

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

THIAGO BOCK CARMINATTI

**ESTUDO AMBIENTAL PRÉVIO DA BARRAGEM DA FONTE DO MATO DO
MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL - RS**

Caçapava do Sul

2023

THIAGO BOCK CARMINATTI

**ESTUDO AMBIENTAL PRÉVIO DA BARRAGEM DA FONTE DO MATO DO
MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. José Waldomiro Jiménez Rojas

Caçapava do Sul

2023

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

C287e Carmimatti, Thiago Bock

Estudo Ambiental Prévio da Barragem da Fonte Do Mato do
Município de Caçapava do Sul - RS / Thiago Bock Carmimatti.
96 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA, 2023.
"Orientação: José Waldomiro Jiménez Rojas".

1. Tratamento de Água. 2. Poluição. 3. APPs. 4. Descrição
Técnica. 5. Sensoriamento Remoto. I. Título.

THIAGO BOCK CARMINATTI

**ESTUDO AMBIENTAL PRÉVIO DA BARRAGEM DA FONTE DO MATO DO MUNICÍPIO DE
CAÇAPAVA DO SUL - RS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 01 de fevereiro de 2023.

Banca examinadora:

Prof. Dr. José Waldomiro Jiménez Rojas
Orientador
(UNIPAMPA)

Prof. Dra. Jéssica Weiler
(USP)

Prof. Dra. Zilda Baratto Vendrame
(UNIPAMPA)



Assinado eletronicamente por **JOSE WALDOMIRO JIMENEZ ROJAS, Diretor(a) Campus Caçapava do Sul**, em 10/02/2023, às 12:25, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Jéssica Weiler, Usuário Externo**, em 10/02/2023, às 13:55, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ZILDA BARATTO VENDRAME, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/02/2023, às 14:01, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 1054225 e o código CRC BF6A0E2D.

Devemos cuidar do nosso planeta e natureza porque YAH, o SENHOR, o Deus de Israel, deu domínio para o ser humano sobre toda a terra, porque Ele nos fez segundo a sua imagem e devemos refletir sua majestosa glória e seu perfeito caráter em nossas ações. Temos domínio sobre a terra que no sétimo dia de criação, o Deus que fez todas as estrelas e chama cada uma pelo seu nome, disse que era muito boa. Porém o homem decidiu pela rebeldia no que dia em que comeu da árvore do conhecimento do bem e do mal, caminho este, que perpetuamos até o dia de hoje, fazendo com que a criação perfeita esteja manchada pelo pecado. Através de nossas ações semeamos o mal e não o bem, porque ao pecar o ser humano se corrompeu e a iniquidade passou a tomar controle de cada um que nasceu. Mas Deus se encarnou como humano e morreu não só para restaurar o homem, como também a sua criação, algo que será cumprido totalmente na segunda vinda de Cristo, que será breve pois os sinais estão cada vez mais claros. Não há nada que possamos fazer para salvar a terra, pois Cristo o fará. A única coisa que podemos fazer é nos arrependermos de nossos pecados e confiar tudo a Deus que o mais Ele fará. SDG (Sola Deo Gloria).

AGRADECIMENTO

Gostaria muito de agradecer ao Prof. Dr. José Waldomiro Jiménez Rojas e o técnico dos laboratórios do CCTA, Guilherme Pacheco e Casa Nova, pois ambos me ajudaram bastante ao longo do trabalho. Ao professor Rojas por ter me dado a sugestão do tema e estar sempre disponível para tirar minhas dúvidas, dar orientações ao trabalho e ajudar no que fosse preciso, mesmo sendo 21h da noite. E ao Guilherme por acompanhar durante as coletas de água, mesmo em dias quentes de Sol e tendo que passar por lugares de difícil acesso e também por me auxiliar bastante a realizar todas as análises de água.

Aos meus pais que ambos me auxiliaram da maneira que puderam, a banca examinadora por ter aceitado o convite e a todos que de alguma forma me ajudaram, mesmo que não tenha sido mencionado seu nome, sintam-se agradecidos.

E principalmente a YHWH (Deus) por estar guiando minha vida, me dando forças para ser uma pessoa melhor e por ter me dado uma razão para viver neste mundo onde tudo é passageiro, vaidade e correr atrás do vento. Pois eu sei que Ele é real, pois da mesma que é perceptível a existência da gravidade ao se observar uma folha cair, assim quando se estuda a grandiosidade e complexidade do universo, percebe-se que há um criador, pois a probabilidade de tudo ocorrer por mera espontaneidade por meio da ação do tempo e do acaso são infinitesimais.

RESUMO

O crescimento populacional, no Brasil, ocorre muitas vezes de maneira desordenada, o que contribui para diversos problemas no ambiente urbano, pelo uso inadequado de solos e pelas atividades antrópicas. Dentre os quais pode ser citada a poluição dos recursos hídricos, uma das causas da escassez de água, pois deteriora sua qualidade, impedindo que os seus usos múltiplos sejam plenamente aproveitados, como a manutenção do equilíbrio ecológico e abastecimento humano, sendo preciso criar estações de tratamento para a água. Em função disto, neste trabalho foi realizado um estudo ambiental prévio da Barragem da Fonte do Mato e de seus dois arroios afluentes, bem como da área do entorno, a partir de análises de água, delimitação de áreas de preservação permanente, zonas de risco de declividade, estudo de uso e ocupação do solo e delimitação da microbacia e do Arroio da Fonte do Mato, por meio sensoriamento remoto e sistemas geográficos de informação. A partir dos resultados, foi verificado que na barragem, os parâmetros cor aparente, pH e fósforo estavam acima dos limites estipulados para a classe 3 segundo a Resolução 357 CONAMA. Também, pode-se constatar que a emissão de esgotos domésticos é a principal fonte de poluição e que 60% das áreas de APP do arroio estão preservadas sendo este número subestimado. Não foram encontradas APPs de altimetria na área da microbacia e que a maior parte da microbacia encontra-se na classe de risco 2, médio. Ao final do trabalho, foram realizadas considerações sobre os riscos que a emissão de esgotos em corpos hídricos que abastecem uma comunidade podem causar sobre este e foram propostos estudos e medidas a serem feitas para melhorar a qualidade da água e da microbacia.

Palavras-chave: Poluição; Sensoriamento Remoto; APPs; Uso e ocupação de solos; Tratamento de Água.

ABSTRACT

The population growth in Brazil usually occurs disorderly, which contributes to several problems due the inappropriate soil uses and human activities. Among these problems can be cited the pollution of water resources which is one cause of water scarcity. This impedes the complete water uses, including the ecological balance and human supply, being required to build water treatment stations. Therefore in this study was done a preliminary environmental study of the Fonte do Mato dam, including its tributary streams and the watershed in which the dam is located. These studies were done by verification of some water quality parameters and the delimitation of the permanent preservation areas (APP), risk areas and the region of the watershed, via remote sensing and geographic information systems. Were verified that the parameters color, pH and phosphorus in the dam were above the limits recommended by the Resolução CONAMA 357 and the emissions of domestic sewage was the principal source of pollution, 60% of the APP of the Fonte do Mato Stream was covered by riparian forest, however this value was sub estimated, was founded no APP regarded the altimetry of the watershed and most of the watershed was framed in class 2, moderate risk, due the lack of arboreal vegetation. Some considerations were done about the risks that the emissions of domestic sewage in the water sources can cause in human health and were proposed some later studies and solutions that can be done to improve the water quality and the conditions of the watershed.

Keywords: Pollution; Remote Sensing; Permanent Preservation Areas; Soil uses and occupation; Water Treatment.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo Geral	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Importância da água	4
Foi abordado neste tópico diversos aspectos relacionados à água, tanto de uma forma geral e internacional, quanto nacional.	4
2.1.2 Contexto internacional	4
2.1.2 Contexto nacional	8
2.2 Qualidade das águas	12
2.2.1 Classificação das águas	12
2.2.2 Parâmetros	15
2.2.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH)	15
2.2.2.2 Temperatura da água	16
2.2.2.3 Turbidez	16
2.2.2.4 Cor	17
2.2.2.5 Fósforo	18
2.2.2.6 Nitrogênio	18
2.2.2.7 Oxigênio dissolvido (OD)	19
2.2.2.8 Demanda bioquímica de oxigênio (BDO)	20
2.2.2.9 Coliformes termotolerantes	20
2.2.2.10 Resíduos totais	21
2.2.2.11 Clorofila-a	21
2.2.2.12 Óleos e graxas	22
2.2.2.13 Condutividade elétrica	23
2.3 Poluição de reservatórios	23
2.4 Deslizamentos	30

3 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	32
3.1 Localização	32
3.2 Descrição inicial da barragem	33
3.3 Descrição técnica da área de estudo	33
3.3.1 Clima	33
3.3.2 Hidrologia e Hidrogeologia	35
3.3.3 Bioma Pampa	36
3.3.4 Geologia	36
3.3.5 Pedologia	37
4 MÉTODOS E MATERIAIS	38
4.1 Geoprocessamento	38
4.2 Análises de água	40
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
5.1 Descrição	41
5.1.1 Descrições gerais da Microbacia	41
5.1.2 Descrição dos pontos	42
5.2 Uso e ocupação de solos	49
5.3 APP de mata ciliar	51
5.4 APP de declividade e altitude	54
5.5 Classes de risco de declividade	55
5.6 Análises de água	56
5.6.1 pH	57
5.6.2 Temperatura	58
5.6.3 Turbidez	59
5.6.4 Cor aparente	60
5.6.5 Fosfato inorgânico dissolvido	61
5.6.6 Nitrato	62
5.6.7 OD	63
5.6.8 Resíduos totais	65

5.6.9 Clorofila-a	65
5.6.10 Condutividade	67
5.7 Os problemas relacionados ao lançamento de efluentes em corpos hídricos	68
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
6.1 Estudos futuros e sugestões	70
REFERÊNCIAS	71

1 INTRODUÇÃO

Barragens podem ser definidas como barreiras artificiais construídas para reter o fluxo de cursos d'água, algo que é feito para diversas finalidades como mudar a direção de rios, controle de vazão para prevenção de desastres naturais ou para geração de energia por meio de usinas hidrelétricas, criação de reservatórios para abastecimento, entre outras.

A criação de barragens é uma atividade humana desde o Egito Antigo onde eram utilizadas para direcionar e represar o nilo no período de suas cheias. Desde então esta prática vem sendo realizada para controlar o abastecimento de água e garantir sua disponibilidade em períodos de estiagem. Contudo é necessário haver monitoramento das condições de operação de uma barragem e o contexto socioambiental de seu entorno e da bacia hidrográfica em que está inserida, pois seu desempenho pode ser reduzido devido a carga de sedimentos e poluentes provenientes de seus efluentes e da região ao redor.

A qualidade da água é afetada pelas substâncias que nela encontram-se dissolvidas, pelas espécies que habitam este meio e pelas suas características físico-químicas, sendo necessária que esteja dentro de um determinado padrão para que possa ser utilizada para abastecimento humano e manutenção do equilíbrio natural.

Estas funções são comprometidas quando a água encontra-se em condições adversas, algo que normalmente é devido a poluição proveniente das atividades antrópicas. Quais substâncias estão presentes nos corpos hídricos e suas respectivas concentrações é influenciada por fatores, como o tipo de atividade antrópica desenvolvida no entorno, da carga poluidora, da frequência que esta é emitida, das condições naturais do corpo hídrico receptor entre outras.

Mesmo as atividades que não emitam diretamente substâncias nos corpos hídricos podem contribuir com a poluição destes, pois essas podem ser transportadas por diversos agentes, algo que é facilitado pela topografia local, pela retirada de vegetação, entre outros.

A poluição dos corpos hídricos têm sido um grande problema, pois mesmo que o tratamento convencional seja executado corretamente e seja cumprida a legislação vigente, este não é um processo 100% eficiente e há determinados tipos de moléculas que não podem ser removidas no tratamento convencional,

como certos fármacos, metais e agrotóxicos, que por conta disto é permitido que estas substâncias estejam presente na água recebida pelas residências.

Além disso, é preciso mais tempo para tratar adequadamente a água do que para que esta seja poluída, o que a longo prazo pode contribuir com a escassez hídrica, devido a qualidade imprópria. Isto intensifica ainda mais as diversas disputas pelos múltiplos usos da água que ocorrem atualmente.

Uma das formas de verificar como a poluição afeta os corpos hídricos é através de parâmetros de qualidade de água, algo que é feito por meio de análises laboratoriais, algo que feito juntamente com estudos ambientais preliminares pode se ter uma compreensão maior dos processos que ocorrem e das condições nas quais os corpos hídricos são encontrados.

Sendo assim este trabalho propõe a realização de um estudo ambiental prévio da Barragem da Fonte do Mato, com o fim de identificar possíveis fatores que possam contribuir para uma redução na qualidade da água que é utilizada para abastecer parte considerável da população do município de Caçapava do Sul e também servir como base para outros estudos mais aprofundados que possam ser realizados futuramente. Algo que será feito por meio de análises de alguns dos parâmetros indicados pela Resolução Conama 357 (Brasil, 2005) para corpos hídricos lênticos de classe 3 e pela verificação verificar de APPs e zonas de risco na área ao entorno da barragem.

1.1 Justificativa

O município é abastecido pela CORSAN (Companhia Riograndense de Saneamento), empresa responsável pelo tratamento e distribuição de água para a zona urbana, cuja fonte de captação de água são duas barragens, a do Salso e a da Fonte do Mato, que é a principal.

No ano de 2020 houve um estiagem que atingiu partes do Rio Grande do Sul e como consequência a barragem da Fonte do Mato teve o nível da água reduzida para 1,25 m abaixo do normal e para garantir o abastecimento de 5 mil m³, que era a quantidade de água consumida pela população neste ano, a empresa realizou uma obra de R\$ 1 milhão para aumentar o volume da barragem e realizar uma limpeza geral e desassoreamento, algo que pôde ser feito devido ao volume de água reduzido dentro do reservatório.

Durante esta estiagem foi necessário contratar 10 mil caminhões pipas para abastecer a comunidade. (Caçapava do Sul, 2020; Gazeta Caçapava do Sul, 2020).

Diante desta situação, este trabalho pretende realizar um estudo ambiental como identificar a bacia hidrográfica na qual a barragem está inserida, bem como os arroios que abastecem-na e seus respectivos parâmetros físicos e químicos.

Além disto será feito um estudo ambiental nas áreas ao entorno da barragem e de seus arroios, onde será visto as áreas de preservação permanentes (APPs) de mata ciliar, de altitude e declividade e uma análise de risco de declividade e vegetação.

Estas informações são um indicativo do estado na qual a barragem encontra-se no momento e portanto podem ser utilizadas pela empresa concessionária para que medidas preventivas sejam tomadas, com o fim de reduzir a poluição que chega até a barragem e conseqüentemente aumentar o tempo de vista desta, bem como o custo para a realização do tratamento da água.

1.2 Objetivos

Nesta seção estão descritos os objetivos gerais e específicos.

1.2.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo ambiental prévio da barragem da fonte do mato, da microbacia na qual está inserida e dos arroios afluentes, com o fim de verificar fatores que possam afetar a qualidade da água que é enviada da barragem até a ETA de Caçapava do Sul.

1.2.2 Objetivos específicos

- Delimitar a bacia hidrográfica a que pertencem a barragem Fonte do Mato e seus arroios afluentes;
- Identificar os diferentes usos e ocupações de solo nas área ao redor da barragem e dos arroios contribuintes;
- Realizar uma análise de risco de declividade na área ao entorno da Fonte do Mato e seus afluentes;

- Analisar a qualidade da água da barragem Fonte de Mato e de seus arroios afluentes;
- Identificar algumas fontes de poluição.
- Verificar a existência de APP de altimetria;
- Verificar a condição das APPs de matas ciliares.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico foram abordados diversos temas que são de interesse deste trabalho.

2.1 Importância da água

Foi abordado neste tópico diversos aspectos relacionados à água, tanto de uma forma geral e internacional, quanto nacional.

2.1.2 Contexto internacional

A água é um recurso vital para a existência de vida complexa no planeta, pois esta é necessária para os ecossistemas se desenvolverem, funcionamento e equilíbrio, locais com água disponível e em boa qualidade apresenta elevada diversidade e densidade de seres vivos.

Além disto, foram em locais bem irrigados e férteis que surgiram as primeiras grandes civilizações, como os sumérios que se desenvolverem cerca de 4 milênios antes de Cristo, na região do Crescente Fértil, na Mesopotâmia. local onde os rios Tigres e Eufrates são drenados (Steckelberg, 2022).

Pois a água é fundamental para garantir a sobrevivência, porquanto é utilizada para dessedentação e higienização, além de propiciar os meios para o cultivo e criação de animais, atividades que continuam tendo relevância para o desenvolvimento das civilizações modernas, mesmo que estes produtos sejam importados de outros locais.

A disponibilidade de água potável também é vista como um indicativo de boa qualidade de vida, pois é preciso um bom sistema de saneamento para garantir a distribuição deste bem e em torno de 80% das doenças que ocorrem nos

países subdesenvolvidos é devido a falta de acesso a água em condições próprias para consumo humano (Capellari & Capellari, 2018).

Algo que é devido a necessidade de água para o correto funcionamento do metabolismo, pois 70% da massa corporal humana corresponde a água, o que faz com que períodos superiores a uma semana sem a ingestão deste líquido de forma direta ou indireta possam levar à morte por desidratação. (Casarin & Santos, 2011).

A água, apesar de ser abundante e cobrir aproximadamente $\frac{2}{3}$ do planeta, o que equivale a 1,37 bilhão de km³, destes, 97% é salgada e imprópria para utilização humana (Suassuna, 2014), porém destes 3%, 68,9% compõe as geleiras e calotas, que não podem ser extraídas, pois são importantes para a regulação do clima global, 29,9 estão em reservatórios subterrâneos, que muitas vezes é difícil realizar uma captação de forma segura, 0,3% formam rios e lagos superficiais e 0,9% encontram-se sob outras formas, como no ar atmosférico e em pântanos (Casarin & Santos, 2011).

Sendo que de toda a água doce, os rios e lagos são as fontes de mais fácil acesso e consumo, o que é aproximadamente 123 mil km³, quantidade suficiente para abastecer a população atual, considerando 8 bilhões de habitantes, para suas necessidades básicas por 234 anos, caso a água não fosse um recurso renovável, com base nos dados da Organização das Nações Unidas (ONU), que estima que o volume que cada pessoa precisa diariamente é 180 litros (G1, 2008).

Porém em muitos locais a água é um recurso escasso, devido à distribuição desigual no planeta, pois mais da metade da quantidade de água, encontra-se na Ásia e América do Sul, onde cada local possui respectivamente 31,60% e 23,10% da fração mundial (Casarin & Santos, 2011).

Contudo, a Ásia também é o continente com a maior área e população mundial, de maioria em más condições financeiras, o que faz com que certas áreas do continente sofram com escassez. Mesmo nas regiões em que há água disponível, existem disputadas pelos múltiplos usos da água.

Em nível mundial cerca de 70% da água é utilizada para a agropecuária, seguido pelas indústrias com com 20% e 10% para consumo doméstico (Capellari & Capellari, 2018), mas nos países desenvolvidos o consumo de água no setor industrial é cerca de 50%, do uso total (Casarin & Santos, 2011).

Por conta disto, em muitos locais a água distribuída para a população local é insuficiente para as demandas diárias ou não está dentro do padrão de

potabilidade para o consumo, pois os setores industriais e agropecuária utilizam a maior parte, havendo uma pequena parcela da população com condições de pagar por serviços de abastecimento de água.

Além disso, nos países pobres há uma maior exploração na comercialização de água, pelo setor privado, como as indústrias do ramo de bebidas, fazendo com que o acesso à água potável por parte da população seja ainda mais dificultado (Capellari & Capellari, 2018). Juntamente com a escassez e a disputa pelo uso da água, as fontes de abastecimento podem estar em condições impróprias para uso pessoal, por conta da poluição da água provenientes atividades dos setores primários e secundários, algo que é agravado quando não são realizadas devidamente as operações de coleta e tratamento de água e esgoto.

Por conta de toda esta problemática, cerca de $\frac{1}{6}$ da população mundial não tem acesso a água potável e $\frac{1}{3}$ não possui saneamento básico adequado e segundo as estimativas da ONU na década de 2050 no mínimo $\frac{3}{4}$ da população terão problemas de abastecimento de água, durante os períodos de estiagem, devido a população mundial ter triplicado no século XX e por atualmente o consumo da água ter aumentado 6 vezes em relação ao século passado e ser dobrado a cada 20 anos (Casarin & Santos, 2011).

Este aumento é devido a mudança de hábitos, havendo um maior consumo e compra. Há produtos que requerem grandes quantidades de água para poderem ser comercializados, como as calças jeans que é utilizado cerca de 11000 litros em sua produção e a para a criação bovina, onde é consumido 15000 litros de água para cada quilo de carne do animal (Casarin & Santos, 2011).

Também é estimado que no futuro os conflitos pela água em âmbito internacional sejam bastante intensos, pois a escassez e o preço da água tendem a aumentar, o que põe a risco a segurança alimentar de países, principalmente daqueles que já se encontram em estado de escassez, o que pode levar à migrações em massa e desencadear conflitos geopolíticos (Capellari & Capellari, 2018), como na região da Palestina que já está em conflito atualmente.

Já há certa interferência na soberania nacional de certos países, como Brasil, onde estados mais desenvolvidos têm interesse em controlar os recursos hídricos através de projetos, leis e acordos internacionais (Capellari & Capellari, 2018).

Com base nesta problemática, há uma iniciativa da ONU para poder controlar a situação mundial dos conflitos pelos usos múltiplos da água, algo que é feito por meio de diversos encontros internacionais que vêm ocorrendo desde de o final década de 1940, onde reúnem-se quase todos os países reconhecidos e são estabelecidas diretrizes, acordos e metas que devem ser seguidos e implementados.

O primeiro desses encontros foi realizado em 1949, a Conferência das Nações Unidas sobre a Conservação e Utilização dos Recursos Naturais, porém nesta reunião não foram debatidos temas como degradação e gestão de corpos hídricos. A temática de desenvolvimento ambientalmente correto vem sendo tratada desde 1972 com a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, que foi a base para as políticas modernas ambientais.

Cinco anos após foi feita a I Conferência das Nações Unidas sobre a água, onde foram debatidos assuntos como uma crise que poderia ocorrer em médio prazo, foi decidido que deveriam ser adotados programas governamentais de gestão integrada dos recursos hídricos, sendo também solicitado que os países participantes tomassem medidas para garantir o fornecimento de água potável (Capriles, 2009.).

Na conferência Internacional sobre Água e meio Ambiente, que ocorreu nos dias 26 a 31 de Janeiro de 1992 , em Dublin foi debatido novamente sobre a futura escassez de água, abordando também segurança alimentar, gestão de recursos hídricos, equilíbrio ambiental e desenvolvimento sustentável, sendo também feito o relatório “Água e o Desenvolvimento Sustentável” (Gnadlinger, 1992).

Em março do mesmo ano foi redigida pela ONU a Declaração Universal dos Direitos da água, que contém dez artigos, que resumidamente estabelecem que a água é um patrimônio do planeta, de grande importância para a manutenção e equilíbrio das condições climáticas e atmosféricas e da biosfera, incluindo os componentes antrópicos, além de passar a ser considerada um bem econômico, ou seja, não deve ser vista como uma doação do meio natural, sendo portanto necessário haver leis para regulamentar seu uso, com o objetivo de assegurar sua disponibilidade para as futuras gerações (Opersan, 2022).

Alguns meses depois, no mesmo ano, também foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, mais conhecida como Rio 92, cuja principal contribuição foi a criação da Agenda 21 global, um

acordo no qual 179 países assinaram. Esta agenda traz diversas diretrizes para serem seguidas ao longo do século XXI, com a meta de atingir o desenvolvimento sustentável e garantir um meio ambiente equilibrado para as novas gerações e a equidade social, além de atenuar as mudanças climáticas, entre outros temas, que foram abordados em 40 capítulos (Brasil, 2012).

Sendo assim a agenda 21 é um instrumento de planejamento para guiar as políticas ambientais das sociedades de todo o planeta, contendo diversas metas que devem ser seguidas pelos países que assinaram o documento. Na agenda 21 cada nação deve contribuir e se adequar de acordo com as suas respectivas condições socioeconômicas e ambientais, algo que também é válido para as unidades federativas e municípios.

Em 2015 foi estabelecida a Agenda Pós-2015, que estabelece 17 objetivos principais divididos em 169 metas que devem ser cumpridas pelos 193 países membros até o ano de 2030. A justificativa é resolver diversos problemas globais, como fome, falta de saneamento básico, desigualdade econômica e de gênero, baixa escolarização, assim, é dito que será alcançada uma melhor qualidade de sociedades mais pacíficas e inclusivas, dentro da definição adotada de desenvolvimento global, o que exige também a participação de empresas do setor privado, universidades e ONGs. (Unicef, 2016).

2.1.2 Contexto nacional

O Brasil é um país que possui abundância em recursos hídricos, pois aproximadamente 12% das águas superficiais estão localizados no território nacional (Suassuna, 2004), assim como os aquíferos Alter do Chão e o Guarani que são estão entre os com mais capacidades no mundo (*peixoto et al.*, 2021).

Devido a isto, 98,6% dos habitantes totais e 99,1% da população urbana são atendidos pela rede pública de abastecimento e apenas 0,2% dos municípios não possuem tal sistema, sendo estimado que 3 milhões de pessoas não possuem tal atendimento, informações retirados do Diagnóstico Temático de Serviços de Água e Esgoto, publicado pelo Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) (Brasil, 2021).

É calculado que a disponibilidade hídrica total no Brasil seja de 40 mil metros cúbicos por habitantes ao longo de um ano, contudo devido a má

distribuição dos recursos hídricos no território nacional, com cerca de 68% do volume total pertencente à região Norte, onde é estimado haver 19 milhões de habitantes, o que é cerca de 8,8% da população total do país (Brasil, 2021). Contudo no Nordeste, a disponibilidade é bem menor, sendo estimado que seja de 500 m³/hab/ano, sendo que este possui aproximadamente 27% da população do país (Brasil, 2021), havendo cidades nesta região que passam por escassez hídrica e longos períodos de estiagem (Peixoto *et al.*, 2021).

Entretanto não é apenas a região Nordeste que possui problemas em relação ao uso da água, pois há regiões do Brasil em que este recurso não é bem gerido, devido a diversos fatores, como o crescimento urbano desordenado, às atividades industriais, o desmatamento seguido pelo uso e alteração de solo e o setor agrícola e pecuário, sendo estas duas últimas atividades que contribuem para a poluição, o que pode levar a escassez hídrica, pela qualidade da água estar imprópria para a utilização pessoal.

Dentre as causas dessa situação de escassez hídrica pode ser mencionado o baixo índice de redes coletoras de esgoto, que segundo os dados do Diagnóstico Temático de Serviços de Água e Esgoto (Brasil, 2021) 59,2% das amostragens consultadas tinham serviços de atendimento público de esgotos sanitários e 40,8% utilizam meios alternativos como fossas sépticas, valas a céu aberto e lançamento em rios, que contribuem também para poluição das águas subterrâneas, portanto há locais que mesmo sejam atendidos pelo sistema público de abastecimento, a água que é distribuída será de qualidade imprópria caso a rede de tratamento não seja eficaz.

A poluição da água também intensifica a disputa pelos usos múltiplos da água, que também contribui para a escassez de água, pois o tempo para tratar a água é maior que a taxa em que esta é poluída, somada a isto, há um desperdício considerável nas tubulações, cerca de 40,1% (Brasil, 2021), o que contribui para o agravamento da situação.

Segundo o estudo feito por Peixoto *et al.* (2021) no Brasil, entre o período de 2009 a 2019 foram registrados 1764 conflitos pelo uso de água pela Comissão Pastoral da Terra (CPT) pela maioria das unidades federativas, cujo os estados com os maiores números de incidentes foram Minas Gerais e Bahia, com respectivamente 445 e 345 casos notificados.

Já em relação aos impactos sociais os estados foram considerados o número de famílias mobilizadas e neste sentido o estado do Pará foi o que apresentou o maior valor com cerca de 127213 famílias mobilizadas. Foi verificado também que os conflitos por poluição foram maiores na região do Sudeste que é mais industrializada e urbanizada no país.

Outras causas dos conflitos foram o setor agropecuário, que afetou as regiões Norte, Nordeste e pertencentes ao cerrado, e a produção de energia via usinas hidrelétricas, que levou a aproximadamente 100% e 80% dos incidentes relatados nos estados de Rondônia e Pará, respectivamente. Dentre os efeitos causados pelas disputas pela água no geral tiveram maiores incidências, a poluição da água, com 812 casos, descumprimento da legislação, com 342 relatos e diminuição do acesso com 226 notificações.

Os recursos hídricos na legislação brasileira começaram a ganhar maior relevância a partir da Constituição de 1934, durante a primeira presidência de Getúlio Vargas, época de modernização e desenvolvimento do país, por conta disto a principal finalidade era regulamentar a água para uso industrial e principalmente hidrelétrico, estabelecendo a autorização prévia para uso desse bem.

Neste mesmo ano também foi criado o Código das Águas que tinha como propósito controlar o uso da água, devido a abundância deste recurso, sendo citado também a poluição da água, apesar desta ser vista mais como um recurso para o desenvolvimento nacional (Perusatto, 2019). Após vieram outras leis para regulamentar o uso e acesso das águas, como o artigo 271 do Código Penal Brasileiro, instituído em 1940 que trazia como pena a reclusão de 2 a 5 anos para quem comprometesse o uso da água (Perusatto, 2019) e também o 2º artigo do Código Florestal de 1965 que delimita as APPs elementos, como florestas e matas ciliares ao entorno de rios, lagos, lagoas, reservatórios artificiais e nascentes (Brasil, 1965).

A partir da década de 80, devido a discussão no cenário global quanto aos problemas ambientais que estavam sendo afirmados e da necessidade de criar meios para poder controlar a degradação do meio ambiente, começou a haver uma ênfase maior na legislação brasileira aos cuidados devidos para preservação da natureza e concomitantemente na visão de que esta é um bem comum a todos e não apenas um recurso para a realização das atividades humanas.

Em 1981 foi publicada a Lei N° 6.938 que traz a Política Nacional do Meio Ambiente, a referência legal mais importante no âmbito de questões ambientais nacionais, tendo como o objetivo a estabelecer mecanismos que resultem na preservação do meio ambiente conciliada ao desenvolvimento socioeconômico, garantindo um ambiente sadio e qualidade de vida à população.

A partir desta lei, foram instituídos conceitos como racionalização, planejamento, fiscalização, recuperação, preservação de recursos ambientais, como os recursos hídricos, caracterizados pelas águas interiores, superficiais, subterrâneas, estuários e o mar continental.

Foi estabelecida também a criação de diversos órgãos e entidades nacionais que compõe o Sistema Nacional do Meio Ambiente, dentre os quais, o órgão superior é Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que dentre suas funções está regulamentar as normas e diretrizes quanto a qualidade e manutenção do meio ambiente, algo que pode ser incrementado pelos órgãos estaduais e municipais, de acordo com as atividades antrópicas e condições ambientais respectivas de cada local (Brasil,1981).

Na constituição brasileira de 1988 é afirmado, no artigo 225, o direito de todas as pessoas vivam e tenham acesso a um meio ambiente ecologicamente funcional e a uma qualidade de vida saudável, sendo que é dever do estado e da comunidade preservar e defender a natureza, para o uso da geração presente e das próximas que virão (Brasil, 1988).

Na década de 1990 foi institucional a Lei 9433/97 que trata da Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), tendo como base a água ser um bem do domínio público, o que implica o dever do estado de garantir acesso a água potável à população, porém também é dito que água por ser um recurso limitado deve possuir um valor econômico pelo seu uso, com o fim de evitar desperdícios, promover a sua racionalização e arrecadação de verba para a implementação dos planos de gestão dos Planos de Recursos Hídricos.

A lei também é fundamentada na propiciação dos usos múltiplos, nas bacias hidrográficas serem vistas como unidades territoriais e na gestão descentralizada e com o envolvimento dos estados. Nos objetivos estão a adoção de medidas preventivas quanto a possíveis eventos críticos, seja por conta de anomalias naturais ou por conta da má gestão antrópica, garantir o uso da água, nas devidas

qualidades para a atual geração, bem como as que virão e racionalizar de forma a água para que possa ser cumprido seus múltiplos usos.

Para sua implementação foram determinados instrumentos, como os Planos de Recursos hídricos, adoção de classes de uso, sistemas de outorga dos direitos e uso de recursos, algo que cabe ao Poder Público, a cobrança pela utilização dos recursos hídricos, formas de compensar os municípios e a criação do Sistema de Informações dos Recursos Hídricos. (Brasil, 1997)

As políticas ambientais não são rígidas, podendo serem realizadas emendas constitucionais com artigos sendo corrigidos ou vetados, portanto as diretrizes e normas podem mudar ao longo dos anos, a exemplo disto pode ser citada a mudança na delimitação das APPs no entorno de rios e córregos, que antes era definida pelo código florestal e com a publicação da Lei 14285/21 cabe aos municípios definir a largura das APPs das matas ciliares, que alterou também outras leis (FECAM, 2022).

Além disso, o viés ambiental e preservacionista nas políticas ambientais é algo recente, começando na década de 1980, por conta desta situação há diversos impactos que foram causados ao longo da história do Brasil, algo que continua sendo feito nos dias de hoje, pois estas leis não são aplicadas na sua totalidade.

2.2 Qualidade das águas

A seguir será visto quais são as possíveis classes que um corpo hídrico de água doce pode ser enquadrado, sendo dada ênfase aos parâmetros referentes aos corpos hídricos de classe III, pois é o mais próximo da utilização vigente na barragem da fonte do mato. Além disto, será discorrido resumidamente como cada parâmetro que será utilizado neste trabalho irá intervir na qualidade da água, bem como os fatores externos que os influenciam.

2.2.1 Classificação das águas

Um corpo hídrico pode ser utilizado para diversos fins, alguns requerem que as águas estejam em melhores condições, como abastecimento doméstico e a manutenção de comunidades aquáticas em áreas de preservação, porém outros nem tanto, como harmonização paisagística, sendo assim, cada uso diferente

precisa cumprir determinados requisitos, algo que é normatizado através de um sistema de classes, conforme consta na resolução N° 357 do CONAMA, que é a vigente no momento, a qual agrupa os corpos hídricos superficiais, de acordo com o seu grau de salinidade e então os classificadas de acordo com as possíveis utilizações para cada um destes tipos.

Para um corpo hídrico ser considerado como doce é preciso que sua salinidade seja menor que 0,5%, sendo que estes são classificados de acordo com as suas utilizações, sendo que quanto mais nobre for esta, deve ser atendida uma melhor qualidade de água, o que por consequência requer que padrões mais rigorosos sejam.

O sistema inicia-se com a classe especial cuja as finalidades mais exigentes são destinadas para consumo humano e manutenção natural das comunidades aquáticas e dos corpos hídricos localizados em unidades de preservação integral, seguida pela classe I que pode podem ser utilizadas para consumo humano, se houver um tratamento prévio simplificado, para atividades de lazer de maior contato com a água, para irrigação de cultivos, cuja a parte que entra em contato com a água seja consumida normalmente crua, para a manutenção de habitats aquáticos que podem ou não ser localizados em áreas indígenas.

A classe II difere-se da anterior por necessitar de tratamento convencional anterior ao consumo humano, por ser utilizada em árvores frutíferas e plantas que há contato direto, seja por serem manuseadas ou não serem ingeridas cruas, por não poderem estarem em terras indígenas, mas em atividades onde os peixes são extraídos em larga escala para consumo humano.

Na classe III é preciso haver tratamento convencional ou avançado, para o cultivo de espécies cuja parte comestível não entre em contato direto com a água, para pesca amadora, lazer de contato secundário e para ser consumida diretamente por animais. Por fim, encerra-se com classe IV, cujo os possíveis usos são os mais restritos, sendo apenas para navegação e paisagismo (Brasil, 2005).

Este sistema de classificação é um dos instrumentos de Gestão dos Recursos Hídricos (GRH) indicados pela PNRH, que é utilizada juntamente com os outros, pois é uma das etapas iniciais para os processos de outorga e para a estimação da valoração dos recursos hídricos.

Estes instrumentos têm como objetivo garantir o uso racional da água, onde é dado preferência às utilizações que exigem maior qualidade de cada classe,

além de auxiliar no processo de planejamento de uso e ocupação do solo e do zoneamento ambiental, o que implica na diminuição dos custos para reduzir a poluição, pois estas ações diminuem a carga poluente que é lançada aos corpos hídricos e após definida a classe que atende às demandas da comunidade, pois assim não é preciso que todos os corpos hídricos estejam dentro dos parâmetros mais rigorosos, basta estarem adequados de acordo com o seu propósito. (Brasil, 1997).

Esta definição é feita mediante um processo que ocorre em diversas etapas e é válida para toda a bacia hidrográfica, primeiramente é realizado um diagnóstico onde é levantado o regime hídrico e são identificadas a qualidade da água, as demandas de uso da comunidade, as fontes de poluição e locais que precisem de maior conservação, então é feita uma etapa prognóstico onde é estimada a contribuição da poluição que alcança os corpos hídricos, o volume de água necessário para abastecer a comunidade e a vazão de referência.

Após, o enquadramento é realizado tendo em consideração também os recursos financeiros disponíveis e a necessidade de haver planos de monitoramento e controle de qualidade das águas. Neste processo também há a participação da comunidade e dos Comitês de Bacia ou de órgãos estaduais ou federais, dependendo do nível de abrangência da bacia hidrográfica (Faria, 2022).

Por conta de ser um processo demorado e que precisa da participação da comunidade e de órgãos representativos, o presente estudo não terá como fim propor uma classificação da Barragem da Fonte do Mato, mas para juntamente com o índice de Qualidade de Águas (IQA), utilizar determinados parâmetros que classificam corpos hídricos lênticos, para complementar a análise e comparar com a situação atual da Barragem da Fonte do Mato e verificar se atendem os critérios para o abastecimento humano após em tratamento convencional classe III, conforme constam na tabela 1, adaptada pelo autor.

Tabela 1: Parâmetros de Qualidade de água para classe III segundo a Resolução Conama 357.

Parâmetro	Valor
Cor verdadeira	até 75 mg Pt/L
Oxigênio dissolvido	qualquer amostra não inferior a 5 mg/L O ₂

Coliformes termotolerantes	em análise
Potencial hidrogeniônico - pH	entre 6 a 9
Nitrato	10,0 mg/L N
Fósforo total	até 0,030 mg/L
Turbidez	100 UNT
Clorofila-a	30 µg/L
Óleos e graxas	Virtualmente ausentes
Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais	Virtualmente ausentes
Substâncias que comuniquem gosto ou odor	Virtualmente ausentes
corantes provenientes de fontes antrópicas	Virtualmente ausentes
resíduos sólidos objetáveis	Virtualmente ausentes

Fonte: Conama (adaptado), 2005.

2.2.2 Parâmetros

A seguir será abordado sobre os parâmetros referentes ao IQA, além de alguns dos dispostos na Resolução 357 do Conama.

2.2.2.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

A água, além de sua molécula possui em proporções muito pequenas íons H_3O^+ e OH^- que quando multiplicados obtém-se uma concentração de 10^{-14} mol/L, que se mantém em equilíbrio, independente da concentração respectiva de cada íon, mesmo quando é adicionada alguma substância em meio aquoso, pois se após a interação com a água, forem adicionados (removidos) íons H_3O^+ , a mesma quantidade de íons OH^- é removida (adicionada). Sendo assim, o pH é a relação entre os cátions H_3O^+ e ânions OH^- presentes na água, algo que é calculado através do log negativo da concentração molar de íons H_3O^+ , sendo que quando a água está neutra, com a mesma concentração dos dois íons, o seu pH é 7 e quanto mais abaixo o pH for de 7, mais ácida a água é considerada e quanto mais acima os valores deste referencial, maior o nível de alcalinidade de água (Ufrgs, 2007).

O pH é uma das medidas mais importantes, pois a partir deste índice pode ser verificado as substâncias que podem ser dissolvidas na água, pois cada

substância é mais facilmente dissolvida depende do pH em que a água se encontrar, levando a diferentes processos de contaminação, por exemplo metais se dissolvem melhor em águas com ácidas.

Por conta disto, a partir do pH é possível verificar se há poluição dos corpos hídricos, contudo fatores naturais também podem interferir nestes valores, como dissolução de rochas e solos e o processo de fotossíntese (Gusmão, 2021), sendo também um fator relacionado também com preservação da biota aquático, pois o metabolismo de organismo como peixes é alterado, conforme o pH da água, sendo que a faixa ideal para a maioria das espécies de peixe está entre 6,5 a 8,5 mais propícia a água para o desenvolvimento da vida aquática (Santos *et al*, 2018).

O pH estar dentro desta faixa também condiz com os padrões para potabilidade humana, sendo que águas alcalinas também são consideradas saudáveis, por regular o metabolismo.

2.2.2.2 Temperatura da água

Diversas características da água são influenciadas pela temperatura que esta apresenta, como pressão de vapor e condutividade térmica que aumentam juntamente com a temperatura, sendo que o contrário ocorre com a tensão superficial, calor específico, calor latente, calor latente de vaporização, compressibilidade, viscosidade e constante de ionização (Balem, 2018).

A temperatura da água é influenciada pelo clima local, pois são aquecidas pela luz solar que atinge sua superfície, por conta disto há uma diminuição gradativa conforme a profundidade da água, portanto a cinética das reações também é diferente de acordo com o quão distante da superfície essas ocorrem. Além disso é importante manter a temperatura numa faixa ideal para o desenvolvimento da biota aquática, pois os peixes são animais exotérmicos (Santos *et al*, 2018)

2.2.2.3 Turbidez

A turbidez refere-se a dificuldade que um raio luminoso tem para atravessar um meio líquido devido a este ser absorvido ou espalhado pelas partículas em suspensão presentes na água.

A turbidez é uma das formas indiretas de medir a presença de microrganismos na água, pois estes ficam retidos nas partículas sólidas em suspensão, por conta disto, quando encontra-se em níveis elevados há uma diminuição na eficácia do tratamento da água, exigindo maiores quantidades de desinfetante, além de contribuir para a formação de lodo dentro das estações, o que faz com que os processos se tornem mais custosos, pois os gastos das estações podem ser reduzidos em até 10,4% se forem adotadas medidas preventivas, como planos de conservação de solos, haja visto que a presença de vegetação reduz as taxas de erosão e retém partículas que poderiam alcançar os corpos hídricos, que são uma das causas da turbidez, juntamente com o lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento prévio.

Sendo assim a turbidez pode estar relacionada com a presença de poluição antrópica. A turbidez também afeta negativamente os ambientes aquáticos, pois quando encontra-se em níveis elevados pode impedir que os raios luminosos alcancem os níveis mais profundos da água, algo que diminui a fotossíntese, pois estes ficam mais concentrados próximos a superfícies, o que causa aquecimento desigual nos corpos hídricos mais próximos, além disto as partículas em si podem ser retidas em locais de desova de animais aquáticos.

Estas partículas podem ser composta pela fração mais fina do solo, como silte e argila, além de partículas coloidais cujo o diâmetro está entre 10^{-4} a 10^{-6} cm.(Souza, 2017).

2.2.2.4 Cor

A água pura é incolor, portanto sua cor pode vir a partir da reflexão da luz pelas partículas em suspensão na água ou por meio de substâncias dissolvidas na água, fatores que estão associados a presença de metais, húmus e plancton.

Por conta disto, a cor da água também pode estar relacionada com o seu nível de turbidez, havendo portanto duas classificações da cor da água, a verdadeira, que é medida após a retirada das partículas em suspensão ou aparente, quando não é feito este processo de remoção.

O pH também interfere na cor da água por facilitar ou dificultar a dissolução de substâncias, sendo assim, o ideal é que as medições sejam feitas no momento da coleta (Markos, 2008.)

Apesar da cor da água ser um indicativo de poluição antrópica, ela pode ser consequência de fatores naturais o que levam a formação de rios de água brancas, que têm elevado pH e turbidez e altas concentrações de nutrientes íons em dissolução, provenientes de rios em da erosão, sendo um exemplo o rio solimões. Também pode haver rios de águas pretas, que possuem baixo pH e sedimentos presentes na água, além de pouca concentração de cálcio e magnésio, onde o Rio Negro é um dos exemplos (DigitalWater, 2018).

2.2.2.5 Fósforo

O fósforo é um dos nutrientes limitantes para diversas espécies de organismos, sendo assim, quando há elevadas concentrações deste elemento na água, pode ser desencadeado um processo de eutrofização, algo que é comentado em mais detalhes neste trabalho no item 4.3 poluição de reservatórios. As fontes de fósforo podem ser a drenagem pluvial de meios urbanos e rurais, devido a lixiviação de sabões, detergentes, fertilizantes e rejeitos de animais, além dos esgotos domésticos e efluentes de indústrias, como a alimentícia, de laticínios, de fertilizantes, frigoríficos e abatedouros (Agência Nacional das Águas, 2004).

2.2.2.6 Nitrogênio

O nitrogênio passa por diversas transformações ao longo de seu ciclo natural. O gás nitrogênio (N_2) presente no ar atmosférico é fixado ao solo por meio de descargas elétricas ou por bactérias para a forma de amônio (NH_3) que ao entrar em contato com a água forma o íon amônia (NH_4^+), ambas as moléculas podem ser oxidados por bactérias formando nitritos (NO_2^-), que também pode ser oxidado por outros gêneros de bactérias a nitratos (NO_3^-), este pode ser absorvido por plantas ou ser reduzido por bactérias ao gás nitrogênio que é liberado para atmosfera, completando o ciclo (Pontalti, 2011).

Em condições naturais, a concentração de amônia em corpos hídricos é normalmente baixa devido a oxidação por bactérias ou íons de ferro ou por estar aderida a partículas do solo, porém pode ser alta, caso haja uma fonte de poluição em um local próxima aos corpos hídricos, o que traz como consequência uma diminuição na eficácia dos processos de tratamento por cloro, pois quando interage

com este elemento pode levar a formação de cloraminas, havendo redução na capacidade bactericida (Alaburda & Nishihara, 1997).

Os nitratos estão entre os íons de maior concentração em águas, por ser facilmente aderido aos argilominerais e matéria orgânica presente no solo, além disso é bastante solúvel em água, o que faz com que seja facilmente lixiviado pela água (Pontalti, 2011), sendo que sua concentração tem relação inversa com a profundidade da água. Altas concentrações de nitrato podem levar ao processo de eutrofização de corpos hídricos superficiais e causar problemas de saúde como câncer estomacal e a metemoglobinemia, sendo mais severos em bebês com menos de três meses de idade, enquanto os nitritos, podem levar aos mesmos efeitos se forem ingeridos por adultos (Alaburda & Nishihara, 1997).

2.2.2.7 Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio é um importante elemento para a preservação e manutenção do equilíbrio natural da biota aquática, pois organismos como peixes precisam que as concentrações de oxigênio dissolvido na água estejam dentro de uma determinada faixa para conseguir completar as reações metabólicas, algo que deve estar próximo a 5,0 mg/L para a maioria das espécies, porém algumas podem necessitar de concentrações maiores como a truta, cuja o nível ideal seria aproximadamente 8 mg/L. (Cetesb, 2010).

Além disto a presença de oxigênio dissolvido é um dos mecanismos que permite a autodepuração natural de um corpo hídrico, pois também é um fator limitante para as bactérias aeróbicas que estabilizam matéria orgânica presente na água através de sua oxidação, sendo assim quando não há a presença deste elemento, apenas os microorganismo anaeróbios sobrevivem, o que causa um mau odor (Acqua Expert, 2018).

Este processo também é utilizado para a remoção de matéria orgânica nas estações de tratamento, sendo necessário implementar meios para aumentar as concentrações de oxigênio dissolvido, caso sejam menores que a demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Por conta disto, se um corpo hídrico apresentar uma concentração de OD menor do que os valores máximos suportados nas condições momentâneas, a concentração de saturação, é indício de poluição

devido a elevada concentração de matéria orgânica presente na água. (Acqua Expert, 2018).

Porém as concentrações de OD na água podem ser muito elevadas, acima de 10 mg/L, ponto de supersaturação, por conta de haver um elevado nível trófico, o que também é um indicativo de poluição (Agência Nacional das Águas, 2004).

O oxigênio dissolvido pode vir através da fotossíntese de alga ou de trocas gasosas com a atmosfera, algo que influenciado pela velocidade do fluxo de água, pois a movimentação das partículas da água permite a reaeração de um corpo hídrico, algo que ocorre em maior intensidade em uma cachoeira do que em uma represa. A temperatura e a salinidade também são fatores que regulam a quantidade de OD presente na água, pois conforme essas aumentam, a concentração de saturação é reduzida (Araújo, 2013).

2.2.2.8 Demanda bioquímica de oxigênio (BDO)

A DBO indica a quantidade total de oxigênio necessário para reduzir a matéria orgânica presente na água por meio da ação de bactérias, sendo uma forma indireta de medir a carga poluidora que é recebida por um corpo hídrico. Por conta disto é um parâmetro muito importante para as estações de tratamento da água, inclusive as que utilizavam processos anaeróbios e físico-químicos, pois indica a quantidade de matéria orgânica presente na água que precisa ser retirada. Além disso, a carga de DBO é utilizada no dimensionamento das estações de tratamento. A DBO também é utilizada para os estudos de autodepuração de corpos hídricos naturais, pois caso for maior que a OD, os níveis de oxigênio deste vai começar a diminuir, o que prejudica a biota aquática (Araújo, 2013).

2.2.2.9 Coliformes termotolerantes

A presença de determinadas bactérias é uma das formas para averiguar se há ou não a contaminação por esgotos, pois o trato digestivo de animais tem a capacidade de abrigar uma grande variedade de microorganismos, que muitas vezes podem ser nocivos à saúde, por conta disto, é possível que haja mais de 100 patógenos no esgoto doméstico não tratado, o que pode gerar a diversas doenças como enjôo, diarreia, infecções urinárias, febre e em casos mais graves

podendo levar ao falecimento, como nas regiões mais pobres, onde isto é a principal fonte causa de morte de crianças (Alves *et al.*, 2018).

As bactérias da classe coliformes totais são espécies bioindicadoras, que têm como características serem bacilos gram-negativos que fermentam a lactose, gerando como produtos aldeídos e gases a 35° C durante o período de um a dois dias e podem ser divididas entre os gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Escherichia*.

O subgrupo dos coliformes termotolerantes ou fecais são os mais utilizados por conseguirem fermentar a lactose entre 44 - 45 °C no período de 24 horas (Alves *et al.*, 2018), indicando contaminação recente e além disso este subgrupo engloba a espécie *E. Coli* que é um dos microorganismos mais comuns no trato digestivo e são provenientes apenas das fezes de animais (Bush *et al.*, 2020).

Devido a isto, a Portaria 2914/2011 indica que as águas para consumo humano não devem possuir a presença de *E. Coli* ou bactérias de bactérias termotolerantes (Brasil, 2011).

2.2.2.10 Resíduos totais

Os resíduos totais contém os sólidos que não são retirados da água pelos processos de evaporação, secagem ou calcinação em determinado período e temperatura, sendo compostos por resíduos ou por sedimentos, o que pode levar ao assoreamento, enchentes e trazer prejuízos à navegabilidade ou biota de um corpo hídrico (Agência Nacional das Águas, 2004).

2.2.2.11 Clorofila-a

A clorofila-a está relacionada com a biomassa de fitoplânctons que está presente na água, algo que pode ser útil para analisar o estado trófico da água, pois quanto maior a quantidade nutrientes que um lago possui, há uma tendência de aumentar também a taxa de reprodução e crescimento do fitoplâncton, onde dependendo da sua quantidade leva a eutrofização.

Portanto elevadas concentrações de clorofila-a indicam que a qualidade de um corpo hídrico está deteriorada e provavelmente a causa é alguma fonte de poluição antrópica, porém é preciso fazer outros estudos e análises, pois algas

estão normalmente presentes em ambientes aquáticos, por serem a base da cadeia alimentar e contribuem com a oxigenação da água, sendo assim em condições ideais a presença de algas é importante para regulação do equilíbrio ecológico aquático, contudo nesta situação a concentração de algas tende a ser baixa (UFRRJ, 2006).

2.2.2.12 Óleos e graxas

A presença de óleos e graxas em grandes quantidades podem diminuir a quantidade de oxigênio dissolvido, seja de forma direta, por formar uma camada na superfície da água o que dificulta a transferência de oxigênio ou de forma indireta por contribuir para Demanda Química de Oxigênio (BQO) e DBO pela decomposição desses. Além disso, os óleos interferem negativamente na biota aquática por poderem ser absorvidos pelas plantas e sedimentos, que podem ser ingeridos por animais (Magalhães *et al.*, 2013).

As fontes de antrópicas de óleos e graxas podem ser oficinas mecânicas, rejeitos de criação de animais, vazamentos de automóveis, efluentes de esgotos sanitários de indústrias como as que lidam com produtos petroquímicos, óleos, laticínios, frigoríficos, matadouros, suinocultura (Filho *et al.*, 2012), sendo o setor agroindustrial o que mais contribui com a emissão de óleos e graxas na água (Thebaldi *et al.*, 2010).

Por conta disto é estipulado na Resolução 357 do CONAMA um limite para a concentração de óleos e graxas para o lançamento de efluentes, sendo os valores máximos de 20 mg/L para óleos minerais e 50 mg/L para óleos vegetais e gorduras de animais (Brasil, 2011), porém a concentrações em esgotos domésticos podem chegar a 170 mg/L (Filho *et al.*, 2012).

Apesar de ser permitido um limite para a presença de óleos e graxas na água, estes devem estar virtualmente ausentes para que um corpo hídrico possa se enquadrar nas classes especial, 1,2 e 3, segundo a Resolução Conama 357 (Brasil, 2011).

As águas pluviais também podem contribuir para a poluição de óleos e graxas de um corpo hídrico, sendo a concentração usual desses entre 4 a 50 mg/L porém os valores são superiores em escoamentos próximos a postos de gasolinas, lavagens de automóveis e oficinas mecânicas (Filho *et al.*, 2012).

2.2.2.13 Condutividade elétrica

Condutividade elétrica refere-se a capacidade da água em conduzir corrente elétrica, algo que é proporcional aos íons dissolvidos na água e cuja unidade usual é expressa por $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Silva *et al*, 2008).

A condutividade é um indicativo de poluição antrópica, pois as águas em estado natural variam entre 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o que depende das condições geológicas, pedológicas e do clima no local, pois são fatores que podem tornar mais propício a dissolução dos íons presentes nas rochas e no solo, além disso em períodos chuvosos a condutividade tende a aumentar.

Enquanto as águas que recebem cargas de efluentes domésticos e industriais os valores de condutividade podem alcançar 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, porém não é contemplado na legislação por não expressar quais íons estão presentes na água, nem suas respectivas concentrações (Piratoba *et ali.*, 2017).

Ao medir a condutividade elétrica deve ser também aferida a temperatura da água, fazendo a devida correção, pois a temperatura também influencia na quantidade de substâncias dissolvidas na água (Villas & Banderalli ,2013).

2.3 Poluição de reservatórios

A Lei N° 6938/81 estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) que define o termo poluição da seguinte maneira: a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde ou a segurança ou o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (Brasil, 1981).

Sendo assim qualquer atividade ou processo natural ou antrópico que tenha o potencial afetar negativamente a qualidade de um corpo hídrico, tanto para utilização humana, quanto para manter o equilíbrio ecológico, pode ser

considerada como uma fonte poluidora, algo que é ocasionado pela liberação de efluentes e substâncias, sendo que quanto maior for a intensidade desta liberação e o tempo de exposição a esta, maiores serão os efeitos e os impactos ambientais causados. A poluição pode ocorrer de 3 formas, química, física ou biológica (Pereira, 2004).

A poluição química é caracterizada pela alteração da concentração dos materiais que encontram-se dissolvidos ou em suspensão na água, algo que normalmente é causado pela liberação de substâncias que podem ser biodegradáveis ou persistentes, que podem ser tanto metais ou compostos orgânicos, que quando absorvidas por organismos, causam a bioacumulação e biomagnificação. Ambos os tipos de substâncias têm o potencial de gerar desequilíbrios na cadeia trófica.

Enquanto a poluição física ocorre por meio dos parâmetros físicos da água, dentre as quais podem ser mencionadas o aumento na temperatura causado pela liberação de efluentes provenientes de atividades industriais que utilizam processos de refrigeração, como siderúrgicas, usinas termelétricas e nucleares, além do aumento da turbidez e alteração da cor da água, causados respectivamente por partículas em suspensão e dissolvidas.

Já a poluição biológica ocorre pela entrada e proliferação de agentes patogênicos como vírus, bactérias, protozoários e amebas, algo que ocorre normalmente pela liberação de esgotos doméstico não tratados na água ou por meio rural caso não haja um sistema adequado de coleta e tratamento dos resíduos dos animais e das fossas sépticas (Pereira, 2004).

A ação da água exerce um papel importante no transporte e na distribuição da poluição, pois ao longo do seu percurso pode carregar fisicamente materiais e substâncias, além do seu conteúdo em dissolução, algo que ocorre até chegar a um receptor final, sendo assim é possível que sejam percorridas grandes distâncias por um poluente, desde de sua fonte.

Por conta disso, entender o ciclo da água pode ser útil para identificar como o processo de poluição ocorre em um determinado local, pois cada etapa pode contribuir de uma forma diferente.

Na fase de precipitação pode ocorrer chuvas ácidas, havendo uma diminuição significativa no pH da água, por conta da dissolução de compostos ácidos que encontram-se em concentrações excessivas no ar atmosférico, como dióxido de

carbono (CO₂), ácido sulfúrico (H₂SO₄) e ácido nítrico (HNO₃) devido às atividades antrópicas, cujas as principais fontes são atividades industriais e processos de combustão no geral, sendo uma das consequências, a desestabilização de ambientes aquáticos, por alterar os níveis de pH para além da faixa ótima (Langanke, 2007).

Parte do volume precipitado infiltra-se no solo, iniciando a etapa de percolação, alcançando maiores profundidades conforme o nível de saturação do solo. Durante este processo os contaminantes presentes na superfície são levados para níveis mais profundos, podendo ficar retidos nas partículas do solo ou alcançar o lençol freático, sendo este um contribuinte para a alimentação de corpos hídricos superficiais.

A parte restante do volume precipitado é escoado superficialmente e caso não haja um sistema de coleta de águas para drenagem pluvial, esse é interceptado por corpos hídricos, sendo que durante este percurso, a água pode transportar consigo diversos materiais, como lixo urbano e sedimentos contaminados, além dos compostos dissolvidos na água, contribuindo assim para a poluição dos corpos hídricos.

Em ambientes urbanos a proporção entre o volume infiltrado para o escoado depende das alterações antrópicas no uso e ocupação de solos, onde usualmente a vegetação natural é removida para que construções possam ser feitas, sendo necessária impermeabilizar o solo, o que traz como consequência um acréscimo no volume que é escoado, que além de contribuir para uma maior vazão dos rios e armazenamento de reservatórios, permite que mais materiais sejam transportados e substâncias sejam dissolvidos na água, o que pode agravar a poluição.

Por conta desta dinâmica, a quantidade que é levada até um corpo hídrico é bastante influenciada pela sazonalidade, pois nos períodos chuvosos há um maior volume de água sendo escoado e infiltrado.

A principal causa de poluição é a atividade antrópica, pois quando estas não são bem planejadas adequadamente, não sendo realizados os devidos estudos prévios dos possíveis impactos ambientais e de como mitigá-los, são causados diversos danos, acarretando em deterioramento das condições dos locais ao arredores dos empreendimentos humanos.

O elevado crescimento urbano faz com que seja necessário ocupar cada vez uma quantidade maior de novas áreas e uma maior extração dos recursos para

atender a demanda crescente da população, o que somado com o imediatismo e falta de recursos e técnicas disponíveis faz com que muitas vezes haja uma ocupação desordenada de tal forma que empreendimentos são desenvolvidos em áreas de risco, não havendo também a preservação de importantes feições naturais, como as APPs.

Este cenário todo também é agravado pela mentalidade consumista e extrativista dos recursos naturais, onde a preservação é vista como sendo algo secundário. Isto faz com que os problemas ambientais sejam desenvolvidos de maneira mais intensa, acarretando em uma maior quantidade de impactos significativos, dentre eles a poluição dos recursos hídricos, pois esta pode ser evitada ou atenuada, se forem tomadas as devidas medidas.

A poluição pode ocorrer de maneira difusa, quando as emissões ocorrem ao longo de uma grande área e são liberadas intermitentemente no meio ambiente, por diversas fontes, sendo mais difícil identificá-las, ou de forma pontual quando há um lançamento em maiores concentrações em um espaço menor, podendo ser contínua como as indústrias ou intermitente (Pereira, 2004).

Os depósitos de lixo são uma das fontes de poluição, sendo que sua composição varia muito de acordo com as atividades desenvolvidas no local, podendo conter materiais perigosos como resíduos hospitalares, embalagens de agroquímicos ou diversos patógenos e substâncias tóxicas.

Além disto, há uma elevada carga de matéria orgânica, que pode ser até 100 vezes maior do que a encontrada nos esgotos domésticos e pode alcançar corpos hídricos superficiais e subterrâneos, além do chorume formado pelo acúmulo de lixo (Pereira, 2004).

No contexto urbano, diversos poluentes podem ser lixiviados pela carga das precipitações, que podem atingir cerca de 80% do volume de esgoto gerado em épocas chuvosas e transportar embalagens, resíduos de animais, materiais de construção, óleos, sabões, compostos inorgânicos, metais, entre outros (Xavier, 2005).

Os esgotos são constituídos por águas utilizadas para higienização pessoal, de alimentos e utensílios, além das descargas do vaso sanitário, o que implica numa carga de matéria orgânica, fósforo, nitrogênio, óleos e patógenos. Além disto os esgotos domésticos emitem diversos fármacos e hormônios que são consumidos pelos seres humanos e liberados pelas fezes e urina, sendo que o

tratamento convencional não é capaz de retirar essas substâncias da água, fazendo com que a concentração destes aumente gradativamente nos corpos hídricos que serão utilizados para abastecimento, podendo contaminar a população local e causar problemas de saúde, algo que afeta inclusive os bebês durante a gestação.

As indústrias também são outra grande fonte de poluição, sendo que os contaminantes dependem do tipo de atividade que é desenvolvida, processos industriais que utilizam refrigeração podem emitir cromo, o que aumenta a temperatura da água, causando aceleração no metabolismo dos organismos dos seres que vivem em ambientes aquáticos.

Enquanto as indústrias alimentícias contribuem com uma elevada carga de matéria orgânica. Além disso, as indústrias também contribuem emitindo cargas de esgotos domésticos (Pereira, 2004).

A poluição da água causada pela mineração pode vir através da grande retirada de terra, que é necessária para extrair os minérios de interesse, o que expõe as substâncias que estavam condicionadas dentro de camadas profundas de solo ou rocha e assim poluindo corpos hídricos, algo que é intensificado quando o enorme volume de estéreis e rejeitos que contém estas substâncias não são devidamente armazenados.

Em relação ao ouro, é produzido aproximadamente 300 mil quilos de rejeito para um quilo de minério extraído, o que gerou 745 milhões de toneladas de rejeito no ano de 2000. Mesmo em metais com bom aproveitamento, como ferro, que possui uma relação de 40%, foram produzidos cerca de 2 bilhões e 113 toneladas de rejeitos (Portela, 2015).

A mineração também contribui com a poluição de forma indireta, pois é utilizado um volume considerável de água na execução das atividades, variando entre 1,1 m³/t a 4 m³/t, o que pode gerar um rebaixamento no nível do lençol freático, algo que diminui a capacidade de carga de aquíferos, além de facilitar o processo de poluição. Além do volume de água é preciso desmatar uma área considerável de vegetação para que sejam realizadas as cavas (Milanez, 2017).

Devido a todos estes aspectos da mineração podem surgir diversos impactos nos corpos hídricos, como acidificação da água, algo que contribui para a solubilização de metais, aumento na turbidez, contaminação por óleos, graxas,

metais pesados, redução do oxigênio dissolvido, assoreamento entre outros (Portela, 2015).

No meio rural a poluição da água pode vir de diversas fontes diferentes. A criação de animais produz rejeitos, o, que não causam muitos impactos quando é feita ao ar livre e com baixa concentração de animais, porém quando é realizada de forma confinada e com uma elevada densidade, é preciso manejar adequadamente os efluentes gerados, seja por causa da limpeza, quanto por meio da excreção, pois contém uma quantidade significativa de matéria orgânica e elementos como nitrogênio e fósforo que se forem emitidos frequentemente nos corpos hídricos podem poluí-lo, além contribuir para uma possível eutrofização.

Enquanto os cultivos em si podem contribuir de forma indireta pela alteração do uso de solo, onde a vegetação natural é substituída por determinadas culturas, onde os impactos são mais significativos em grandes latifundiários de monocultura ou em áreas que não são implementadas práticas conservacionistas.

Além disso, no cultivo convencional é utilizado uma grande quantidade de agrotóxicos e fertilizantes para que as plantas possam se desenvolver, sendo necessário aplicar doses crescentes, caso não forem tomadas outras medidas, nem houver rotação de culturas, pois cada espécie precisa de determinados nutrientes, sendo assim ao longo do tempo a concentração de determinadas substâncias vai diminuindo no solo, causando empobrecimento e infertilidade, o que requer maior uso de fertilizantes e agrotóxicos, pois as pragas vão criando resistência por meio de seleção natural.

Outro fator que influencia no aumento do uso de agroquímicos é a crescente demanda do aumento populacional, sendo que os problemas causados por estes produtos são agravados ainda mais quando são utilizados em doses excessivas, o que facilita que sejam carregados pela água, que também pode transportar sedimentos contaminados, sendo possível alcançar longas distâncias deste a fonte de emissão (Xavier, 2005).

Os impactos causados pelos agrotóxicos dependem bastante de sua composição e das suas características físico-químicas, pois podem ser degradados, ficar retidos nas partículas do solo ou serem pouco solúveis, o que dificulta sua disseminação (Silva, *et al*, 2013).

Porém há uma classe de agrotóxicos altamente perigosos, os poluentes orgânicos persistentes (POPs), que possuem como características serem muito

resistentes a biodegradação, podendo durar no meio ambiente por décadas, serem facilmente bioacumulados e transportados pelo vento e água, sendo que devido à ação de animais migratórios, podem ser encontrados em regiões onde nunca haviam sido utilizados, como é o caso do DDT que é encontrado em quase todo o planeta (Felix *et al.*, 2007).

O uso de fertilizantes são uma das maiores causas difusas da eutrofização de corpos hídricos, pois estes são ricos em NPK, sendo que o potássio é lixiviado pela enxurrada mesmo quando aplicados nas doses ótimas, enquanto isto ocorre quando as concentrações de nitrogênio vão além que as plantas conseguem absorver (Xavier, 2005)

A eutrofização pode ser descrita como o processo contínuo de aporte e acúmulo de nutrientes em um corpo hídrico lântico, aumentando as taxas de produtividade primária de algas e bactérias, o que desencadeia uma série de eventos, pois conforme começam a se proliferar excessivamente, a quantidade de luz que chega aos níveis mais profundos vai diminuindo, sendo esta a fonte de fotossíntese para as plantas que são responsáveis por manter o nível de oxigênio na água equilibrado.

Isto vai ocorrendo até chegar em um estado trófico mais avançado onde a maioria dos vegetais estão mortos e o nível de oxigênio na água é muito baixo, havendo poucas animais vivos, e uma concentração muito alta de bactérias, algas e nutrientes, o que faz com que água fique bastante turva. Quando um ambiente lântico encontra-se assim é caracterizado como eutrófico.(Langanke, 2007)

O processo de eutrofização é algo que ocorre naturalmente, porém este é um processo que ocorre em um longo período de tempo, contudo as atividades antrópicas estão acelerando bastante este processo de tal modo, que a partir da década de 1940, passou a ser um problema de poluição internacional (Xavier, 2005).

Um corpo lântico pode estar em um destes três estados tróficos: oligotrófico caracterizado por elevadas concentrações de oxigênio dissolvido e baixa produtividade, mesotrófico, havendo mediano desenvolvimento planctônico e o último é o eutrófico, já descrito (UFRRJ, 2006).

2.4 Deslizamentos

Durante o processo de urbanização é feita diversas mudanças no ambiente, como alterações na topografia, topologia e paisagem natural, o que interfere nas dinâmicas e processos ambientais e por consequência no equilíbrio que antes havia, o que pode facilitar ou induzir a ocorrência de desastres naturais, como enchentes, enxurradas, alagamentos, deslizamento de terra, erosão, estiagens, entre outros, caso não seja feito e seguido um devido Plano Diretor do município, contendo cartas referentes às áreas de risco e uso e ocupação.

Porém no Brasil, devido a diversos fatores, é comum haver o crescimento urbano de forma desordenada, onde lugares impróprios são ocupados, geralmente ocasionado por pessoas de menor renda, sendo assim as estruturas são muitas vezes as edificações são precárias e não havendo também as estruturas e preparação do meio para tais obras, o que pode fazer com a magnitude dos desastres seja maior, bem como o impacto na vida das pessoas, por ser mais difícil de arcar com os danos físicos e perda material causadas.

Segundos os dados do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), de 2007 a 2019 foram registradas em todo o país 1756 mortes devido a desastres naturais, sendo que o ano de 2011 contém mais da metade dos incidentes com 969 relatos (IPT, 2017).

Deslizamentos de terra são um destes desastres naturais e tem um potencial de afetar mais as pessoas que moram em encostas de morro, no topo de taludes ou muito próximas a locais de alta declividade (Rossetti & Savi, 2012).

Este tipo de evento pode ser descrito como a movimentação descendente de rochas, solos e detritos, ação da gravidade, o que ocorre de forma rápida, podendo acontecer de 4 maneiras diferentes, por: queda, tombamento, escorregamento rotacional e escorregamento translacional.

O movimento de queda se dá pela queda de pedras que se desprendem de penhascos. Enquanto os tombamentos surgem após massa de rocha e solo são desprendidos, tombando para frente na encosta da montanha, conforme a topografia local, normalmente o material deslocado encontra-se na base das rochas.

Os escorregamentos rotacionais referem-se a deslizamentos de massas de solo em superfícies curvas, onde relevo das encostas é alterado, pois são formadas cavidades circulares nestas, sendo este o resultado da movimentação da parte inferior, enquanto a superior performance, voltando-se para trás. Já os escorregamentos translacionais diferem-se por ocorrerem em falhas, sendo que geralmente possuem alta velocidade. (Estado de Minas, 2022).

Em ambos os tipos de deslizamento, grandes massas de solo podem ser deslocadas grandes massas de solo, o que eleva o potencial de causar danos às estruturas, edificações e na integridade das pessoas próximas aos locais.

Em solos, o deslizamento é causado quando a resistência de cisalhamento do solo é menor que a força gravitacional, sendo assim é preciso conhecer as características do solo e das rochas presentes, bem como fatores externos como declividade, tipo de talude, percurso da rede drenagem e uso e ocupação de solos.

Dentre estes fatores a presença de vegetação atenua o impacto gerado pelas gotas atingir o solo, bem como proporcionar uma maior coesão deste, devido a raízes, que auxiliam na agregação do solo, além de absorver parte da água presente, pois o peso específico, a poropressão e a tensão efetiva aumentam de acordo com o grau de saturação, o que reduz a resistência de cisalhamento, algo que também é influenciado pela tipo de talude e a inclinação, pois as forças gravitacionais são exercidas, conforme a declividade deste, sendo que taludes antrópicos podem ter elevadas inclinações além das suportadas, o que faz com que sejam mais instáveis e propícios a deslizamentos (Carvalhais, *et al*, 2019).

3 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

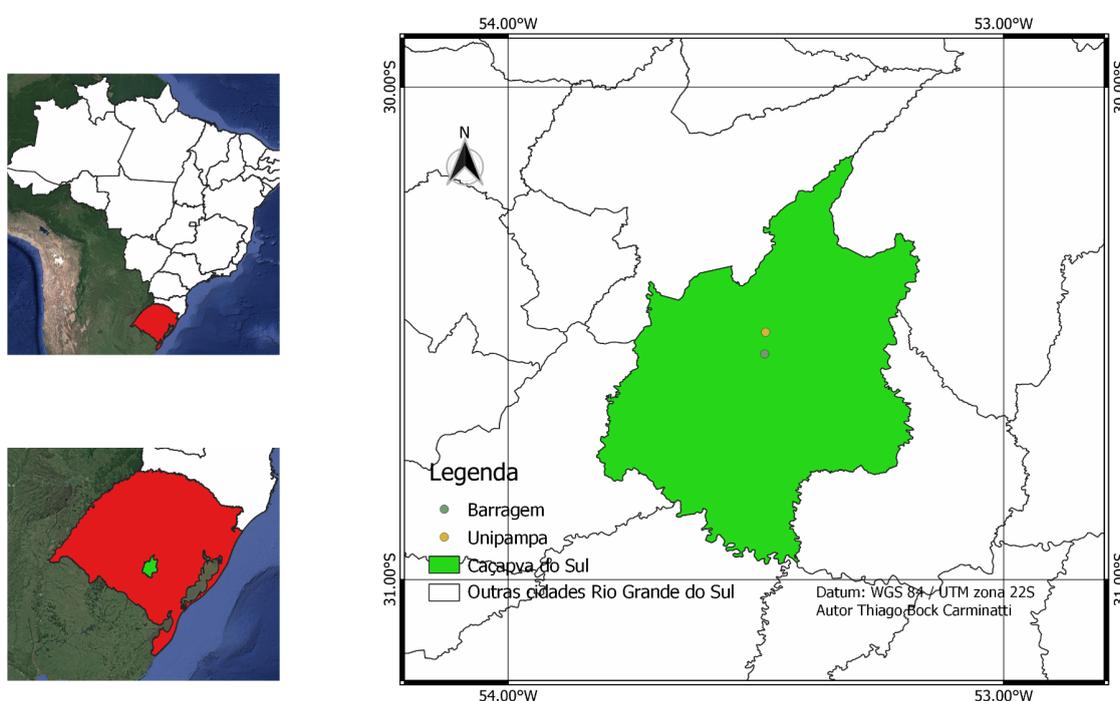
A seguir será apresentada uma breve descrição dos aspectos da barragem e das condições ambientais e locais em que esta encontra-se no momento.

3.1 Localização

A Barragem da Fonte de Mato está localizada nas coordenadas nas coordenadas -53.48235,-30.54113, segundo o sistema geodésico WGS 84, dentro do município de Caçapava do Sul, a aproximadamente a 4 km ao sul do centro da cidade e a 6,4 km ao sul da Unipampa, a via de acesso por ambos os lugares se dá via a estrada do Salso. Em relação a Porto Alegre, o ponto de estudo está a 230 km a sentido sudoeste, conforme o mapa mostrado na figura 1.

Figura 1: Mapa de Localização.

Mapa de localização da barragem da Fonte do Mato



Fonte: Autor (2022).

3.2 Descrição inicial da barragem

A partir da visitação ao local pode-se observar que apesar da terraplanagem realizada, a barragem localiza-se em um ambiente declivoso, onde a maior parte da área adjacente à barragem é composta por espécies arbóreas, como araucárias, típica do pampa e eucalyptus, utilizada para silvicultura.

O restante da área é coberta por solo se dá por solos expostos, gramíneas e aterramento, sendo estas duas últimas em pequenas proporções, havendo também um vertedouro de concreto, onde acumula-se os resíduos sólidos trazidos pelos arroios contribuintes, algo que não pode-se ser visto, pois o nível de água não estava baixo o suficiente no momento da visita.

Foi observado também que em determinados locais da barragem estavam cobertos por macrófitas e que a barragem é feita de terra.

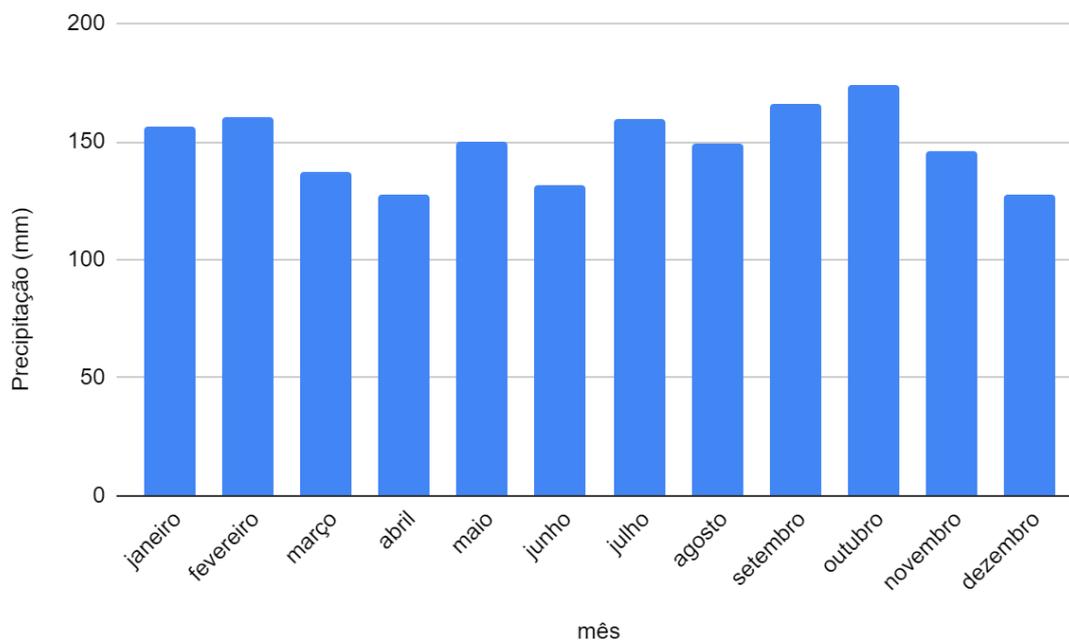
3.3 Descrição técnica da área de estudo

A seguir serão abordadas características técnicas de interesse para a realização deste estudo.

3.3.1 Clima

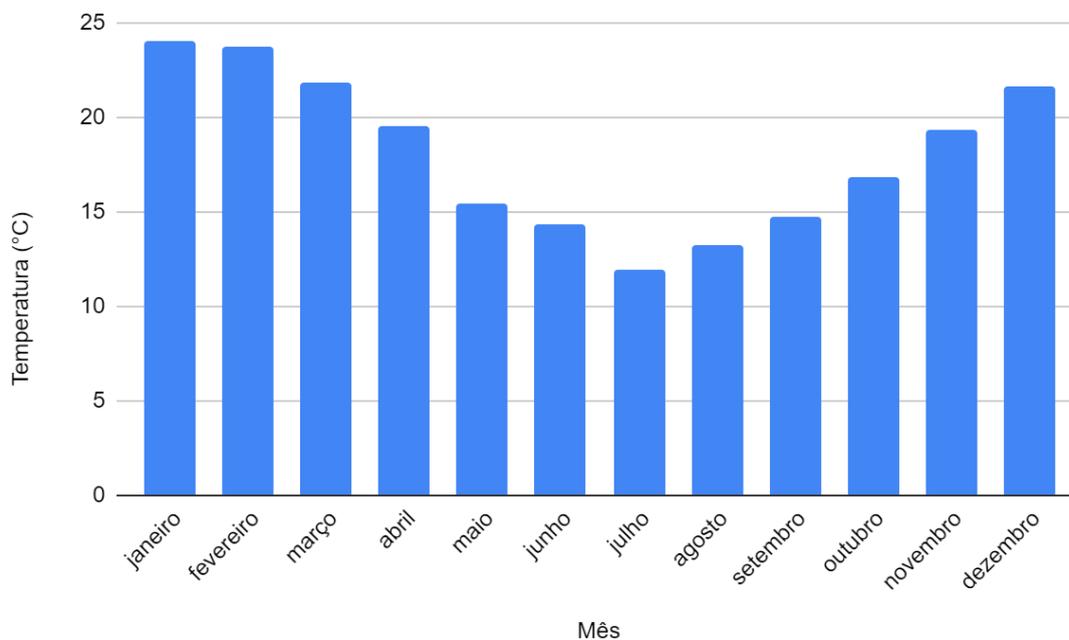
Segundo o modelo de classificação climática de Köppen-Geiger (National Weather Service, 2017) e com base nos dados obtidos pelo INMET de junho de 2006 a maio de 2022 o município de Caçapava do Sul é enquadrado na categoria Cfa, clima temperado subtropical úmido, pelo mês mais frio, julho, ter uma temperatura média de 12 °C e possuir mais de um mês com médias acima de 22 °C e quatro meses com temperaturas médias acima de 10 °C. Os gráficos de precipitação e temperaturas médias mensais foram elaborados para uma melhor compreensão e estão apresentados pelas figuras 2 e 3, respectivamente.

Figura 2: Médias das precipitações totais mensais de Caçapava do Sul/RS entre junho de 2006 a maio de 2022 (INMET).



Fonte: Autor, 2022.

Figura 3: Médias das temperaturas médias mensais de Caçapava do Sul/RS entre junho de 2006 a maio de 2022

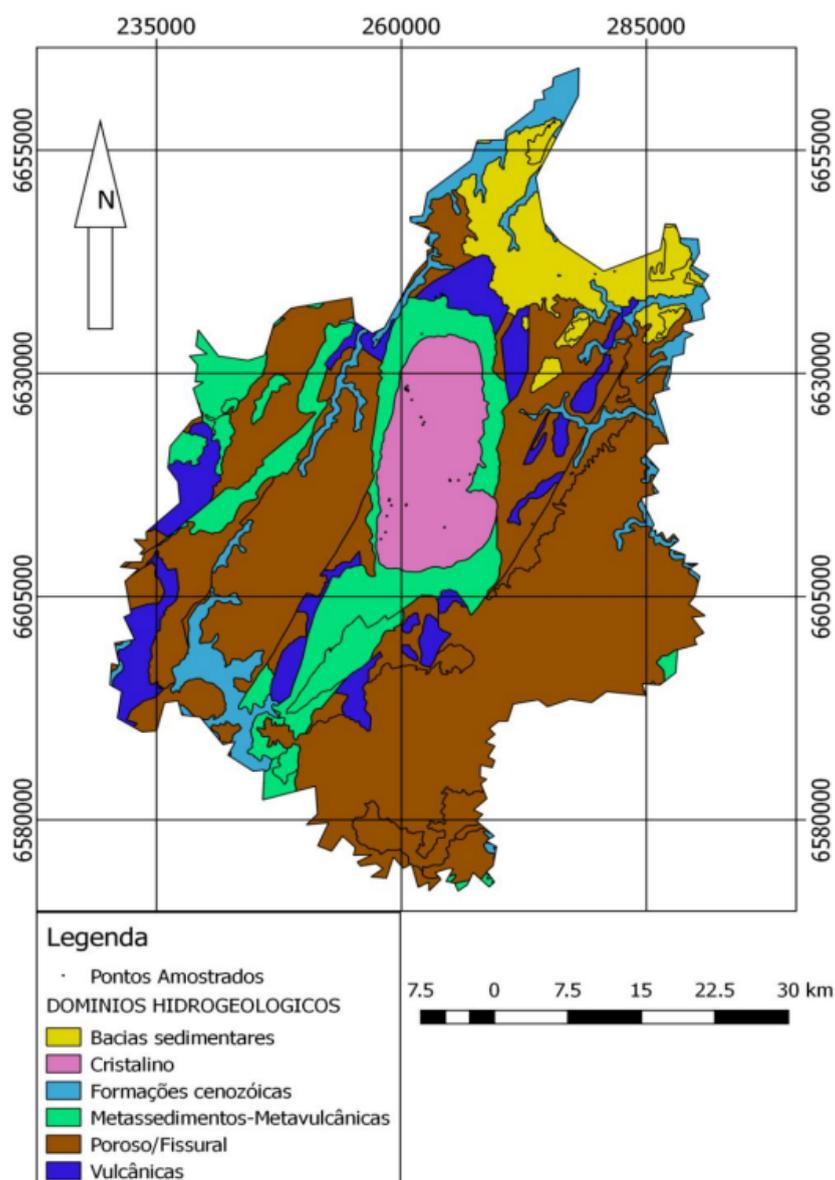


Fonte: Autor, 2022.

3.3.2 Hidrologia e Hidrogeologia

Segundo Soares (2021), o município de Caçapava do Sul possui seis domínios hidrogeológicos, sendo estes: Domínio Formações Cenozóicas, Domínio Bacias Sedimentares, Domínio Poroso / Fissural, Domínio Metassedimentos /Metavulcânicas, Domínio Vulcânicas e Domínio Cristalino, o qual está localizada a Barragem da Fonte do Mato, conforme a carta temática apresentado por Telles (2016), através da figura 4.

Figura 4: Carta temática dos domínios hidrogeológicos de Caçapava do Sul.



Fonte: Telles, 2016.

O município de Caçapava do Sul pertence a três Unidades Hidrológicas de Planejamento, a Vacacaí/Vacacaí Mirim, a Camaquã e a Baixo Jacuí, sendo esta última a qual a barragem estudada pertence. Na direção nordeste da barragem está localizado o Arroio Irapuãzinho cuja jusante é no sentido leste e foz é o Arroio do Salso, situado ao sul do ponto de estudo (SNIRH, 2017).

Conforme Soares (2021), o município de Caçapava do Sul encontra-se abaixo de 4 tipos de sistema de aquíferos: Embasamento Cristalino II, Aquicluda Eo-Paleozóico, Palermo/Rio Bonito e Aquitardo Permiano.

3.3.3 Bioma Pampa

A área de estudo encontra-se inteiramente dentro do bioma pampa cuja área dentro do território nacional restringe-se apenas ao estudo estende-se por 176.500 km², 2,07% do território nacional, sendo o menor bioma do país (Instituto Brasileiro de Florestas, 2002). É composto predominantemente por vegetações campestres, apresentando também matas ciliares, matas de encostas, matas-pau-ferro e configurações arbustivas e subarbustivas.

Nestas formações encontram-se cerca de 2.150 espécies, nas quais 260 são endêmicas, dentre as espécies totais há arbustos, leguminosas, gramíneas, bromélias e cactos, sendo os gêneros de maior predominância são: *Baccharis*, *Paspalum*, *Mimosa* (Boldrini *et al.*, 2018), *Stipa*, *Piptochaetium*, *Aristida*, *Melica* e *Briza* (Instituto Brasileiro de Florestas, 2002).

Apesar do pampa gaúcho de ter cerca 64% de sua área alterada para dar espaço a atividades antrópicas como cultivo de soja, silvicultura e pastejo de gado, sendo assim o segundo bioma mais devastado do país, é a maior região de campos preservados em território nacional, possuindo mais de oito formações diferentes de campos (Boldrini *et al.*, 2018).

3.3.4 Geologia

O município de Caçapava do Sul está localizada na Suíte Granítica Caçapava do Sul (SGCS) pertencente ao no Domínio Ocidental Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG), sendo este composto por rochas ígneas, metamórficas e sedimentares datadas entre o Pré-Cambriano e começo do

Paleozóico e relacionadas à orogênese dos ciclos Transamazônico e Brasileiro (Miranda, 2022; Hispagnol & Fries, 2021). O ESRG é dividido entre 4 unidades geotectônicas principais, o Terreno Taquarembó, Terreno Tijuca, Batólito Pelotas e Terreno São Gabriel, do qual a SGCS faz parte (Simões, 2012).

A SGCS possui 25 km de extensão, configurada em um formato dômico, sua geologia é caracterizada majoritariamente por rochas monzogranitos e sienogranitos, enquanto a mineralogia é composta em maiores proporções por quartzo, feldspato alcalino, plagioclásio e biotita (Moreira *et al.*, 2019).

3.3.5 Pedologia

O município de Caçapava do Sul está localizado na província pedogenética da Serra do Sudeste composta predominantemente por Neossolos da subordem Regolítico e Litólico e em menores proporções por Luvisolos, dentre os quais, a área de da região de estudo está em circundada pelos dois primeiros (CECCATO, 2018).

Os Neossolos Regolíticos não têm contato lítico nem lítico fragmentário abaixo de 50 cm da superfície apresentam contato lítico fragmentário, possuem um horizonte A ou hístico acima de um horizonte C ou Cr, podendo apresentar um horizonte B cuja espessura é insuficiente para ser diagnosticado, além disto devem satisfazer ao menos um dos dois critérios a seguir: possuir 4% ou mais de minerais primários alteráveis na fração total e 5% ou mais do volume do horizonte C ou Cr deve estar na faixa de 150 cm abaixo da superfície, nos quais deve haver fragmentos de rochas semi-intemperizadas, saprófitos ou pseudomorfos.

Enquanto os Neossolos Litólicos podem ser descritos por ter contato lítico ou lítico fragmenta na faixa de 50 cm abaixo da superfície, possuir horizonte A ou hístico em contato direto com a rocha ou com um horizonte C ou Cr cuja massa deve ser constituída por 90% ou mais de por fragmentos grosseiros de diâmetro acima de 2 mm, além disto pode haver um horizonte B cuja espessura é insuficiente para que seja diagnosticado (Santos *et al.*, 2013).

4 MÉTODOS E MATERIAIS

Neste capítulo serão apresentados os métodos utilizados para a realização do estudo ambiental da barragem da Fonte do Mato, algo que foi feito a partir de geoprocessamento SIG e análises de água de determinados parâmetros da água.

4.1 Geoprocessamento

Nesta etapa do trabalho foi utilizado o software QGIS na versão 3.22.8 para processar as imagens de satélites e as bases de dados que estão disponibilizadas gratuitamente na internet.

Primeiramente foi delimitada a microbacia hidrográfica na qual a barragem fonte do Mata está inserida, através de um modelo digital de elevação (MDE) de captado pelo satélite ALOS Palsar de 12,5 m de resolução e que foi processado pelo complemento Terrain Analysis - Channels do SAGA GIS Provider.

Enquanto o arroio da Fonte do Mato foi delimitado manual, algo que não foi possível obter 100% de precisão em todo o percurso, pois parte do arroio estava totalmente coberto por vegetação, não sendo possível visualizar o arroio. Para auxiliar, foi traçada uma linha no Google Earth Pro a partir de uma imagem de 2013 e foi exportada para o Qgis e feitas correções em cima da imagem de satélite do Google Earth de 2023. Não foi possível delimitar o outro afluente, pois está localizado em propriedade privada e não foi possível visualizar por satélite.

Então foi verificado o uso e ocupação de solo por uma imagem obtida pela mesclagem das bandas 11 (infravermelho médio), 8 (infravermelho próximo) e 4 (vermelho) nesta ordem do Satélite Sentinel-2 L2A, cujas as resoluções são respectivamente 20, 20 e 10 metros. Então a partir desta imagem, foi utilizado o complemento Semi-Automatic Classification Plug para a identificação de vegetação densa e mata, para fazer a classificação de risco de declividade e para verificar as APPs de matas ciliares.

Após foram delimitadas as APPs de mata ciliar referentes a Barragem da Fonte do Mato e do Arroio da Fonte do Mato, com base na Lei 12651 (Brasil, 2012), que delimita estas áreas para um raio de 50 metros ao redor de nascentes e uma largura variada de acordo com o comprimento do rio, sendo 30 metros para rios com menos de 10 metros de largura, que é o caso do arroio em todo o seu

percurso. A delimitação de APPs de barragens artificiais construídas para abastecimento humano encontra-se na Lei 12727 (Brasil, 2012) na qual é estipulado de 15 a 30 metros para áreas urbanas, sendo utilizado no estudo 30 m.

As áreas das APPs foram delimitadas a partir da ferramenta buffer disponível pelo Qgis. Então será determinado a porcentagem de metros quadrados dentro desta área coberta por vegetação arbórea, bem como o estado em que esta será encontrada.

A partir do mesmo MDE utilizado para a delimitação da microbacia, foi verificado se havia pontos de APP de declividade também as APPs de declividade e altura, conforme Lei 12651 (Brasil, 2012) que prescrevem-nas para locais com declividade acima de 45° e em altitude maior que 1800 metros, além de topos de morro, serras e montanhas com altura superior a 100 metros e inclinação média maior que 25°.

Além disto foi feito também um estudo de zonas de risco de declividade e vegetação em toda a microbacia, de acordo com os critérios e categorias descritos pelo Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas (IPAT) (2009), o que está disposto na tabela 2.

Tabela 2: Classificação das zonas de risco.

Grau de Probabilidade	Descrição
R1 - Baixo	Áreas com declividades entre 0 a 30% e com cobertura vegetal original.
R2 - Médio	Áreas com declividades moderadas (30 a 46%) e com cobertura vegetal original e/ou áreas com declividade entre 0 a 30% e destituídas de cobertura vegetal original.
R3 - Alto	Áreas com declividades moderadas (30 a 46%) e destituída de cobertura vegetal original ou áreas com declividade acentuada (acima de 46%) com cobertura vegetal original
R4 - Muito Alto	Áreas com declividade acentuada (acima de 46%) e destituída de cobertura vegetal original.

Fonte: IPAT, 2009.

4.2 Análises de água

Neste trabalho foram feitas as seguintes análises físico-químicas da água: pH, temperatura, turbidez, cor aparente, fosfato inorgânico dissolvido, nitrato, OD, resíduos totais, clorofila-a e condutividade. Todas estas análises foram realizados para os 5 pontos amostrais, conforme descrito no item 5.1, exceto a clorofila-a devido a utilizar um material filtrante de alto custo e pela clorofila se desenvolver em ambientes mais lênticos, portanto foi preferível realizar esta análise apenas para os pontos dentro da barragem.

Os parâmetros OD e temperatura foram medidos *in loco* via oxímetro portátil e termômetro de mercúrio. Os parâmetros pH, turbidez, cor aparente e condutividade foram medidos respectivamente por pHmetro, turbidímetro, colorímetro e condutivímetro.

Para a determinação do fosfato foi utilizado o método descrito por Strickland (1965), enquanto para o nitrato foi necessário colocar as 1 ml da amostra em um balão volumétrico de 50 ml, onde foi colocado 1 ml de HCl a 1,0 mol, sendo o restante preenchido por água deionizada, então foi medida a absorbância em 220 nm. Para a determinação de clorofila-a foram seguidos os mesmos procedimentos conforme descritos por Nogueira *et al* (2013).

Para a análise de resíduos totais foram postos 50 ml das amostras em um cadinho e então foram postos em uma estufa por aproximadamente 1 dia, sendo que os cadinhos foram pesados antes de serem postas as amostras e depois da água ter evaporado na estufa. A água utilizada para as amostras de fosfato, nitrato e clorofila- foi filtrada a vácuo utilizando um filtro de 45 µm.

Todas as amostras foram coletadas em um único dia, 12/12/2022, porém as análises foram realizadas nos dias 13 e 14 de dezembro de 2022.

As análises foram realizadas nos Laboratórios dos Prédios do Centro de Ciências e Tecnologia Ambiental e LATRAM do Campus Caçapava do Sul da Universidade Federal do Pampa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Descrição

Neste tópico encontram-se descrições técnicas da barragem, do arroio e da microbacia de acordo com visitas de campo e geoprocessamento.

5.1.1 Descrições gerais da Microbacia

Após delimitada a microbacia pelo software QGIS foi preciso realizar alguns cortes manualmente para destacar apenas as áreas de influência dos arroios afluentes à Fonte do Mato, sendo as linhas retas estes recortes que foram feitos manualmente. De acordo com a delimitação obtida, a microbacia possui um total de 513,8 Ha.

A barragem é alimentada por dois arroios, um sendo o da Fonte do Mato, sendo este delimitado manualmente e um outro que não foi possível de delimitar pois tem um pequeno percurso, com seu início bem próximo a barragem, situado em propriedade privada, o que dificultou o acesso, além de estar coberto de vegetação não sendo possível identificá-lo com precisão pelas imagens disponibilizadas pelo Google Earth.

Porém pelos mesmos motivos não foi possível delimitar com precisão exata o Arroio da Fonte do Mato, sendo preciso utilizar imagens de satélite de 2013 para identificar melhor o percurso, sendo feitas algumas correções para as imagens de 2023. Contudo isto é um bom indicativo, pois demonstra que os recursos hídricos, mesmo estando localizados em áreas urbanas, ainda assim estão protegidos por matas ciliares.

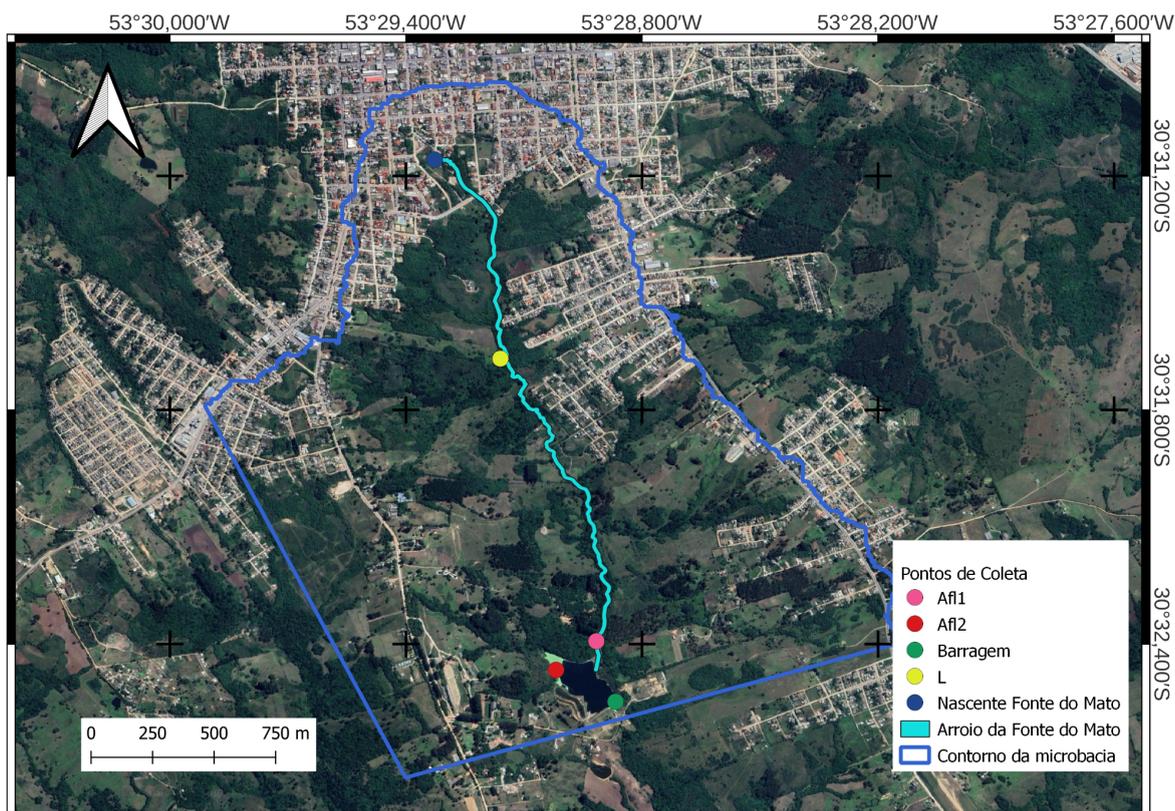
O comprimento do Arroio da fonte do Mato segundo o percurso traçado é 2882 m, sendo que tem seu início no centro do município, no Parque da Fonte do Mato e após é direcionado em direção a locais mais periféricos da cidade, com alguns trechos bem próximos a ruas, porém a maior parte do percurso passa sobre áreas de pastos e gramíneas, havendo porém entre estes e o arroio matas ciliares, porém não durante todo o percurso.

Foram escolhidos 5 pontos de coleta para realizar as análises de qualidade da água, sendo estes: a própria nascente, denominado de NFT, um ponto a jusante onde há a liberação de esgoto sanitário diretamente à barragem, denominado de L,

um ponto bem próximo e montante do desaguamento da barragem denominado de Afl 2, um ponto na barragem bem próximo ao barramento denominado de BA e um ponto a jusante do desaguamento do outro arroio denominado de Afl2.

Todos os pontos e a delimitação da microbacia, bem como do arroio estão dispostos na figura 5.

Figura 5: delimitação da barragem, exibição dos pontos de coleta



Fonte: Autor, 2023

5.1.2 Descrição dos pontos

A nascente, como dito anteriormente, está localizada no Parque da Fonte do Mato, um local situado no centro da cidade, onde há cobertura vegetal de gramíneas e árvores, pavimentação antrópica e residências uni e multifamiliares. A água da nascente sai por meio de um cano, sendo que ao redor não haviam matas ciliares, mas gramíneas e uma contenção de concreto, situação que não está de acordo com a Lei 12651 a qual estipula APPs de 50m ao redor de nascente devem ser utilizadas para APPs de matas ciliares. Além disto, há a liberação de esgoto

sanitário a poucos metros a jusante da nascente, havendo poluição antrópica dentro da área que deveria ser destinada a APP, o que faz com a água fique imprópria para a utilização humana.

A utilização do local para APP fica dificultada por haver uma moradia a poucos metros de distância da nascente e por se situar em um perímetro urbano. Porém mais adiante ainda dentro da APP da nascente, já há no percurso do arroio a presença de matas ciliares, porém não de forma a cobrir toda a extensão de 50 metros.

A água foi coletada logo na abertura do cano, não havendo contato com o arroio, sendo assim as análises correspondem à qualidade da água que sai da nascente, sem a interferência de outros fatores, conforme é exibido na figura 6:

Figura 6: Nascente da Fonte do Mato (NFT).



Fonte: Autor, 2022.

O próximo ponto de coleta da água, denominado de L, está localizado a aproximadamente 980 m a jusante da nascente. A escolha deste ponto foi devido a ser um ponto intermediário de fácil acesso e por haver uma saída de esgoto doméstico ao arroio, o que faz com haja um mau odor perceptível. Contudo este ponto é coberto por matas ciliares.

A água foi coletada a jusante da saída de esgoto e após uma queda d'água de poucos centímetros, conforme observado na figura 7.

Figura 7: Local situado abaixo da Rua Alberto Severo (ponto L).



Fonte: Autor, 2022.

Seguindo o percurso a jusante do Arroio da Fonte do Mato, o próximo ponto, figura 8, foi coletado a aproximadamente 2,4 km da nascente e a 90 m a montante da área da barragem, sendo denominado de Afl 1 e foi escolhido para que fosse analisada a qualidade do arroio que é recebida pela barragem.

Este percurso próximo ao deságue do arroio tem um comprimento mais largo e é coberto por matas ciliares nos dois lados, havendo um pequeno trecho alagado entre o arroio e o solo, o que pode auxiliar na retenção de possíveis poluentes, além de tornar um local de difícil acesso, sendo que para chegar no

ponto foi preciso passar por uma trilha entre a vegetação da mata ciliar. Outra vantagem do ponto de vista ambiental deste trecho do arroio é que por ser mais largo é possível haver aeração por parte dos ventos.

Boa parte da largura do arroio neste trecho é habitada por macrófitas diversas, sendo que possivelmente lentilha d'água (*Lemma Sp.*) é uma das espécies presentes, devido a diminuição do fluxo do arroio e da alta quantidade de fósforo presente, conforme visto nas análises de água presentes no item 5.6.5. Os detalhes, citados anteriormente, podem ser observados na figura 8, enquanto as macrófitas podem ser vistas melhor na figura 9.

Figura 8: Local a montante e próximo ao desaguamento do Arroio da Fonte da Fonte do Mato à barragem (Ponto Afl 1).



Fonte: Autor, 2022.

Figura 9: Ponto Afl 1 com enfoque nas macrófitas.



Fonte: Autor, 2022

O quarto ponto de coleta, denominado de BA, foi dentro da barragem ao lado do vertedouro, sendo que para chegar a este ponto foi preciso atravessar uma ponte localizada acima do vertedouro.

Este ponto foi escolhido por ser representativo da qualidade da água da água que é enviada da barragem até a estação de tratamento e para verificar a influência de ambos os arroios nas características da água.

O ideal seria recolher diretamente no vertedouro, pois nas bordas da barragem a velocidade da água é menor, há a presença de macrófitas, possuem uma proximidade maior com o solo e com um arroio em específico, dependendo da margem, fatores que podem fazer com que haja diferença.

Porém não foi possível alcançar o vertedouro, devido a distância desse ponto às margens e da ponte, conforme pode ser observado na figura 10.

A barragem é larga, o que permite boa aeração do vento e que seja recebida luz solar diretamente, fazendo com que haja influência da sazonalidade sobre a qualidade da água.

Figura 10: Local da Barragem onde foi realizada a coleta (Ponto BA).



Fonte: Autor, 2022.

O último ponto de coleta, denominado de Afl 2, foi o mais próximo que foi possível de ser alcançado do deságue do outro arroio afluente à barragem, pois o acesso é dificultado devido a presença de vegetação.

O ponto de coleta está representado na figura 11 e as macrófitas encontradas dentro da barragem na figura 12.

Figura 11: Local a jusante e próximo ao desaguamento do outro afluente da barragem (Ponto Afl 2).



Fonte: Autor, 2022.

Figura 12: Afl 2 com enfoque nas macrófitas.

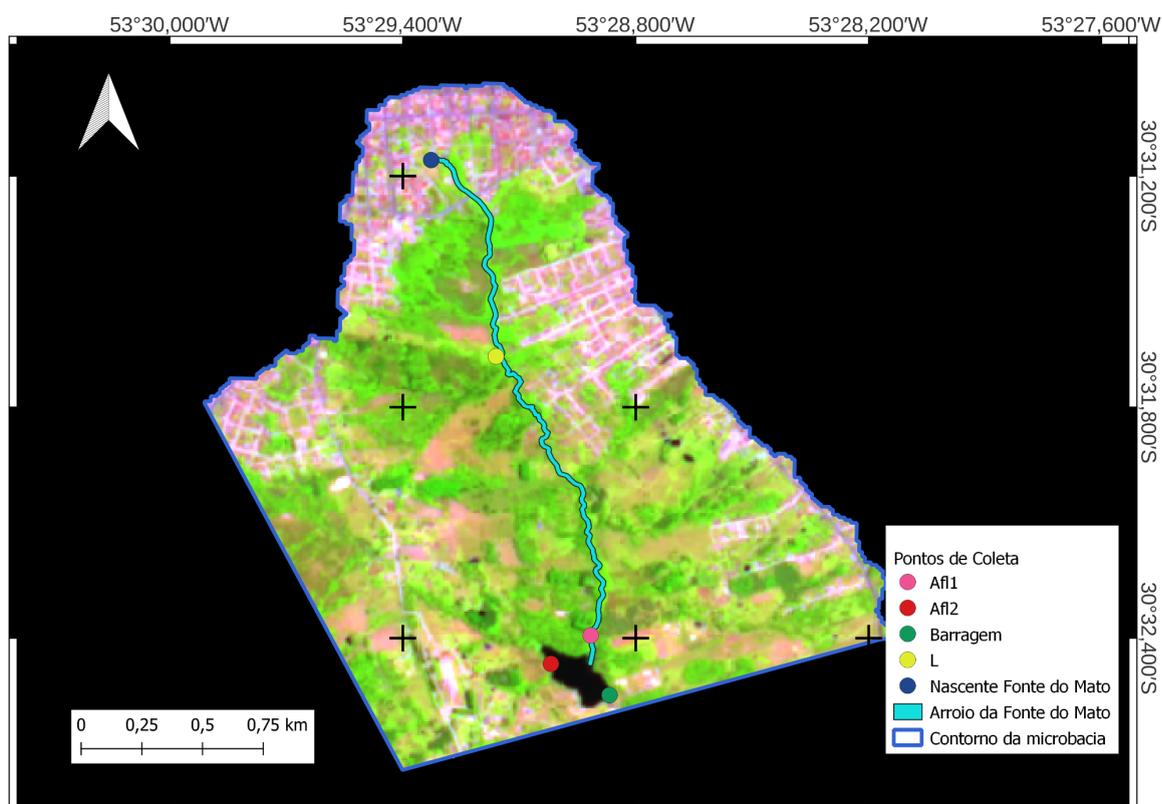


Fonte: Autor, 2022.

5.2 Uso e ocupação de solos

O mapa de uso e ocupação foi obtido por meio da mesclagem das bandas 11, 8 e 4 do satélite Sentinel-2 L2A, pois esta configuração permite uma diferenciação dos diferentes usos e ocupações do solo, conforme é exibido na figura 13.

Figura 13: Mapa de Uso e Ocupação de Solos

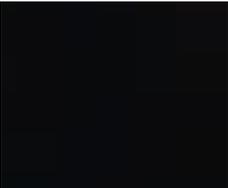
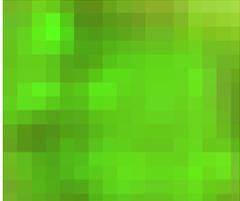
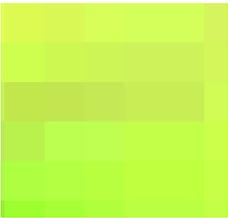
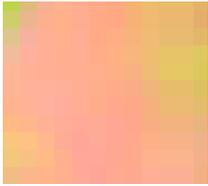


Fonte: Autor, 2023

Através da comparação desta composição com as imagens de satélite do Google Earth foi possível identificar 5 classes diferentes conforme é exibido na tabela 3.

Tabela 3: Classes de uso e ocupação do solo

Uso de solo	Pixels representativos
-------------	------------------------

Água	
Mata	
Gramíneas	
Pasto/maior exposição ao solo	
Área urbana	

Fonte: Autor, 2023

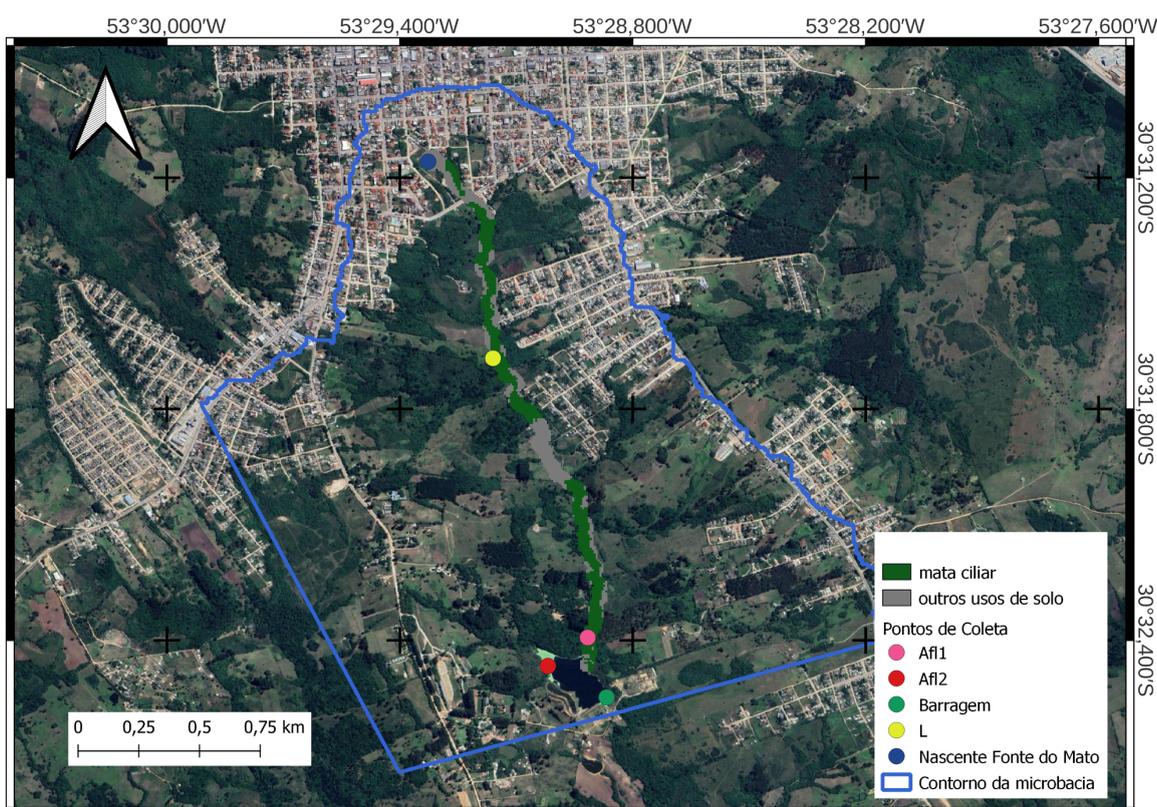
Como o começo da nascente do Arroio da Fonte do Mato está localizada no centro da cidade é esperado que boa parte microbacia seja ocupado por áreas urbanas, porém este uso está mais concentrado na parte superior e nas laterais, sendo que por este uso impermeabilizar o solo, há um aumento significativo do volume a ser escoado nestas regiões, o que pode carrear consigo diversos poluentes como embalagens e chorume de lixo, porém, estes pontos estão mais próximos do arroio em apenas certos trechos e mesmo nestas partes uma cobertura vegetal entre estes usos, seja gramíneas, pasto ou vegetação, o que faz com que seja reduzido o impacto da urbanização sobre o arroio.

Como o município está localizado dentro do bioma pampa há presença de gramíneas dentro da microbacia e parte destas é utilizada para pasto, o que oferece menos proteção do que a vegetação arbórea contra a intemperização do solo e o carreamento de sedimentos ao arroio que os leva à barragem, o que pode levar ao assoreamento e conduzir poluentes, caso seja posto algum composto químico no solo, porém na maioria do percurso do arroio há presença de matas ciliares, mesmo que em apenas um dos lados da margem.

5.3 APP de mata ciliar

Com base no mapa da figura 13 e com o auxílio do complemento do QGIS, semi-automatic classification tool foi possível criar a classe de ocupação de matas que está representada na cor verde escuro no mapa da figura 14.

Figura 14: APP de mata ciliar do Arroio do Salso



Fonte: Autor, 2023

Se comparada com a imagem de satélite do Google Earth percebe-se que há alguns pontos de divergência entre o uso real e classe de mata ciliar, em parte

por conta do tamanho dos pixels da imagem de uso e ocupação, por parte de divergências entre o mapa da figura 13 e das imagens de satélite e em parte por conta do complemento utilizado, o que fez com que a área que realmente é destinada para APP fosse subestimada, porém grande parte está dentro de acordo.

É percebido que na área da nascente não foi detectada a presença de vegetação arbórea, pois o tamanho da vegetação é pequeno e está envolta de outros usos, o que a fez passar despercebida, mas mesmo assim grande parte desta área não é composta por mata ciliar, apesar da água percorrer um longo percurso e passar por processos de diluição e autodepuração, a falta de vegetação neste local mostra que não há o devido cuidado com o arroio.

Portanto, a nascente, é um ponto de interesse para que a água pelo menos comece com uma boa qualidade, porém a poucos metros da nascente já é posto um esgotamento sanitário, sendo que a carga poluidora pode aumentar caso algum poluente seja lixiviado durante os períodos de maior precipitação, como os chorumes do lixo, algo que é possível de ocorrer pela proximidade das ruas da nascente.

No geral o arroio é protegido por matas ciliares, mesmo nos locais próximos a ruas e nos pontos onde a vegetação é circundado por gramíneas e pasto, o que demonstra que há o arroio não está sendo totalmente negligenciado, algo que é positivo, principalmente quando comparado com os anos anteriores quando a presença de matas ciliares era menor, conforme é observado nas imagens do Google Earth Pro, o que demonstra uma evolução neste aspecto.

Perto da barragem, há uma grande predominância das matas ciliares, o que auxilia para a preservação da qualidade da água, pois esta é a área que mais influencia na qualidade da água que é recebida pela ETA.

A área total calculada das APPs do arroio é de aproximadamente 174.758 m², porém destas 103.513 é coberto por matas ciliares, o que seria próximo de 60% da área total, contudo este valor é maior pois houve pontos que pelo tamanho da vegetação ser próximo da resolução das bandas 8 e 11 do sentinel-2, 20 metros, não foi possível captar pelo complemento.

O norte e o oeste da barragem são protegidos por matas ciliares, inclusive em uma faixa maior do que a de 30m que é a estipulada para servir como APP,

sendo em partes da faixa a largura coberta de matas ciliares é mais de 8x a largura da APP.

Contudo a borda a oeste, isto não ocorre, havendo uma pequena parte coberta por matas ciliares, sendo que há entre esta e a barragem uma faixa de solo, o que contribui para que haja a intemperização do solo e que sedimentos sejam carreados a barragem, o que pode ter levado ao assoreamento desta, além de contribuir para uma piora na qualidade da água caso os sedimentos seja carreado juntamente algum poluente.

Foi devido a esta faixa que foi possível fazer a coleta no ponto Af1 2, conforme é exibido na figura 15:

Figura: 15 APP de mata ciliar ao redor da barragem.



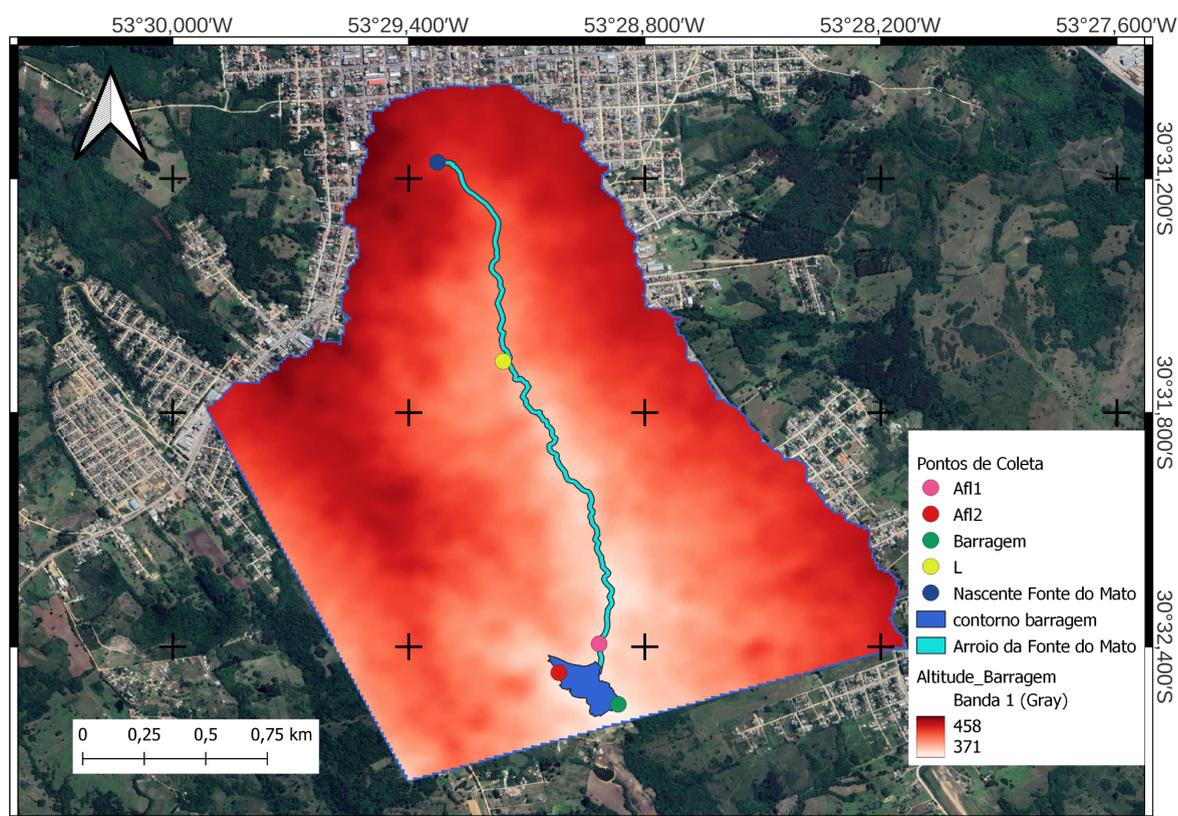
Fonte: Autor, 2023.

5.4 APP de declividade e altitude

Apesar de Caçapava do Sul estar em um local com poucos trechos planos e possuir ruas com uma declividade acentuada, poucos locais da cidade possuem uma declividade acima de 45° e dentro da área da microbacia a maior declividade encontrada foi $21,7^\circ$, sendo assim não há nenhuma área a ser destinada como APP de declividade nem relacionada a altitude, pois esta está numa faixa de 371 a 458 metros, não havendo topos de morro acima de 100m nem pontos com altitude maior que 1080 m, sendo estas as características que denotam APPs de altimetria conforme consta na Lei 12651.

A figura 16 apresenta o mapa de altitude elaborado no entorno da área de estudo.

Figura 16: Mapa de altitude.



Fonte: Autor, 2023.

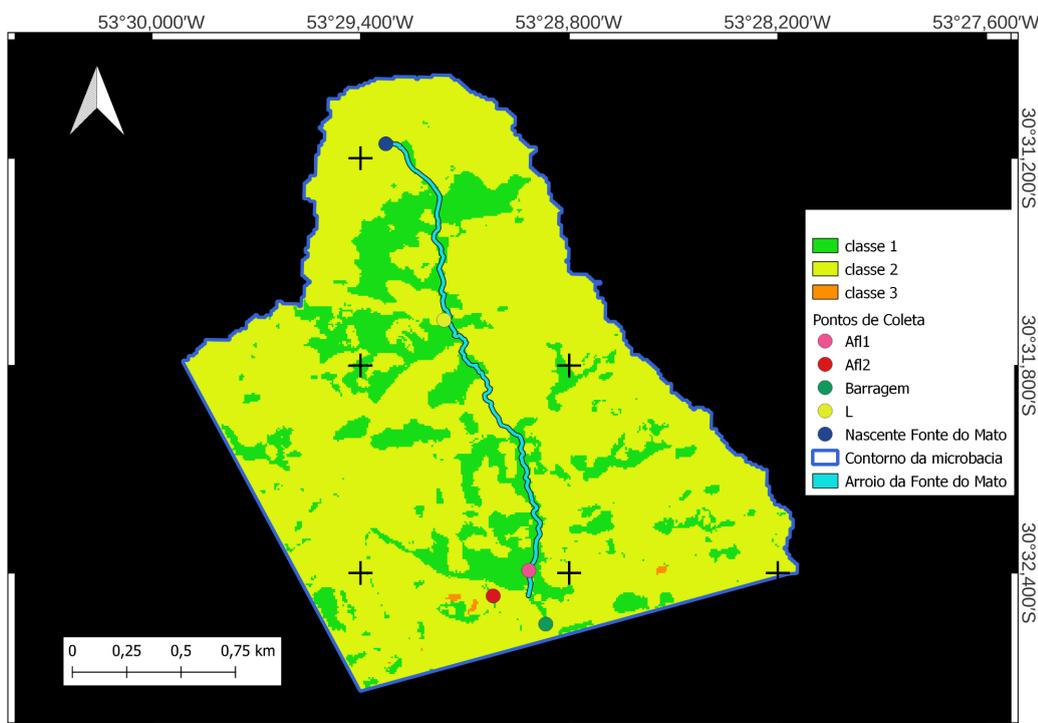
5.5 Classes de risco de declividade

Conforme apresentado no tópico anterior a variação da declividade da microbacia é baixa, sendo assim não há nenhum ponto que pertença a classe 4 risco muito alto, conforme é mostrado na tabela, havendo apenas uma parte muito pequena pertencente a classe 3, de risco alto, porém estas estão localizadas próximo a barragem.

A microbacia bacia é composta majoritariamente por áreas de classe 2, risco médio, as quais em sua maioria são devido a falta de vegetação, pois poucos locais apresentam declividade acima de 30%.

O percurso do arroio e a área da barragem, estão em sua maior parte em pontos de classe 2, risco médio, o que demonstra uma certa vulnerabilidade a erosão e intempéries de solo, porém nenhum ponto pertence às APPs tem mais que 30% de declividade. A figura 17 apresenta as Classes de risco de declividade, destacando a classe 2, risco médio.

Figura 17: Classes de risco de declividade.



Fonte: Autor, 2023.

Os autores Rosseti & Savi (2012) utilizaram estes parâmetros para identificar áreas de risco de deslizamento e inundações, eventos os quais na da microbacia são menos prováveis de ocorrer devido a baixa espessura do solo, sendo a maioria dos solos de Caçapava do Sul neossolos e por haver uma cobertura vegetal ampla, fatores que reduzem o risco destes eventos, por aumentarem a permeabilidade do solo, a coesão das partículas do solo e por haver menos massa de solo para se deslocar.

5.6 Análises de água

As coletas de água foram realizadas em apenas um dia, sendo assim não será possível verificar a influência das diferentes sazonalidades nem dos diferentes usos de água que estas trazem à população na qualidade das água que chegam até a ETA, pois como visto no item 5.1 tanto a barragem quanto o arroio são expostos às condições atmosféricas e o pelo clima de Caçapava do Sul ser do tipo subtropical úmido

Conforme o sistema de Köppen-Geiger, há variações consideráveis na temperatura, velocidade do vento e precipitação ao longo do ano, fatores estes que podem ocasionar mudanças de forma direta nos parâmetros da água, além da interferência indireta que a sazonalidade pode trazer ao sistema, devido ao maior consumo e descarte de água nos esgotos sanitários que ocorrem no verão.

Sendo assim, para serem representativas as análises da barragem, deveriam ter sido feitas coletas durante um período mínimo de 1 ano, porém devido a indisponibilidade de locomoção foi possível realizar apenas uma coleta em um dia. Porém mesmo assim foi possível verificar se há parâmetros que não estejam de acordo com a classe 3 destinada para consumo humano após tratamento convencional ou avançado, de acordo com Resolução CONAMA 357 e o quão além dos limites estabelecidos estão.

As condições climáticas no tempo da coleta eram de ventos perceptíveis, temperaturas altas, acima de 30°C e variações na nebulosidade, havendo um curto período de tempo em que houve leves precipitações.

Todos os gráficos foram feitos seguindo a ordem de pontos conforme demonstrado no item 5.1.2 para verificar a evolução dos parâmetros do Arroio da Fonte do Mato, da nascente até alcançar a barragem, sendo que a água da

barragem depende tanto da carga da água é carregada por cada um dos arroios como também das características do entorno da barragem

Diante disso, não foi possível inferir o quanto que cada um destes fatores influencia na qualidade da água que é enviada à ETA, mas foi possível verificar em quais locais houve uma diminuição na qualidade da água e assim ser uma base para estudos mais aprofundados sobre as fontes de poluição.

Os valores referentes à nascente condizem com a qualidade inicial da água, sem a interferência direta dos fenômenos que ocorrem na superfície do solo e acima desta.

O ponto L representa um local onde há lançamentos de esgoto, sendo que este condiz com as mudanças ocasionadas pelo descarte de efluentes domésticos ao arroio, o ponto Afl 1 condiz com os parâmetros da água do arroio da Fonte que deságuam na barragem e os processos que ocorreram de autodepuração e diluição dos contaminantes antrópicos.

Porém isto é apenas uma estimativa, pois entre o ponto L e Afl 1 existem diversas outras condições que influenciam na qualidade da água, como mudanças do uso e ocupação de solos na APP, carreamento e lixiviação de materiais e substâncias, além das alterações causadas por fatores naturais, como dissolução de minerais das rochas e do solo, sendo assim seria preciso realizar um estudo de background para realmente determinar com mais precisão quais alterações na qualidade da água são antrópicas.

Uma descrição mais elaborada dos pontos de coleta encontra-se no item 5.1.2 deste trabalho.

Os valores mínimos e máximos inseridos nos gráficos são os estabelecidos pela resolução CONAMA 357 (Brasil, 2005) para corpos hídricos lênticos de classe 3, que é onde se encontra a destinação da barragem.

5.6.1 pH

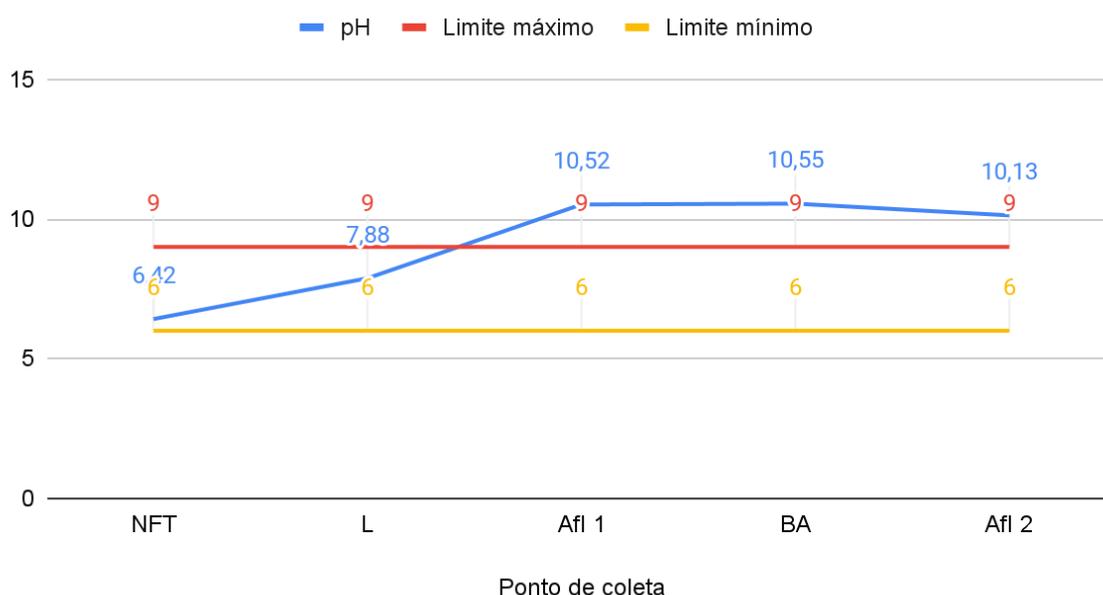
Conforme a portaria de N° 2.914 (Brasil, 2011) o pH da água para consumo humano deve estar entre 6 a 9,5. Porém em relação ao tratamento da água, o pH influencia bastante na formação de flocos durante a etapa de clarificação da água, pois interfere na desestabilização e estabilização das partículas em suspensão, o que influencia o desempenho da ETA.

Dependendo da situação, poderá ser preciso adicionar uma concentração maior de coagulantes ou polieletrólitos, o que incrementa o custo de tratamento e conseqüentemente a conta paga pela população, além da possibilidade de gerar mais resíduos na água recebida pelo consumidor final.

Conforme observa-se pelo gráfico, figura 18, o pH vai aumentando conforme avança a jusante da nascente, alcançando seu valor máximo quando chega próximo ao vertedouro, ponto este que alcança valores máximos e acima dos limites estabelecidos, sendo assim o ideal seria que fosse feito algo para que a água do ponto BA esteja dentro dos valores estipulados.

Figura 18: Valores de pH para os pontos amostrais.

pH, Limite máximo e Limite mínimo



Fonte: Autor, 2023.

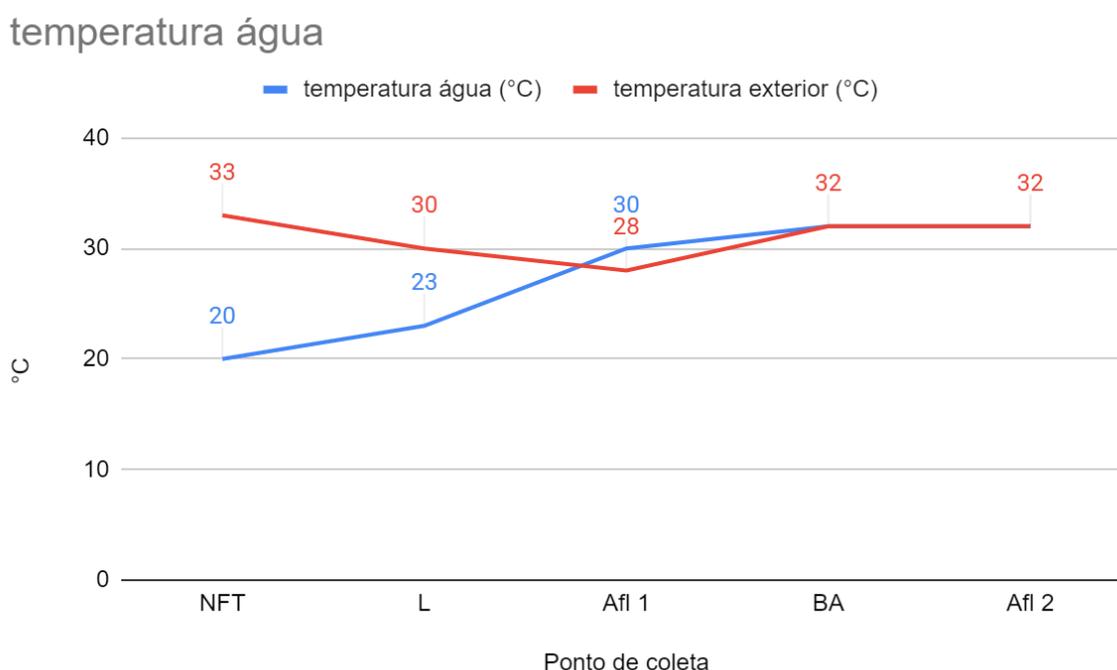
5.6.2 Temperatura

A temperatura da água nos diferentes pontos de coleta mostra a influência que é exercida no arroio pela temperatura externa do ar. No ponto da nascente há uma diferença entre a temperatura da água e da atmosfera, pois essa surge de um local fechado, no subsolo, saindo através de um cano, enquanto o ponto L é coberto de vegetação, o que fez a temperatura ser menor, devido ao

sombreamento, enquanto nos demais há a incidência direta de raios solares e maior largura do arroio, sendo estes os pontos mais vulneráveis às condições atmosféricas.

A temperatura não é um parâmetro para a classificação de corpo hídricos, mas interfere diretamente e indiretamente em outros parâmetros, pois está relacionada à cinética química e a solução e dissolução de certos componentes, como a OD. Isto demonstra que os parâmetros da água podem mudar conforme a sazonalidade. A Figura 19 apresenta as medições de temperatura para os pontos amostrados.

Figura 19: Valores de temperatura para os pontos amostrais.



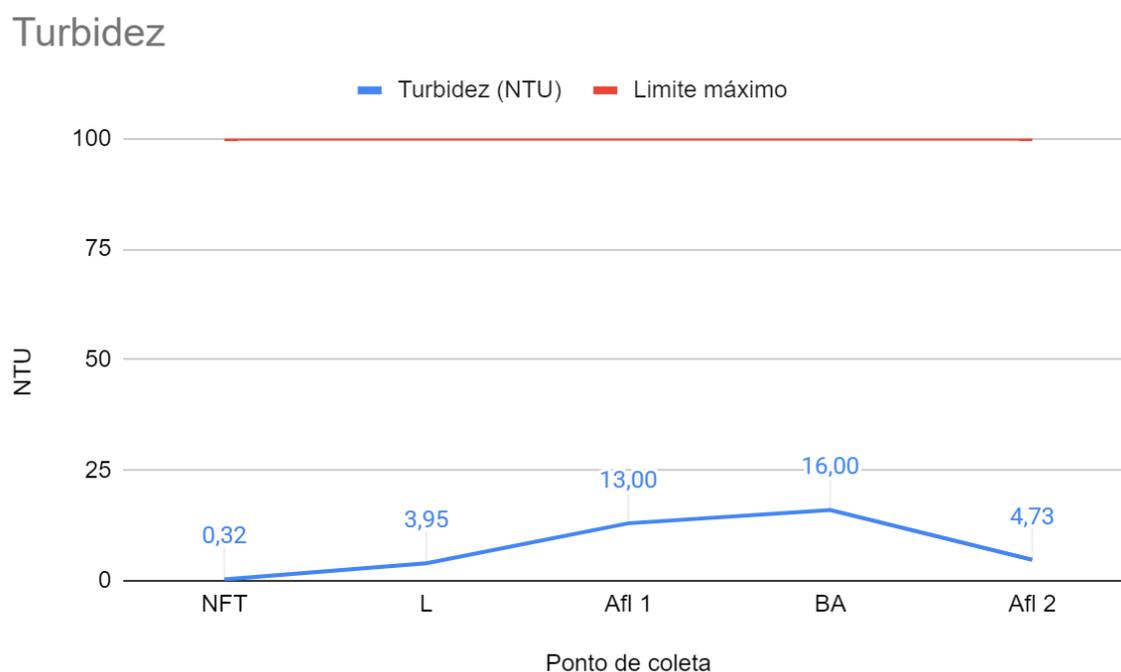
Fonte: Autor, 2023.

5.6.3 Turbidez

A turbidez está relacionada com a quantidade de partículas em suspensão da água, estas podem vir do intemperismo de rochas e do solo ou da matéria orgânica, portanto é afetada tanto por fenômenos naturais, quanto poluição antrópica. Conforme as análises, a turbidez aumenta conforme se aproxima do vertedouro da barragem, sendo que no ponto BA seu valor é o máximo, o que pode

indicar que a turbidez não é devido ao lançamento de efluentes, mas de algo que ocorre ao redor da barragem. Conforme a figura 20, os valores estão bem abaixo dos limites estabelecidos, o que não é um problema para o tratamento, porém ao longo do tempo pode levar ao assoreamento da barragem.

Figura 20: Valores de turbidez para os pontos amostrais.



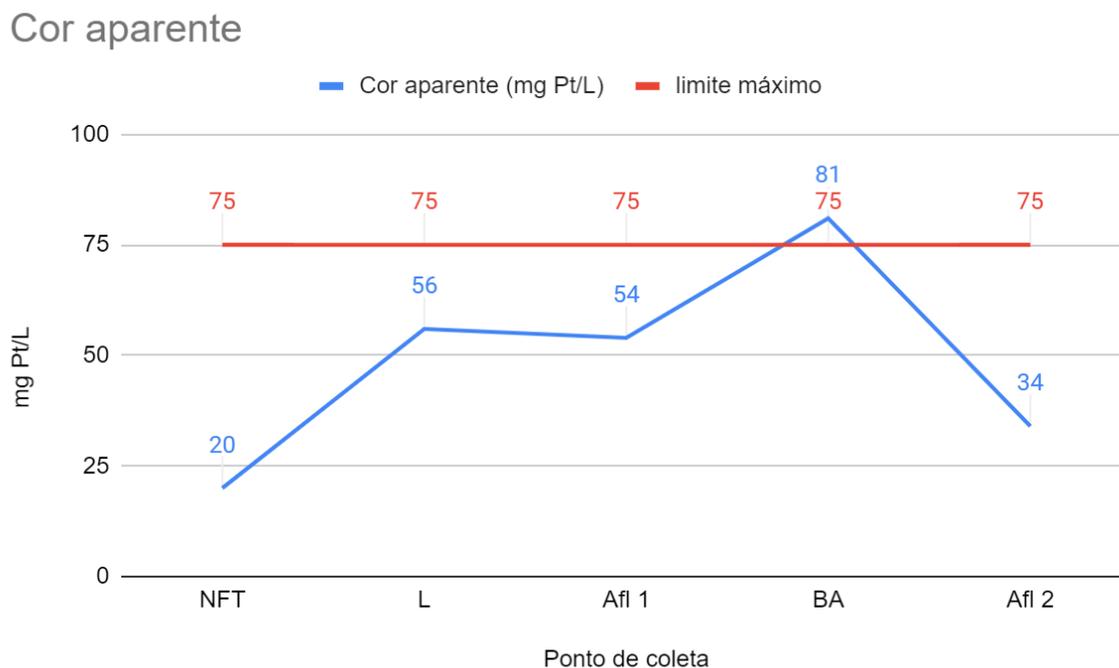
Fonte: Autor, 2023.

5.6.4 Cor aparente

A resolução da 357 da CONAMA estipula os valores para cor verdadeira, o que mede apenas as substâncias dissolvidas na água, porém foi analisada neste estudo a cor aparente que também mede a interferência de partículas em suspensão na água, devendo ser feitos outros estudos para verificar se a cor verdadeira também está acima dos limites estabelecidos e então verificar quais são as fontes que causam o aumento da cor na barragem, pois no ponto BA o seu valor está acima dos valores medidos nos afluentes.

A figura 21 apresenta os valores de cor aparente para os pontos amostrais.

Figura 21: Valores de cor aparente para os pontos amostrais.



Fonte: Autor, 2023.

5.6.5 Fosfato inorgânico dissolvido

A concentração de fosfato presente na nascente é muito baixa, havendo um grande aumento no ponto L e uma diminuição da concentração conforme o arroio é avançado a jusante e aumentando novamente quando é chegado no ponto BA, o que pode indicar que o aumento das concentrações de fosfato dentro da barragem são decorrentes da carga enviada pelo outro arroio, sendo que no ponto BA os valores estão quase o dobro do limite máximo recomendado, conforme a figura 22.

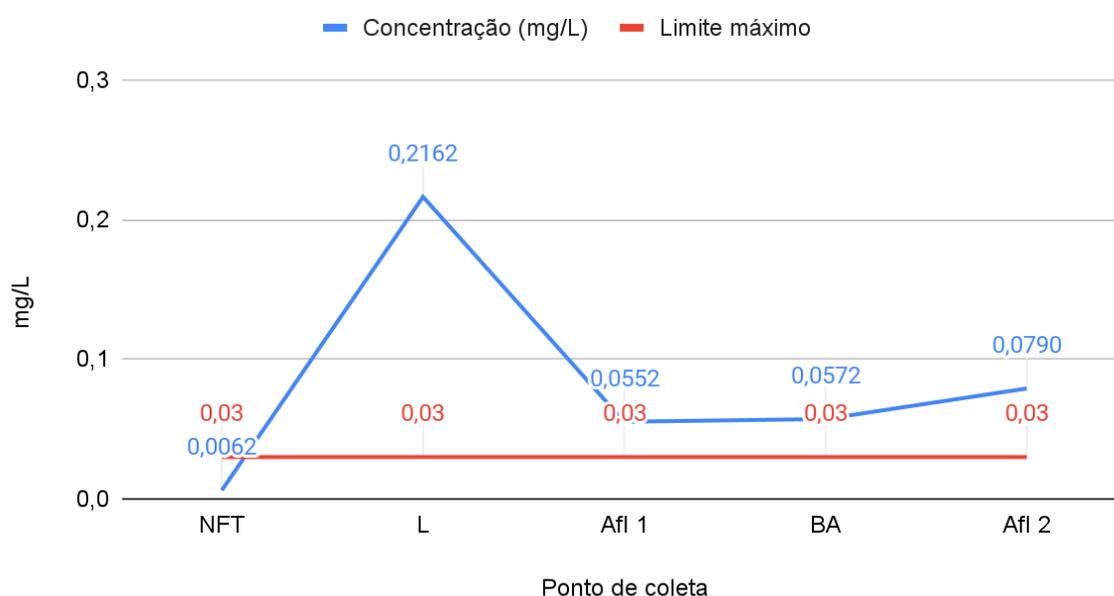
Portanto o ideal seria que algo fosse feito para diminuir a concentração de fosfato da barragem, o que poderia ser realizado alterando a descarte dos esgotos domésticos para outra destinação que não o Arroio da Fonte do Mato e fazer um estudo para verificar qual a fonte do fosfato presente no outro arroio.

Uma alternativa poderia ser a utilização de lentilhas d'água (*Lemna minor*) para a remoção do fósforo presente na água, pois diversos estudos mostrando a eficiência desta macrófita na absorção do fósforo, cujo o desempenho variou de 77% a 96% (Silva *et al*, 2021).

Se esta macrófita estiver presente na barragem, a sua presença pode ter sido juntamente com a diluição do fosfato, uma das razões da queda de sua concentração ao longo do percurso do arroio. Contudo, a melhor alternativa seria remover o descarte de esgoto no arroio, pois o fosfato pode contribuir para o desenvolvimento de outras espécies de fitoplâncton que podem ser prejudiciais à saúde, como cianobactérias.

Figura 22: Valores de fosfato inorgânico dissolvido para os pontos amostrais.

Fosfato inorgânico dissolvido



Fonte: Autor, 2023.

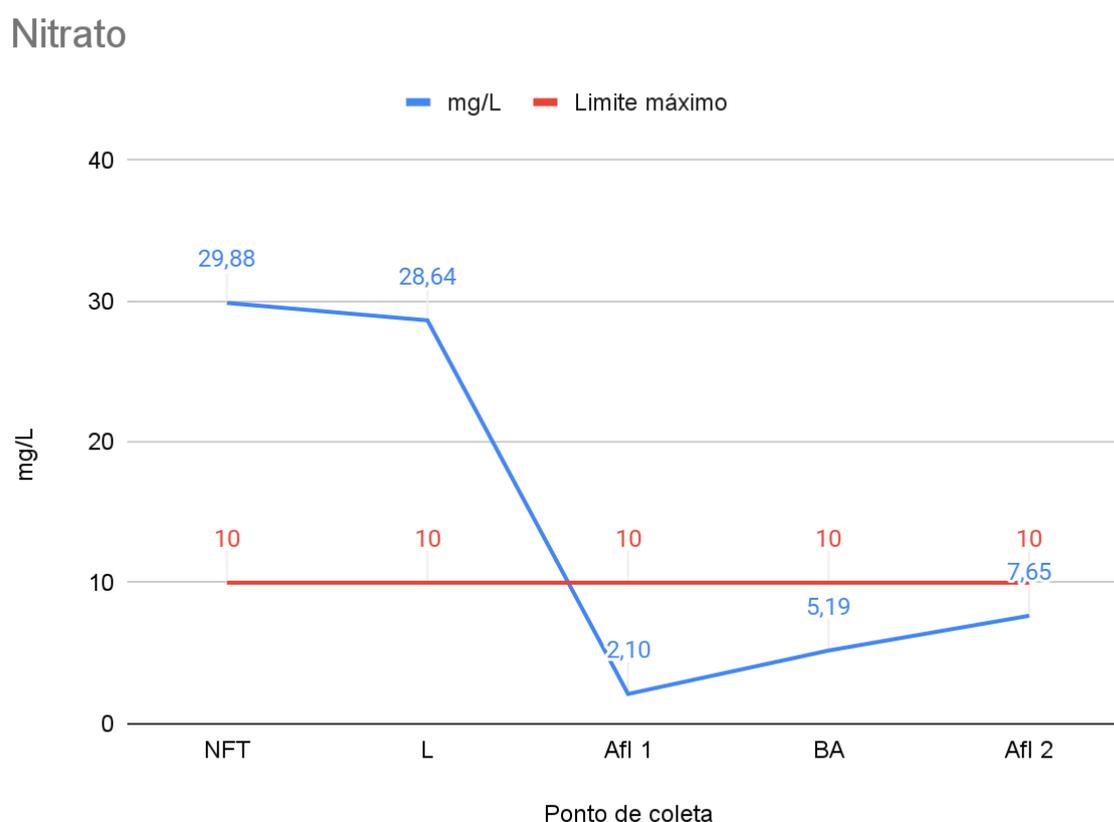
5.6.6 Nitrato

As fontes de nitrato na água podem ser tanto naturais devido a dissolução de minerais, quanto por fontes antrópicas, como lixiviação do excesso de adubo e fertilizantes e lançamento de efluentes domésticos e industriais.

Os valores de nitrato encontram-se muito elevados após sair da nascente, como pode ser visto na figura 23, estando 3 vezes acima dos limites recomendados, sendo que este valor diminui levemente no ponto L e diminui consideravelmente no ponto Afl 1 e aumenta no ponto BA.

Isto indica que a principal fonte do nitrato está presente no subsolo da nascente e que é diluído conforme o percurso do arroio segue a jusante e o lançamento de efluentes contribui também com uma certa carga de nitrato a água. O outro arroio pode ter contribuído para o aumento de concentração dentro da barragem.

Figura 23: Valores de nitrato para os pontos amostrais.



Fonte: Autor, 2023.

5.6.7 OD

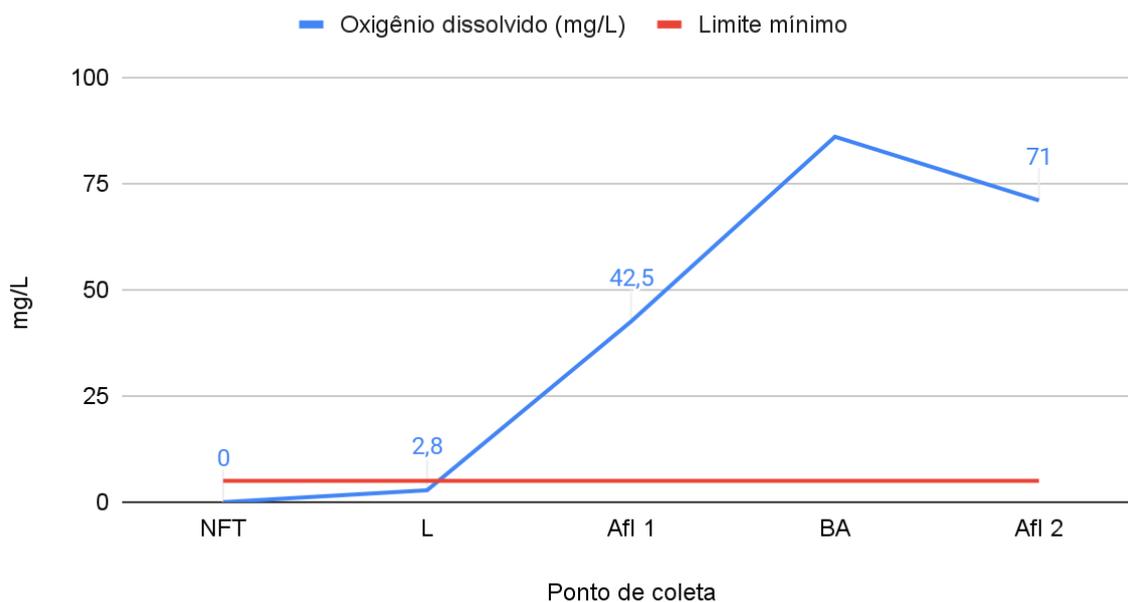
O OD é um parâmetro de maior importância para as estações de tratamento de esgoto do que para as ETAs, pois estas não realizam os processos de tratamento biológicos e químicos de redução da matéria orgânica. Contudo o oxigênio dissolvido está relacionado com autodepuração de corpos hídricos, sendo assim quanto mais oxigênio for dissolvido durante o percurso do arroio, menor será a carga de matéria a ser tratada na ETA e conforme os estudos realizados por

Casanova (2022) o Arroio da Fonte do Mato possui uma boa capacidade de autodepuração.

A quantidade de OD presente na nascente é nula devido a não haver oxigênio dissolvido no subsolo e é baixo no ponto L devido ao lançamento de efluentes domésticos, sendo consumido o OD para que seja realizada a redução biológica da matéria orgânica, porém este aumenta até chegar ao vertedouro, pois o vento e o movimento da água permitem a aeração da água e a barragem é larga o suficiente para que as correntes atmosféricas possam fluir sem grandes perdas de velocidade, contudo isto também faz com que haja mudança de valores conforme for o tempo, sendo que os valores de OD estavam altos também por conta da ventania que havia durante as coletas. Os resultados estão apresentados na figura 24.

Figura 24: Valores de OD para os pontos amostrais.

Oxigênio dissolvido

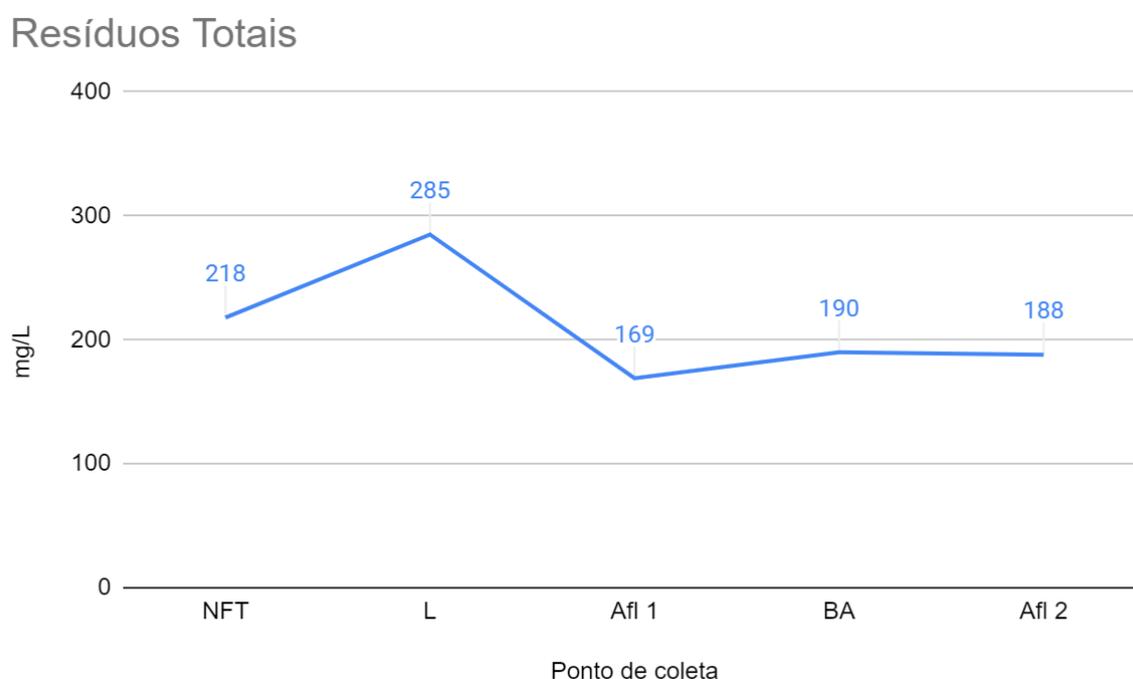


Fonte: Autor, 2023.

5.6.8 Resíduos totais

Os resíduos totais referem-se a todo o material sólido presente na água e de substâncias que não evaporam juntamente com a água, conforme a figura 25, observa-se que há um aumento significativo no ponto L e no um leve aumento no ponto BA.

Figura 25: Valores de resíduos totais para os pontos amostrais.



Fonte: Autor, 2023.

5.6.9 Clorofila-a

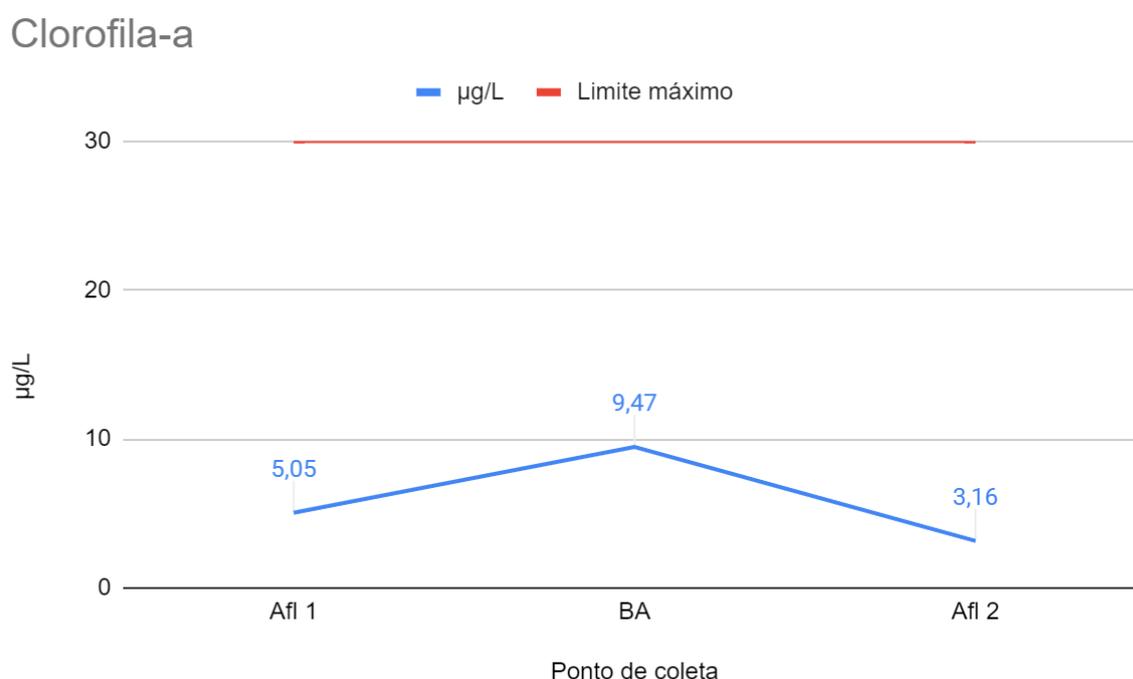
A clorofila-a é uma substâncias produzidas por algas e fitoplânctons, os quais se desenvolvem em corpos hídricos devido aos nutrientes presentes em corpos hídricos, que em grandes concentrações pode levar a um crescimento muito grande da biomassa do fitoplâncton causando a eutrofização o que prejudicaria a qualidade da água, pois não só haveria uma maior carga de matéria

orgânica, como também consumo de diminuição do OD presente, o que diminuiria a autodepuração do corpo hídrico.

Além disso, dentro desta comunidade de fitoplânctons poderiam se desenvolver microrganismos tóxicos ou que geram metabólitos tóxicos, como o cianobactérias (Marino, 2017), que podem causar diversos efeitos na saúde humana se ingerida água com a presença de suas toxinas, como gastroenterite, diarreia, vômito, hepatite, entre outros (Mota & Rolla, 2011).

Conforme a figura 26, os valores de clorofila-a estão dentro dos parâmetros estabelecidos, porém é recomendado realizar estudos e monitoramento, para verificar se as macrófitas presentes na água auxiliam na remoção do fósforo da água ou se há presença de cianobactérias ou se há alguma evolução no desenvolvimento da biomassa do fitoplâncton, pois a concentração de fósforo presente na água está muito acima dos limites estabelecidos, podendo causar problemas futuramente.

Figura 26: Valores de clorofila-a para os pontos amostrais.



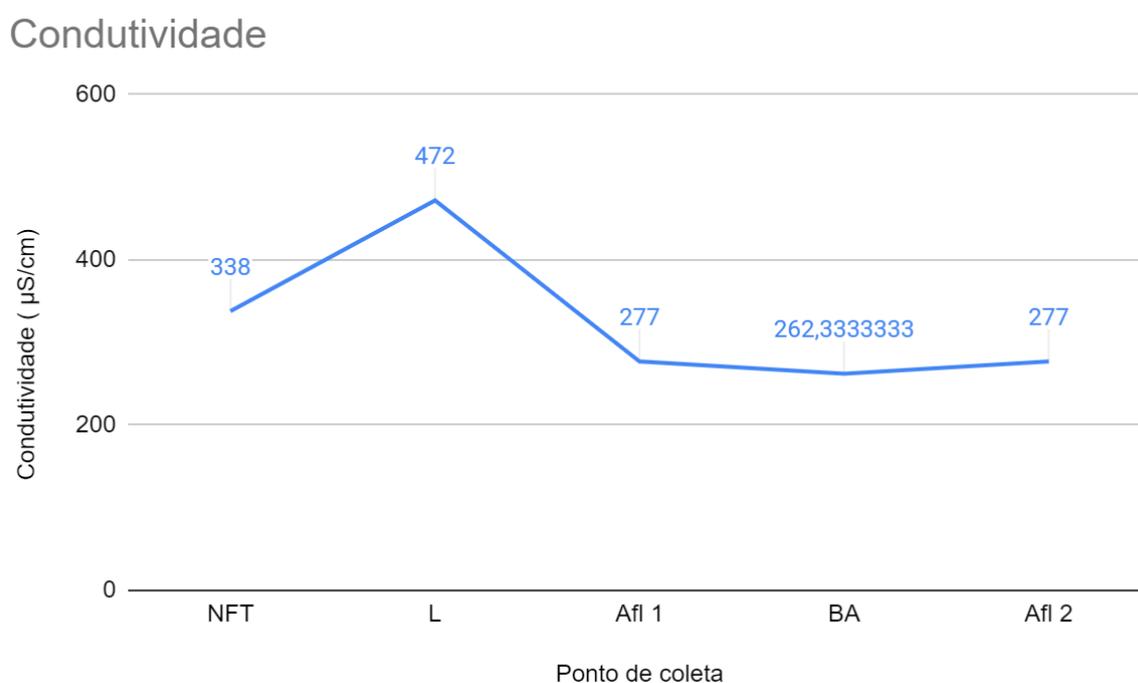
Fonte: Autor, 2023.

5.6.10 Condutividade

A condutividade mede a quantidade de substâncias iônicas presentes na água, não é um dos parâmetros utilizados para a determinação da classificação de corpos hídricos, pois diversas substâncias diferentes conferem um aumento da condutividade da água, não sendo possível identificar por meio deste parâmetro quais são as causas da condutividade, porém é um bom parâmetro para identificar a poluição de corpos hídricos, pois conforme é percebido no gráfico da figura 26, o maior valor é para o ponto L localizado durante a saída de esgoto e vai diminuindo conforme a jusante deste ponto.

Como pode ser visualizado, através da figura 27, a condutividade está alta na nascente, o que pode indicar que há alguma fonte de poluição que esteja permeando o solo e alcançando a água antes mesmo desta chegar ao arroio, contudo é preciso fazer um estudo pois isto também pode ser devido à dissolução de minerais de rocha e/ou solo.

Figura 27: Valores de condutividade para os pontos amostrais.



Fonte: Autor, 2023.

5.7 Os problemas relacionados ao lançamento de efluentes em corpos hídricos

Das análises realizadas foi observado que os parâmetros cor aparente, o pH e o fosfato não estavam dentro dos limites estipulados para a classe 3 para corpos hídricos lânticos segundo a Resolução 357 CONAMA (Brasil, 2011), sendo o fosfato o que se encontra em maior discrepância, devido a presença de compostos fosfatados que são lançados na rede de esgotos, como detergentes. Porém a água que é enviada da Corsan até as residências cumpre os parâmetros de potabilidade pois são realizadas análises de qualidade continuamente pela ETA.

Apesar da água ser tratada corretamente e não oferecer riscos de infecções ou toxicidade de forma aguda, o lançamento de efluentes domésticos no Arroio da Fonte do Mato pode causar diversos danos crônicos à saúde das pessoas que são abastecidas por este corpo hídrico, pois a diversidade de produtos lançados junto às águas é muito grande, como produtos de higiene pessoal (durante o banho ou higienização das mãos), fármacos (pelos excrementos antrópicos e de animais), agrotóxicos (durante a lavagem dos alimentos), tinturas para cabelo, maquiagem, etc.

Considerando a quantidade e diversidade de produtos que são lançados é muito provável que hajam substâncias presente nos esgotos que não são perceptíveis, sejam por estarem dissolvidas ou em escalas de micro a nanométricas e que causem impactos crônicos à saúde.

A ETA consegue realizar análises para verificar e eliminar a presença de substâncias que podem conter patógenos ou que interfiram na cor e odor na água, pois os padrões de potabilidade servem para remover o que pode trazer problemas de toxicidade aguda como diarreias e vômitos, mas com o avanço tecnológico constante é muito difícil conseguir estabelecer limites de potabilidade para todas as substâncias presentes na água, ainda mais quando é considerada a circulação, venda e consumo de novos produtos, o que acontece com bastante frequência.

É difícil conseguir fazer a fiscalização de todos os produtos e garantir que não tenham substâncias que causem toxicidade crônica ou que estas não sejam formadas quando interagem com a água ou com o ar.

Considerando que mesmo atualmente são descobertos produtos que trazem em si substâncias que podem causar efeitos tóxicos ou que violem algum dos limites estabelecidos pela legislação, é muito improvável que não hajam estas substâncias na água vindo de produtos que são consumidos diariamente pela população, além disso é certo que são liberados agrotóxicos e fármacos pelos efluentes domésticos e que bebês ainda no ventre são expostos a estas substâncias.

Quando os efluentes domésticos são liberados nos corpos hídricos que abastecem a população, esta é exposta a diversas substâncias cujos os efeitos de toxicidade crônica muitas vezes são desconhecidos e difíceis de serem analisados isoladamente, sendo assim o ideal seria preservar ao máximo possível os corpos hídricos que abastecem uma comunidade e evitar o lançamento de quaisquer efluentes nestes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi proposto neste trabalho realizar um estudo ambiental prévio da Barragem da Fonte do Mato, algo que foi possível de cumprir por meio de geoprocessamento e análises de parâmetros físico-químicos da água da barragem e de seus arroios afluentes.

Quanto ao geoprocessamento foi delimitada a microbacia na qual a barragem está inserida e o Arroio da Fonte do Mato, porém com certas imprecisões devido ao software e às imagens de satélite utilizados.

Foi realizada uma classificação da microbacia conforme o risco de declividade e foi visto que a maior parte é enquadrada na classe 2 de risco médio, devido a falta de vegetação arbórea.

Referentes às APPs, foi visto que tanto nas APPs da barragem e do arroio não é seguido totalmente a destinação correta, sendo que para o arroio, 60% deste é protegido por matas ciliares, contudo este valor foi subestimado pois em diversos trechos a área ocupada por vegetação era pequena, não podendo ser detectada pelas imagens de satélite, nem considerado pelo complemento semi-automatic classification tool. Quanto às APPs de altimetria não foi encontrado nenhum ponto na microbacia que possa ser considerado como uma APP.

Das análises de água foi verificado que os parâmetros cor aparente, fósforo total e pH não estão dentro dos limites estabelecidos para classe 3, sendo o fósforo o que mais se afasta dos limites estipulados, quase duas vezes o dobro, sendo a principal fonte de poluição do Arroio da Fonte do Mato o lançamento de efluentes domésticos.

