Andrezza de Souza et al. **A Educação Ambiental como estratégia de mobilização social para o enfrentamento da escassez de água**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 21, p. 797-808, Rio de Janeiro, RJ, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/csc/2016.v21n3/797-808/>. Acesso em: 26 mai. 2022.

PINTO, Benjamin Carvalho Teixeira; BORGES, Joyce Liz Costa. **Uma atividade de educação ambiental em espaço não formal: potencialidades do uso de bacias hidrográficas**. Revista Tempos e Espaços em Educação, p. 109-124, São Cristóvão, SE 2015. Disponível em: <https://seer.ufs.br/index.php/revtee/article/view/4037/3340>. Acesso em: 25 mai. 2022.

PINTO, Vinicius Ferreira; DE MIRANDA GOVEIA, Luis Alberto; DA SILVA, Flaviane Ferreira. **Educação Ambiental Crítica através de uma aula de campo sobre recursos hídricos**. Educação Ambiental e Educação em Ciências. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC. Águas de Lindóia, SP, 2015. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R0621-1.PDF>. Acesso em: 24 mai. 2022.

RASCHLE, S. et. al. **Environmental dissemination of pathogenic *Listeria monocytogenes* in flowing surface waters in Switzerland**. *Scientific Reports*. Institute for Food Safety and Hygiene, Vetsuisse Faculty, University of Zurich, v. 11, p. 1-11, Zurich, Switzerland, 2021. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-88514-y.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88514-y>.

REBOUÇAS, Aldo da C. et al. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 2002. pág. 703-703, São Paulo, SP, 2002. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1070511>. Acesso em: 15 mar. 2022.

REICHARDT, Klaus; TIMM, Luís Carlos. **Solo, planta e atmosfera.** Springer Nature Suíça, Cham, Suíça, Springer Cham, 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-19322-5?noAccess=true#toc>. Acesso em: 15 mar. 2022.

RENNÓ, C.D., Nobre, A.D., Cuartas, L.A., Soares, J.V., Hodnett, M.G., Tomasella, J., Waterloo, M.J. **HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazon.** V. 112, Issue 9, Amsterdã, Países Baixos, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S003442570800120X>. Acesso em: 14 mar. 2022.

RIBEIRO, Maria Lúcia et al. **Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar.** Química Nova, v. 30, p. 688-694, São Paulo, SP, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000300031>. Acesso em: 14 mar. 2022.

SENA, IvaneMarcley Nascimento; MONTEIRO, Adnivia Santos Costa; ALVES, José do Patrocínio Hora. **Variações na qualidade da água e no estado trófico do Reservatório Macela no período de 2004 a 2014.** de Souza IF, Monteiro ASC, Santana NRF, organizadores. Olhar dos recursos e do meio ambiente do estado de Sergipe. Poisson, p. 34-47, Belo Horizonte MG, 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/SilvanioCosta/publication/339314787\\_Caracterizacao\\_da\\_materiaorganica\\_dissolvida\\_presente\\_nas\\_aguas\\_superficiais\\_dos\\_rios\\_Sao\\_Francisco\\_e\\_Jacare\\_utilizando\\_fluorescencia\\_molecular/links/5f1ab381299bf1720d5fde1b/Caracterizacao-da-materiaorganica-dissolvida-presente-nas-aguas-superficiais-dos-rios-Sao-Francisco-e-Jacare-utilizando-fluorescencia-molecular.pdf#page=34](https://www.researchgate.net/profile/SilvanioCosta/publication/339314787_Caracterizacao_da_materiaorganica_dissolvida_presente_nas_aguas_superficiais_dos_rios_Sao_Francisco_e_Jacare_utilizando_fluorescencia_molecular/links/5f1ab381299bf1720d5fde1b/Caracterizacao-da-materiaorganica-dissolvida-presente-nas-aguas-superficiais-dos-rios-Sao-Francisco-e-Jacare-utilizando-fluorescencia-molecular.pdf#page=34). Acesso em: 15 mai. 2022.

SHERMAN, G., **QGIS - A Free and Open Source Geographic Information System.** Viena, Austria, 2002.

SILVA, Aichely Rodrigues da et al. **Avaliação da qualidade ambiental e do processo de eutrofização na bacia hidrográfica do Papaquara, Ilha de Santa Catarina, SC.** Dissertação (Mestrado em geografia). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, SC, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/135778/335650.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 mar. 2022.

SILVA, G. S.; MIOLA, S.; SILVA, G. S.; SOUSA, E. R. **Avaliação da qualidade das águas do rio São Francisco Falso, tributário do reservatório de itaipu, Paraná.** Ecl. Quím. 35 - 3: 117 - 122, São Paulo, SP, 2010. Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010046702010000300011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010046702010000300011&script=sci_arttext). Acesso em: 16 mar. 2022.