6.1 Estudos futuros e sugestões

Como este foi apenas um estudo preliminar, é sugerido que sejam feitos estes estudos e ações para que a qualidade da água venha a melhorar e que se possa ser estudada mais profundamente a microbacia da Barragem da Fonte do Mato:

- Delimitar de forma mais precisa a microbacia e o Arroio da Fonte do Mato;
- Delimitar o outro arroio que abastece a barragem;
- Fazer um estudo de background da microbacia;
- Realizar o plantio de mudas de árvores nativas nas APPs do arroio e da barragem;
- Fazer um estudo acerca dos parâmetros analisados neste estudo e de outros de interesse de tal forma a cobrir os possíveis efeitos que a sazonalidade e as mudanças de consumo ao longo do ano podem trazer sobre a qualidade da água;
- Verificar uma solução alternativa para o descarte de esgoto e enquanto isso não for feito encontrar formas de lidar com os possíveis problemas causados por estas emissões.
- Verificar uma forma de reduzir a concentração de fósforo que enviada até a ETA;
- Verificar se as concentrações de fosfato e nitrato podem levar a eutrofização da água;
- Verificar a existência de cianobactérias ou de macrófitas patogênicas na barragem.

REFERÊNCIAS

Acqua Expert. **Você sabe por que é preciso medir o oxigênio dissolvido na sua ETE?**. 2018. Disponível em: <https://acquaexpert.com.br/voce-sabe-por-que-e-preciso-medir-o-oxigenio-dissolvido-na-sua-ete/#:~:text=Em%20esta%C3%A7%C3%B5es%20de%20tratamento%20de,seja%2C%20pelo%20consumo%20de%20oxig%C3%AAnio.> Acesso em 27/07/22.

Agência Nacional das Águas. **Indicadores de Qualidade** - índice de qualidade das águas (Iqa). Brasília, 2004. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em 27/07/22.

Alves SGS; Ataíde CDG; Silva JX. **Microbiológica de coliformes totais e termotolerantes em água de bebedouros de um parque público de Brasília, Distrito Federal**. Rev. Cient. Sena Aires. 2018. Disponível em: <http://revistafacesa.senaaires.com.br/index.php/revisa/article/view/298/208>. Acesso em 27/07/22.

Araújo, Paulo Roberto Fernandes. **Modelagem de Oxigênio Dissolvido no Córrego Salobinha, Montes Claros de Goiás**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2013. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/MODELAGEM_DE_OXIG%C3%8ANIO_DISSOLVIDO_NO_C%C3%93RREGO_SALOBINHA__MONTES_CLAROS_DE_GOI%C3%81S.pdf. Acesso em 27/07/22.

Balem, Andressa. **Avaliação da qualidade da água do rio lajeado ipiranga através de testes toxicológicos e índice de qualidade da água**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária) - à Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS - Campus de Erechim. Erechim, 2018. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/2166/1/BALEM.pdf>. Acesso em 27/07/22.

Boldrini, Ilsi Iob; Poser, Gilsane Lino von; Zuanazzi, José Angelo S. **Pampa**. INCT, BioNat. 2018. Disponível em: <http://inct-bionat.iq.unesp.br/biomas/bioma-pampa/>. Acesso em 28/07/2022.

Brasil, William. **Maior seca em décadas, leva Caçapava a racionamento devido à falta de água**. Prefeitura de Caçapava do Sul. Caçapava do Sul, 2020 Disponível em: <https://cacapavadosul.rs.gov.br/noticia/visualizar/id/6424/?maior-seca-em-decadas-leva-cacapava-a-acionamento-devido-falta-de-agua.html>. Acesso em 27/07/22.

Brasil. **Agenda 21 Global**. Ministério do Meio Ambiente, 2012. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global.html>. Acesso em 09/02/2023

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Casa Civil**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em 27/07/22.

BRASIL. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. **Casa Civil**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm. Acesso em 27/07/22.

BRASIL. LEI Nº 4.771, DE 15 DE SETEMBRO DE 1965. **Código Florestal**. Brasília, 1965. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4771-15-setembro-1965-369026-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em 27/07/22.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: de 5 de outubro de 1988. Brasília, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm#art225. Acesso em 27/07/22.

BRASIL. LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Brasília, 1981. Disponível em: https://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/brazil/brazil_6938.pdf. Acesso em 27/07/22.

BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. **[Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos]**. Brasília, 1997. Disponível em: <http://agevap.org.br/baiadailhagrande/leis/lei-federal-9433.97.pdf> . Acesso em 27/07/22.

BRASIL. 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**. Ministério da Saúde, Gabinete do Ministro. Brasília, 2011. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em 27/07/22.

Bush, Larry M *et al.*. **Infecções por *Escherichia coli***. Manual MSD Versão para Profissionais da Saúde. 2020. Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt/profissional/doen%C3%A7as-infecciosas/bacilos-gram-negativos/infec%C3%A7%C3%B5es-por-escherichia-coli>. Acesso em 27/07/22.

Capellari, Adalberto; Capellari, Maria Botti. **A água como bem jurídico, econômico e social**. OpenEdition Journals, Cidades. 2018. Disponível em: <https://journals.openedition.org/cidades/657> . Acesso em 27/07/22.

Casanova, Guilherme Pacheco. **Avaliação da Capacidade de Autodepuração dos Corpos d'Água na Área Urbana de Caçapava do Sul**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal do Pampa - Campus Caçapava do Sul. Caçapava do Sul, 2022.

Capriles, René. **Meio século de lutas: uma visão histórica da água**. Ambientebrasil. 2009. Disponível em:

https://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_agua_doce/meio_seculo_de_lutas_uma_visao_historica_da_agua.html. Acesso em 28/07/2022.

Carvalhais, Rafael Mendonça *et al.* **Deslizamento de encostas devido a ocupações irregulares**. Brazilian Journal of Development, v. 5, n.7, p. 9765-9772. Curitiba, 2019. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/2431/2456>. Acesso em 28/07/2022.

Casarin, Fátima; Santos, Mônica dos. **Água: o Ouro Azul**. Coleção desafios do século XXI. Editora Garamond Ltda, 2011. E-book. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=lang_en|lang_pt&id=R1RSDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=importancia+da+%C3%A1gua&ots=oNZn1ecKuO&sig=q8Unxf2izadJC_VZK8pqym4I3zU#v=onepage&q&f=true. Acesso em 27/07/22

Ceccato, Haline Dugolin. **Processo erosivo**: estudo de caso da estrada de acesso a Cascata do Salso – Caçapava do Sul, RS. Trabalho Conclusão de Curso (Bacharel em Geologia) - Universidade Federal do Pampa - Campus Caçapava do Sul. Caçapava do Sul, 2018. Disponível em: <https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/rii/3774/1/Haline%20Dugolin%20Ceccato%20-%202018.pdf>. Acesso em 28/07/2022.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Determinação de Clorofila a e Feofitina a**: método espectrofotométrico. L5.306. São Paulo, 2014. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2013/11/L5306.pdf>. Acesso em 28/07/2022

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Oxigênio Dissolvido**. São Paulo, 2010. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/oxigenio-dissolvido/>. Acesso em 27/07/22.

DigitalWater. **Parâmetro Físico de Qualidade: Cor da Água**. 2018. Disponível em: <https://www.digitalwater.com.br/parametro-fisico-de-qualidade-cor-da-agua/>.

Acesso em 27/07/22.

Faria, Pedro Oliveira. **O Enquadramento das Águas Doces Superficiais no Brasil: Desafios e Potencialidades Para a Gestão da Qualidade Hídrica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp. Ilha Solteira, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/216875>. Acesso em 27/07/22.

Federação de Consórcios, Associações e Municípios de Santa Catarina (FECAM). **Alterações no Código Florestal: O que muda para os Municípios**. Canto, 2022. Disponível em: <https://www.fecam.org.br/alteracoes-no-codigo-florestal-o-que-muda-para-os-municipios/>. Acesso em 27/07/22.

Felix, Fabiana Ferreira; Navickiene, Sandro; Dórea, Haroldo Silveira. **Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) como Indicadores da Qualidade dos Solos**. Revista da Fapese, v.3, n. 2, p. 39-62. 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Haroldo-Dorea/publication/285771398_Poluentes_Organicos_Persistentes_POps_como_Indicadores_da_Qualidade_dos_Solos/links/56638ac808ae15e746313a0a/Poluentes-Organicos-Persistentes-POPs-como-Indicadores-da-Qualidade-dos-Solos.pdf. Acesso em 27/07/22.

Filho, Paulo Costa de Oliveira; Dutra, Andressa Moraes; Ceruti, Fabiane Cristina. **Qualidade das Águas Superficiais e o Uso da Terra: Estudo de Caso Pontual em Bacia Hidrográfica do Oeste do Paraná**. Floresta e Ambiente, 19(1):32-43 -Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Estadual do Centro-Oeste –UNICENTRO. 2012. Disponível em: <http://www.floram.periodikos.com.br/article/10.4322/floram.2012.005/pdf/floram-19-1-32.pdf>. Acesso em 27/07/22.

Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de água 4ª edição**. Ministério da Saúde. 2004. Disponível em:

http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf. Acesso em 28/07/2022.

Fundação Universitária para o Vestibular. **O Egito Antigo**. Apostila de História Geral. 2000. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/4bd3/fcfcf3fa95275694f900ba95c39365a6f997.pdf>. Acesso em 28/07/2022.

G1. **G1 traz dicas para economizar água em casa. São Paulo, 2008**. Disponível em:

<https://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL358197-5598,00-G+TRAZ+DICAS+PARA+ECONOMIZAR+AGUA+EM+CASA.html#:~:text=Consumo%20m%C3%A9dio%20di%C3%A1rio%20de%20%C3%A1gua,como%20suficiente%20ao%20ser%20humano.&text=Nos%20grandes%20centros%20urbanos%20do,litros%20por%20dia%20C%20por%20pessoa>. Acesso em 27/07/22.

Garcez, Lucas Nogueira. **Manual de procedimentos e técnicas laboratoriais voltado para análises de águas e esgotos sanitário e industrial**. Escola Politécnica Da Universidade De São Paulo - Departamento De Engenharia Hidráulica E Sanitária - Laboratório De Saneamento. 2004. Disponível em: http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Manual%20de%20Tecnica%20de%20Laboratorio_Aguas%20e%20Esgotos%20Sanitarios%20e%20Industriais.pdf. Acesso em 28/07/2022.

Gazeta de Caçapava do Sul. **Empresa Conclui As Obras Nas Duas Barragens Da Corsan**. Caçapava do Sul, 2020. Disponível em: <http://gazedecacapava.com.br/geral/empresa-conclui-as-obras-nas-duas-barragens-da-corsan/>. Acesso em 27/07/22.

Gnadlinger, Johann. **A Declaração De Dublin Sobre Água e Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: http://www.abcmac.org.br/files/downloads/declaracao_de_dublin_sobre_agua_e_desenvolvimento_sustentavel.pdf . Acesso em 09/02/2023

Gusmão, Rafael Rodrigues. **Índice de qualidade de água de prati (iqa) em corpos hídricos receptores de efluentes de pisciculturas semi-intensivas de tambaqui** (*Colossoma macropomum*, CUVIER 1988), NORDESTE PARAENSE. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2021. Disponível em: <http://bdta.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1961/4/%c3%8dndice%20de%20Qualidade%20de%20%c3%81gua%20de%20Prati%20%28IQA%29%20em%20corpos%20h%c3%addricos%20receptores%20de%20efluentes%20de%20pisciculturas%20semi-intensivas%20de%20tambaqui%20%28Colossoma%20macropomum%2c%20Cuvier%201988%29%2c%20nordeste%20paraense..pdf>. Acesso em 27/07/22.

Hispanol, Nicolas Rodrigues; Fries, Maximilian. **Gravimetria por satélite no reconhecimento preliminar da articulação crustal das Suítes Graníticas Caçapava do Sul e Santo Ferreira**. 17th International Congress of the Brazilian Geophysical Society, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Nicolas_Hispagnol/publication/360688041_Gravimetria_por_satelite_no_reconhecimento_preliminar_da_articulacao_crustal_das_Suites_Graniticas_Cacapava_do_Sul_e_Santo_Ferreira/links/62853813c2634f58a3883ac8/Gravimetria-por-satelite-no-reconhecimento-preliminar-da-articulacao-crustal-das-Suites-Graniticas-Cacapava-do-Sul-e-Santo-Ferreira.pdf. Acesso em 28/07/2022.

Instituto Brasileiro de Florestas. **Bioma Pampa**. Londrina, 2002 Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/bioma-pampa>. Acesso em 28/07/2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2021**. 2021. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2021/POP2021_20210711.pdf. Acesso em 27/07/22.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Vítimas de deslizamentos**. Cidade Universitária - Butantã. São Paulo, 2017. Disponível em: https://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=1190. Acesso em 28/07/2022.

IPAT – Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas. **Relatório Final do PMRR**. 2009.

Jornal Estado de Minas. **Saiba o que é deslizamento de terra e a diferença entre queda e tombamento**. Belo Horizonte, 2022. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/nacional/2022/01/12/interna_nacional,1336852/saiba-o-que-e-deslizamento-de-terra-e-a-diferenca-entre-queda-e-tombamento.shtml. Acesso em 28/07/2022.

Langanke, Roberto. **Eutrofização**. Conversação para Ensino Médio -IB, Universidade de São Paulo. 2007. Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/des_eutro.htm#:~:text=Eutrofiza%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9%20o%20processo%20de,impacto%20para%20os%20ecossistemas%20aqu%C3%A1tico. Acesso em 28/07/2022.

Magalhães, Marcos Alves; Monaco, Paola Alfonsa Vieira Lo; Matos Antonio Teixeira de. **Uso de filtros orgânicos na remoção de óleos e graxas presentes na água residuária de suinocultura**. Engenharia na agricultura, V.21 N.4. Viçosa, 2013. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/15660/1/395-2132-1-PB.pdf>. Acesso em 27/07/22.

Marino, Ligia. **Relação entre Clorofila-a e Cianobactérias no Estado de São Paulo**. Revista DAE. 2017. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_206_n_1670.pdf. Acesso em: 22/01/2023.

Markos. **Cor e Turbidez**. 2008. Disponível em: http://www.c2o.pro.br/analise_agua/ar01s04.html. Acesso em 27/07/22.

[4. Cor e Turbidez](#)

Milanez, Bruno. **Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação.** Disponível em: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7936/1/BRU_n16_Minera%
c3%a7%
c3%a3o.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7936/1/BRU_n16_Minera%c3%a7%c3%a3o.pdf). Acesso em 27/07/22.

Miranda, Gabriela Macedo. **Integração do método geofísico de eletrorresistividade e de ensaios geotécnicos para análise de integridade física de uma barragem de terra.** Trabalho Conclusão de Curso (Bacharel em Geologia) - Universidade Federal do Pampa - Campus Caçapava do Sul. Caçapava do Sul, 2020.

Moreira, César Augusto *et al.* **Análise comparativa entre arranjos de tomografia elétrica no reconhecimento de estruturas de fluxo em aquífero fraturado em Caçapava do Sul (RS).** Pesquisas em Geociências, v. 46 (2019), n. 1: e0710, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/index.php/PesquisasemGeociencias/article/view/93244/pdf>. Acesso em 28/07/2022.

Mota, helen Regina; Rolla, Maria Edith. **As cianobactérias e a Qualidade da Água,** a importância de estar sempre atento. Companhia Energética de Minas Gerais. 2011. Disponível em: https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/05/Cartilha_Cianobacterias_2011.pdf Acesso em: 22/01/2023.

National Weather Service - National Oceanic and Atmospheric Administration. **JesStream Max:** Addition Köppen-Geiger Climate Subdivisions. 2017. Disponível: https://www.weather.gov/jetstream/climate_max. Acesso em 14/08/2022.

Nogueira, P. N *et al.* **Análise da Concentração da Clorofila-a no Reservatório da UHE Caçu-GO.** 2013. Disponível: https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/66/SBRH2013__PAP012971.pdf. Acesso em: 17/01/2023.

Operan Soluções Ambientais. **Declaração universal dos direitos da água: entenda no que é pautado este documento. 2022.** Disponível em: <https://info.operan.com.br/declaracao-universal-dos-direitos-da-agua#:~:text=A%20Declara%C3%A7%C3%A3o%20Universal%20dos%20Direitos%20da%20%C3%81gua%20foi%20redigida%20pela,j%C3%A1%20era%20identificado%20o%20d%20esperd%C3%ADcio>. Acesso em 27/07/22.

Organização das Nações Unidas. **Declaração de Dublin Sobre Água e Desenvolvimento Sustentável.** Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente. Dublin, 1992. Disponível em: http://www.abcmac.org.br/files/downloads/declaracao_de_dublin_sobre_agua_e_desenvolvimento_sustentavel.pdf. Acesso em 27/07/22.

Peixoto, Filipe da Silva; Soares, Jamilson Azevedo; Ribeiro, Victor Sales. **Conflitos pela água no Brasil.** Sociedade & Natureza, editora da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2008. Disponível em: https://www.redalyc.org/journal/3213/321370368001/321370368001_5.pdf. Acesso em 27/07/22.

Pereira, Régis da Silva. **Poluição hídrica: causas e consequências.** Revista Eletrônica de Recursos Hídricos, v.1, n.1, pág. 20-36. IPH - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2004. Disponível em: <http://www.vetorial.net/~regissp/pol.pdf>. Acesso em 28/07/2022.

Piratoba, Alba Rocio Aguilar *et al.* **Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil.** Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, Rev. Ambient. Água vol. 12 n. 3. Taubaté, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/f45JMMTdfXvPWLmM6mbDX6K/?format=pdf&lang=pt#:~:text=N%C3%A3o%20existe%20um%20padr%C3%A3o%20de,at%C3%A9%201000%20%CE%BCS%20cm%2D1>. Acesso em 27/07/22.

Pontalti, Gabriel Colombo. **Nitritos e Nitratos: Venenos ou Nutrientes?** Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2020/11/nitratos.pdf>. Acesso em 27/07/22.

Portella, Márcio Oliveira. **Efeitos colaterais da mineração no meio ambiente.** Revista Brasileira de Políticas Públicas, Volume 5, Nº 3. 2015. Disponível em: https://www.publicacoes.uniceub.br/RBPP/article/view/3410/pdf_1. Acesso em 27/07/22.

Soares, Dimitri Tallemberg. **Qualidade das águas subterrâneas associados as rochas plutônicas e metavulcano-sedimentares no município de Caçapava do Sul, RS.** Trabalho Conclusão de Curso (Bacharel em Geologia) - Universidade Federal do Pampa - Campus Caçapava do Sul. Caçapava do Sul, 2021. Disponível em: <https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riiu/6128/1/Dimitri%20%20Tallemberg%20Soares%20-%202021.pdf>. Acesso em 28/07/2022.

Rosseti, Aline; Savi, Clóvis Norberto. **Levantamento de áreas de risco de deslizamento de encostas e áreas de inundações no bairro Alto Paraná – Orleans – SC.** Universidade do Extremo Sul Catarinense. 2012. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1531/1/Aline%20Rosseti.pdf>. Acesso em 28/07/2022.

Santos, Humberto Gonçalves dos *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos 5ª edição revista e ampliada.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. E-book. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasil-eiro-de-classificacao-de-solos>. Acesso em 28/07/2022.

Santos, Monique Virões Barbosa dos *et al.* **Desenvolvimento de Sistema Automático de Análise de pH e Temperatura da Água para Aquicultura.** XI

Computer on the Beach. Florianópolis, 2020. Disponível em: <https://periodicos.univali.br/index.php/acotb/article/view/12765>. Acesso em 27/07/22.

Silva, Ana Elisa Pereira *et al.* **Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus**. Acta Amazonica, vol. 38(4) pág. 733 - 742. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/mwHP8HMv955dkZ984LmmGLr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 27/07/22.

Silva, Bianca Oliveira da *et al.* **Revisão sistemática: Absorção de íons fosfato de efluente utilizando a macrófita aquática lentilha d'água (*Lemna minor*)**. Curso técnico em Química - ETEC Irmã Agostina. São Paulo. 2021. Disponível em: <https://saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2021/12/Artigo-G3-3Q-1S.pdf> Acesso em: 22/01/2023.

Silva, Marlene Rodrigues da; Campo, Ana Caroline Estrope de; Bohm, Franciele Zanardo. **Agrotóxicos e seus impactos sobre ecossistemas aquáticos continentais**. SaBios: Rev. Saúde e Biol., v.8, n.2, p.46-58. 2013. Disponível em: <http://68.183.29.147/revista/index.php/sabios/article/view/899/519>. Acesso em 28/07/2022.

Simões, Matheus Silva. **Petrologia do complexo máfico-ultramáfico Mata Grande, São Sepé, rs**. Trabalho Conclusão de Curso (Bacharel em Geologia) - Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/134939/000871087.pdf?sequencia=1>. Acesso em 28/07/2022.

Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. **Bacias Hidrográficas Ottocodificadas (Níveis Otto 1-7)**. Metadados ANA. 2017. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/b228d007-6d68-46e5-b30d-a1e191b2b21f>. Acesso em 28/07/2022.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto: Visão Geral** ano de referência 2020. Brasília, 2021. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf. Acesso em 27/07/22.

Soares, Dimitri Tallemberg. Souza, Émilin de Jesus Casagrande de. **O que é Turbidez da Água e Como ela afeta o Tratamento de Água?**. Blog 2 engenheiros. 2017. Disponível em: <http://2engenheiros.com/2017/12/12/turbidez-da-agua/>. Acesso em 27/07/22

Steckelberg, Anna Julia. **Primeiras Civilizações: Mesopotâmia e povos sumérios**. Conhecimento Científico. Goiás (estado), 2022. Disponível em: <https://conhecimentocientifico.com/primeiras-civilizacoes/> . Acesso em 27/07/2.

Strickland, J.D.H; Parsons, T.R. **A Manual of Sea Water Analysis, with Special Reference to the More Common Micronutrients and to Particulate Organic Material**. Fisheries Research Board of Canada, Bull n. 125 Second Edition Ottawa, 1965, 203.

Suassuna, João. **A má distribuição da água no Brasil. Repórter Brasil, 2004**. Disponível em: <https://reporterbrasil.org.br/2004/04/b-artigo-b-a-ma-distribuicao-da-agua-no-brasil/#:~:text=O%20problema%20%C3%A9%20que%20esse,bacia%20do%20rio%20S%C3%A3o%20Francisco> . Acesso em 27/07/22.

Telles, Pamela Nathalia Germano. **Mapeamento hidrogeoquímico do município de Caçapava do Sul, RS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Geologia) - Universidade Federal do Pampa - Campus Caçapava do Sul. Caçapava do Sul, 2016. Disponível em: <https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/rii/1368/1/Mapeamento%20hidrogeoqu%c3%admico%20do%20munic%c3%adpio%20de%20Ca%c3%a7apava%20do%20Sul,%20RS.pdf>. Acesso em 28/07/2022.

The United Nations International Children 's Emergency Fund. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: Ainda é possível mudar 2030.** 2016. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em 27/07/22.

Thebaldi, Michael S *et al.* **Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.15, n.3, p.302–309. Campina Grande, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/rSjMX6jz9tvvgD8fHqQsqRkr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 27/07/22.

Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Eutrofização.** 2006. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/eut.htm>. Acesso em 28/07/2022.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **pH.** Porto Alegre, 2007. Disponível em: https://www.ufrgs.br/leo/site_ph/ph.htm. Acesso em 27/07/22.

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. **Fitoplâncton.** Seropédica, 2006. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/fito.htm>. Acesso em 27/07/22.

Villas, Mariana; Banderali, Mauro. **Como e porque medir a Condutividade Elétrica (CE) com sondas multiparâmetros?** AgSolve. 2013. Disponível em: <https://www.agsolve.com.br/noticias/como-e-porque-medir-a-condutividade-eletrica-ce-com-sondas-multiparametros>. Acesso em 27/07/22.

Xavier, Christine da Fonseca. **Avaliação da Influência do Uso e Ocupação do Solo e de Características Geomorfológicas sobre a Qualidade das Águas de Dois Reservatórios da Região Metropolitana de Curitiba - Paraná.** Dissertação (mestrado em Curso de Pós-Graduação em Ciências do Solo) - Universidade Federal do Paraná - UFPR. Curitiba, 2005. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/58508/R%20-%20D%20-%20CHRISTINE%20DA%20FONSECA%20XAVIER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 27/07/22.