SILVA, J. D. A., PORTO, M. D. A., Brandimarte, A. L., & Martins, J. R. S. **Utilização de índices físicos, químicos e biológicos para avaliação da qualidade de corpos d'água em processo de recuperação—Córrego Ibiraporã, SP**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 20(4), 959-969. Porto Alegre, RS, 2015.

SILVA, Mayane Bento; HERREROS, Mário Miguel Amin Garcia; BORGES, Fabricio Quadros. **Gestão integrada dos recursos hídricos como política de gerenciamento das águas no Brasil**. Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 101-115, Santa Maria, RS, 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2734/273450498007.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2022.

STELZER, R. S., STRAUSS, E. A., COULIBALY, M.). **Assessing the importance of seepage and springs to nitrate flux in a stream network in the Wisconsin sandplains**. Hydrological Processes, v.31, n.11, p. 2016-2028, Hoboken, Nova Jersey, EUA, 2017. Disponível em: <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/epdf/10.1289/ehp.1206229>. Acesso em: 14 abr. 2022.

TORRES, I. A, et. al. **Avaliação físico-química de amostras de água, sedimento e mata ciliar de uma piscicultura localizada em área agroindustrial à margem do Ribeirão da Mata (MG)**. Engenharia Sanitária e Ambiental, 22, 773-780. Rio de Janeiro, RJ, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/ZkDvpcqDDJ54HLtSr47FSQG/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 14 abr. 2022.

UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND; WORLD HEALTH ORGANIZATION. (UNICEF; WHO). **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017: Special focus on inequalities**. New York, 2019. Disponível em: <<https://www.unicef.org/brazil/comunicados-de-imprensa/1-em-cada-3-pessoas-no-mundo-nao-tem-acesso-agua-potavel-dizem-unicef-oms>>. Acesso em: 21 Jun. 2022.

VIDAL, Ticiania F.; NETO, José Capelo. **Dinâmica de nitrogênio e fósforo em reservatório na região semiárida utilizando balanço de massa**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Agriambi, v. 18, n. 4, Campina Grande, PB, 2014.

VILLANUEVA, C. M., et.al. **Assessing exposure and health consequences of chemicals in drinking water: current state of knowledge and research needs**. Environmental health perspectives, v.122, n 3, Washington, D.C.,2014. Disponível em: <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/full/10.1289/ehp.1206229>. Acesso em: 14 abr. 2022.

VOLPI, G. B. et al. (no prelo) **Parâmetros de qualidade de água avaliados na micro bacia Lajeado Pardo no município de Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental). Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS, 2021.

WAIDEMAN, Mariana Amabile. **Qualidade de água de torneira e de bebedouro em escolas públicas estaduais de um município do estado do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar e Nutricional). Programa de Pós-graduação em

Segurança Alimentar e Nutricional, do Departamento de Nutrição, Setor de Ciências da Saúde, da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, 2015. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/40981/R%20-%20D%20-%20MARIANA%20AMABILE%20WAIDEMAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 mar. 2022.

WHO, G. **Guidelines for drinking-water quality**. World Health Organization, 216, 303-304. São Paulo, SP, 2011.

ZERWES, Cristian Mateus et al. **Análise da qualidade da água de poços artesianos do município de Imigrante, Vale do Taquari/RS**. Ciência e Natura, v. 37, n. 3, p. 651-663, Santa Maria, RS, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4675/467546194051.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2022.

ZHANG, W. et al. **A Statistical Assessment of the Impact of Agricultural Land Use Intensity on Regional Surface Water Quality at Multiple Scales**. International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 9, n. 11, p. 4170-4186, Basel, Switzerland, 2012. Disponível em: <http://www.mdpi.com/1660-4601/9/11/4170>. Acesso em: 17 mar. 2022. DOI: 10.3390/ijerph9114170.

**ANEXO A - TABELA DE PADRÃO MICROBIOLÓGICO DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO (ANEXO XX DA PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5 DO MINISTÉRIO DA SAÚDE DE 03 DE OUTUBRO DE 2017)**

Tipo de água		Parâmetro		VMP(1)
Água para consumo humano		Escherichia coli(2)		Ausência em 100 mL
Água tratada	Na saída do tratamento	Coliformes totais (3)		Ausência em 100 mL
	No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Escherichia coli		Ausência em 100 mL
		Coliformes totais (4)	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês.

NOTAS: (1) Valor Máximo Permitido.

(2) Indicador de contaminação fecal.

(3) Indicador de eficiência de tratamento.

(4) Indicador de integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede).