

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

FELIPE WINK SOARES

**AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA DO ARROIO
FONTE DO MATO, NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL - RS**

**Caçapava do Sul
2019**

FELIPE WINK SOARES

**AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA DO ARROIO
FONTE DO MATO, NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Júlio César Mendes Soares

**Caçapava do Sul
2019**

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).

S676a Soares, Felipe Wink

Avaliação dos parâmetros físico-químicos da água do arroio Fonte do Mato, no município de Caçapava do Sul - RS / Felipe Wink Soares.

48 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, GEOLOGIA, 2019.

"Orientação: Júlio César Mendes Soares".

1. Hidroquímica. 2. Águas superficiais. 3. Contaminantes.
I. Título.

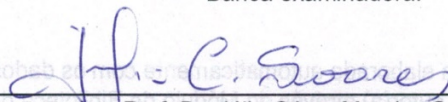
FELIPE WINK SOARES

**AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA DO ARROIO
FONTE DO MATO, NO MUNICÍPIO DE CAÇAPAVA DO SUL - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Geologia da
Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Geologia.

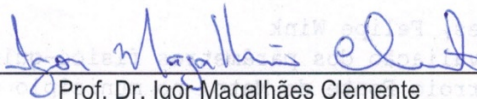
Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 11/12/2019

Banca examinadora:

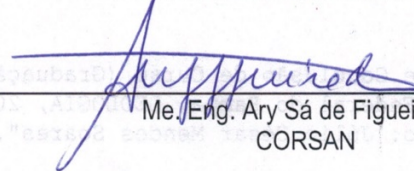


Prof. Dr. Júlio César Mendes Soares
Orientador

Universidade Federal do Pampa



Prof. Dr. Igor Magalhães Clemente
Universidade Federal do Pampa



Me. Eng. Ary Sá de Figueiredo
CORSAN

Dedico este trabalho a minha família e esposa, que não mediram esforços para me ajudar nessa etapa tão importante da minha vida.

AGRADECIMENTO

Agradeço, primeiramente, a Deus, que me deu energia, saúde e perseverança para concluir todo esse curso de graduação.

Nada disso seria possível sem o apoio dos meus pais e irmãs, que estiveram sempre do meu lado me dando forças para continuar.

A minha esposa Thaís pela dedicação oferecida, pelos momentos de companheirismo e pela compreensão nos momentos de ausência.

Aos amigos que fiz ao longo do curso, em especial ao Vicente e Robert, pelas oportunidades de aprendizagem e momentos de descontração.

Serei eternamente grato pelas pessoas dessa grande cidade acolhedora que é Caçapava do Sul. Agradeço aos grandes amigos que aqui fiz e que sempre levarei em minhas memórias.

A Universidade Federal do Pampa e CORSAN por disponibilizarem seus laboratórios para análises.

Aos professores que me ajudaram a galgar esse degrau. Agradeço ao meu orientador Júlio César Mendes Soares, pela disponibilidade e calma para me ajudar na conclusão deste trabalho.

“A história da Terra se assemelha à vida dos soldados: longos períodos de tédio e breves instantes de terror”

Ager

RESUMO

A água é um recurso natural fundamental à vida. A água potável é o recurso que se enquadra dentro de parâmetros físico-químicos aceitáveis para o consumo humano. Problemas relacionados a qualidade dos recursos hídricos podem estar ligados ao mau uso antrópico, onde resíduos domésticos e industriais são lançados de forma desenfreada ao ambiente, bem como o uso de defensivos agrícolas que, ao se dissolverem na água, infiltram no solo. Outra forma de contaminação de corpos hídricos se dá a partir do contato de sedimentos com a água, os quais podem conter elementos contaminantes, estes, gerados por meio de processos de intemperismo e erosão de rochas. O município de Caçapava do Sul está localizado na região centro-sul do estado do Rio Grande do Sul, e a área de estudo está situada dentro do perímetro urbano do município. O escopo desse trabalho é a caracterização hidroquímica de amostras de água superficial, coletadas ao longo do Arroio Fonte do Mato, buscando identificar os tipos de contaminantes presentes. Foram avaliados os parâmetros físico-químicos de: turbidez, condutividade elétrica, pH, sólidos totais, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrato e coliformes totais. Dentre os parâmetros físico-químicos analisados, os índices de turbidez, ST, OD, DBO, FT e coliformes totais foram os que apresentaram maiores desconformidades com as resoluções do Ministério da Saúde e do CONAMA. Em relação à classificação, a água do Arroio Fonte do Mato pertence à Classe I do CONAMA, não apresentando padrões de potabilidade (segundo PRC n° 5/2017, anexo XX) sem antes ser submetida a um tratamento adequado.

Palavras-chave: Hidroquímica, águas superficiais, contaminantes.

ABSTRACT

Water is a fundamental natural resource for life. Drinking water is the resource that falls within the acceptable physicochemical standard for human consumption. Problems related to the quality of water resources may be linked to anthropogenic misuse, where domestic and industrial wastes are rampant in the environment, as well as the use of agricultural defenders, dissolve in water, seep into the soil. Another form of contamination of water bodies is from the contact of sediments with water, which may contain contaminants, which are generated by weathering and erosion of rocks. The municipality of Caçapava do Sul is located in the south central region of the state of Rio Grande do Sul, and a study area is located within the urban perimeter of the municipality. The scope of this work is a hydrochemical characterization of surface water use, collected for a long time at the Arroio do Mato Fountain, seeking to identify the types of contaminants present. Chemical chemical methods were used: turbidity, electrical conductivity, pH, total solids, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, total phosphorus, nitrate and total coliforms. Among the physicochemical methods analyzed, the turbidity indexes, ST, OD, BOD, TF and total coliforms, which were considered major non-conformities with the measures of the Ministry of Health and CONAMA. Regarding the classification, Arroio Fonte do Mato Water belongs to CONAMA Class I, does not exhibit power standards (according to PRC No. 5/2017, Annex XX), before being subjected to an appropriate treatment.

Keywords: Hydrochemistry, surface water's, contaminants.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo	18
Figura 2 – Mapa representando a divisão do Escudo Sul-rio-grandense.....	19
Figura 3 – Mapa geológico da área de estudo	21
Figura 4 – Sub-bacias hidrográficas em que o município de Caçapava do Sul está inserido	22
Figura 5 – Mapa de solos do município de Caçapava do Sul, com os pontos amostrados plotados	23
Figura 6 – Representação do ciclo hidrológico.....	24
Figura 7 – Procedimento de coleta de água no Arroio Fonte do Mato	28

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Valores de turgidez obtidos em outubro e novembro de 2019	33
Quadro 2 – Medidas obtidas de condutividade elétrica durante os meses de setembro a novembro de 2019	34
Quadro 3 – Medidas de pH obtidas nos pontos 1 a 3 durante os meses de setembro a novembro de 2019	35
Quadro 4 – Valores de ST obtidos durante os meses de setembro e novembro de 2019	36
Quadro 5 – Valores de OD obtidos entre os meses de setembro e novembro de 2019	37
Quadro 6 – Valores de DBO obtidos entre os meses de setembro e novembro de 2019	38
Quadro 7 – Valores obtidos para FT entre os meses de setembro e novembro de 2019	38
Quadro 8 – Valores obtidos para nitrato entre os meses de setembro e novembro de 2019	39
Quadro 9 – Resultados para CT e <i>E. Coli</i> realizados na CORSAN em setembro de 2019	40
Quadro 10 – Resultados para CT realizados na UNIPAMPA em outubro e novembro de 2019	40
Quadro 11 – Precipitação dos meses de agosto a novembro de 2019	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CE - Condutividade Elétrica

CGCS - Complexo Granítico Caçapava do Sul

CMPF - Complexo Metamórfico Passo Feio

CORSAN - Companhia Riograndense de Saneamento

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CORSAN - Companhia Riograndense de Saneamento

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CT - Coliformes Totais

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

E - Leste

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ESRG - Escudo Sul-rio-grandense

FT - Fósforo Total

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

GC - Granito Caçapava do Sul

GSF - Granito Santo Ferreira

HTTP - *HyperText Transfer Protocol*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LATRAM - Laboratório de Lavra, Planejamento e Tratamento de Minérios

Ma - Milhões de anos

N - Norte

OD - Oxigênio Dissolvido

pH - Potencial Hidrogeniônico

S - Sul

ST - Sólidos Totais

TSG - Terreno São Gabriel

TTG - Tonalito-trondhjemito-granodiorito

UNIPAMPA - Universidade Federal do Pampa

UNT - Unidade Nefelométrica de Turbidez

UTM - Universal Transversa de Mercator

W - Oeste

XRF - Fluorescência de Raio-X

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3 JUSTIFICATIVA	16
4 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	17
5 CONTEXTO GEOLÓGICA.....	18
5.1 Geologia regional.....	18
5.2 Geologia local	20
6 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
6.1 Bacias hidrográficas.....	21
6.2 Contexto pedológico	23
6.3 Ciclo hidrológico.....	24
6.4 Hidrogeologia.....	25
6.5 Hidroquímica	26
6.6 Classificação das águas doces conforme o Conama.....	27
7 MATERIAIS E MÉTODOS	28
7.1 Turbidez	29
7.2 Condutividade elétrica (CE).....	29
7.3 Potencial hidrogeniônico (pH).....	30
7.4 Sólidos totais (ST).....	30
7.5 Oxigênio dissolvido (OD)	31
7.6 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	31
7.7 Fósforo total (FT)	32
7.8 Nitrato	32
7.9 Coliformes totais (CT).....	33
8 RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
8.1 Turbidez	33
8.2 Condutividade elétrica (CE).....	34
8.3 Potencial hidrogeniônico (pH).....	35
8.4 Sólidos totais (ST).....	36
8.5 Oxigênio dissolvido (OD)	37

8.6 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	37
8.7 Fósforo total (FT)	38
8.8 Nitrato	39
8.9 Coliformes totais (CT)	40
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS	43
ANEXO I	47

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a vida, o desenvolvimento de uma sociedade está intimamente ligado com o acesso que ela detém à água. No entanto, a utilização antrópica imprópria desse recurso traz diversos problemas relacionados a disponibilidade de água, reduzindo quantitativamente reservas de água de boa qualidade.

As contribuições humanas para a poluição das águas são inúmeras, como por exemplo, o mau planejamento da infraestrutura urbana, saneamento básico precário, agricultura, pecuária, atividades de mineração, cemitérios, indústrias e lixões. A entrada de poluentes se dá de maneira pontual ou difusa no ambiente aquático. As cargas pontuais são inseridas por meio de lançamentos individualizados, como acontece no lançamento de esgotos sanitários ou de resíduos industriais. Como é de fácil identificação, seu controle se dá de uma forma mais eficaz e rápida. As fontes difusas não têm seu lançamento em um ponto específico, sendo assim, sua identificação e controle são mais complexos, ocorrem na infiltração de pesticidas agrícolas nos solos, nas margens dos rios através do escoamento superficial (BRAGA, 2002).

As mudanças na qualidade da água proveniente de esgotos domésticos podem acarretar uma série de problemas à população, como por exemplo a proliferação de doenças, de insetos, ocorrência de odores entre outros (SPERLING, 2005).

A poluição causada pelo aumento da concentração de nutrientes de fósforo e nitrogênio é o fenômeno chamado de eutrofização, o qual é o florescimento de cianobactérias, que produzem variados elementos tóxicos, trazendo consequências graves de problemas à saúde humana, levando até a morte de seres humanos e animais quando consumidos ou em contato com os seres vivos (TUNDISI, 2008).

Outro fator importante de mudanças físico-químicas da água é a influência de sedimentos quando colocado em contato com a água, originados através de processos de intemperismo e erosão, esses sedimentos podem estar carregados de diversos tipos de compostos, como, por exemplo, cátions de cálcio (Ca^{+2}) e magnésio (Mg^{+2}) os quais influenciam na dureza da água e no pH, além de outros vários elementos. Com isso, evidencia-se a interação da geologia local e regional com as características qualitativas dos corpos hídricos.

À vista disso, esta pesquisa visa realizar análises físico-químicas de amostras de águas coletadas ao longo do Arroio Fonte do Mato no município de Caçapava do Sul - RS, realizando-se, assim, um estudo hidroquímico de nove parâmetros, sendo eles: turbidez, condutividade elétrica, pH, sólidos totais, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrato e coliformes totais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral a caracterização hidroquímica do Arroio Fonte do Mato no município de Caçapava do Sul – RS.

2.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral os seguintes objetivos específicos foram necessários:

- Caracterização dos parâmetros físico-químicos da água do Arroio Fonte do Mato;
- Identificar se a água do Arroio Fonte do Mato está em conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos para recursos hídricos segundo Resolução do CONAMA n°357/2005 e PRC n°5/2017.

3 JUSTIFICATIVA

Com a crescente demanda populacional há a necessidade de uma expansão territorial e, muitas vezes, ocorrem sem planejamento, onde áreas que não estavam planejadas para serem utilizadas para habitação são ocupadas. Como, por exemplo, áreas em torno de cursos de água, onde o mal planejamento urbano provoca grandes problemas devido à falta de saneamento básico. Neste caso, há contaminação,

principalmente, devido ao despejo de resíduos industriais e de esgotos domésticos nos recursos hídricos, afetando, assim, a qualidade da água.

Com isso, estudos hidroquímicos são fundamentais para compreender e dimensionar como as atividades humanas podem influenciar na qualidade da água.

Isto posto, esse trabalho tem o propósito de contribuir para o conhecimento das condições físico-químicas da água do Arroio Fonte do Mato, sendo esse a principal fonte de captação para tratamento e abastecimento da cidade de Caçapava do Sul.

4 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

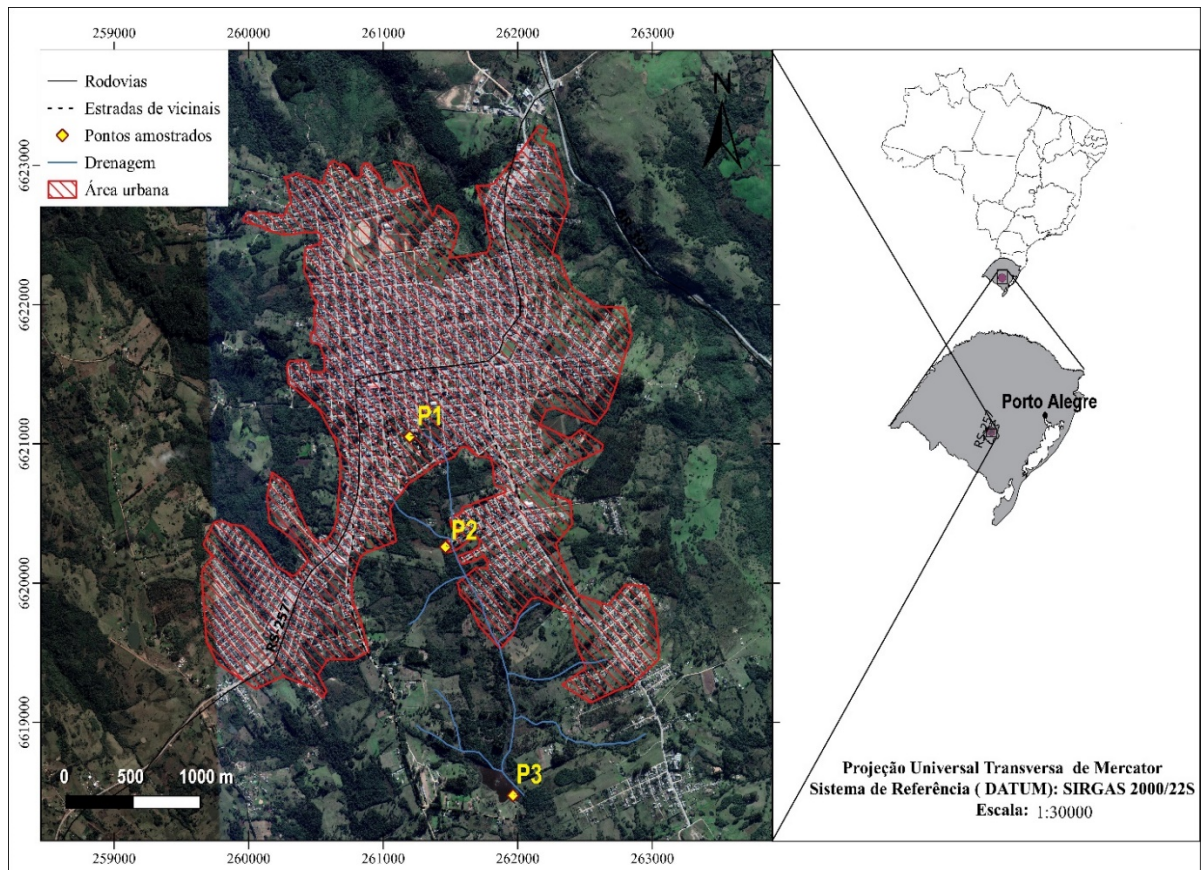
A área de estudo localiza-se no município de Caçapava do Sul, situado na porção central do estado do Rio Grande do Sul. O município conta com uma área aproximada de 3.047,113 km² (IBGE, 2015), com uma estimativa de 34.644 habitantes (IBGE, 2016), situando-se a 259 km da capital, Porto Alegre.

As vias de acesso principal ao município são através das rodovias federais BR-290, a qual liga Caçapava do Sul a Porto Alegre; a BR-392, que, percorrendo em direção a norte, conecta Caçapava do Sul ao município de Santa Maria e, em direção a sudeste, liga Caçapava do Sul ao município de Pelotas; a BR-153, que liga Caçapava do Sul ao município de Bagé; e, por fim, a RS-357, a qual liga Caçapava do Sul ao município de Lavras do Sul.

Os pontos 1 e 2 estão localizados dentro da área urbana da sede do município, o ponto 3 está localizado a cerca de 1,5 km da área urbana. Na Figura 1 os pontos de coleta são ilustrados. Suas coordenadas UTM (Zona 22S) estão listadas a seguir:

1. 261192 mE / 6621013 mN
2. 261424 mE / 6620181 mN
3. 261989 mE / 6618336 mN

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2019.

5 CONTEXTO GEOLÓGICO

5.1 Geologia regional

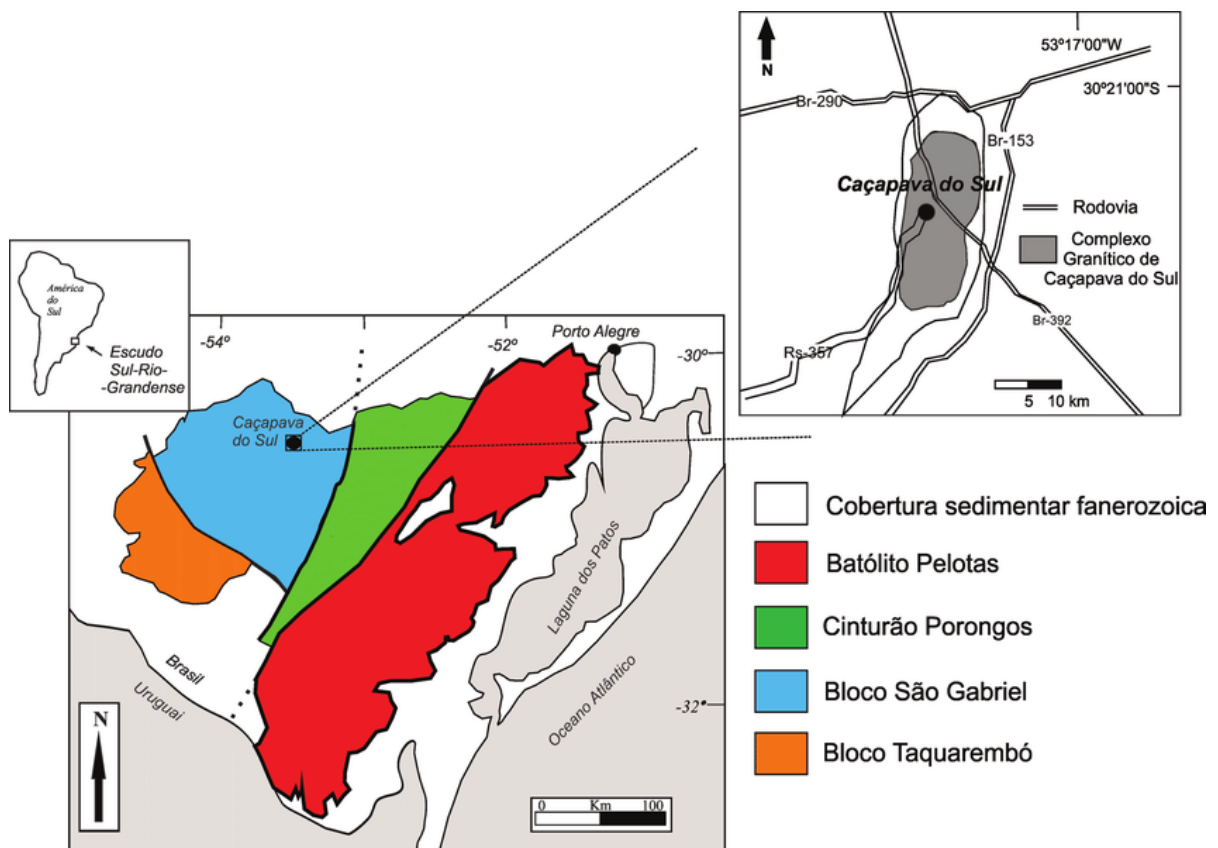
A área de estudo está inserida no contexto geotectônico do Escudo Sul-riograndense (Figura 2) (ESRG), o qual corresponde a porção sul da Província Mantiqueira. O ESRG possui uma área de aproximadamente 65.000 km², e está situado na região centro-sul do estado do Rio Grande do Sul, este compondo terrenos arqueanos e paleoproterozoicos e unidades neoproterozoicas (HARTMANN et al, 2007).

Sua composição se dá por rochas ígneas, metamórficas e sedimentares de idade pré-paleozoica. Esta área tratava-se de uma zona de acreção e retrabalhamento crustal entre 900 Ma e 500 Ma, a qual está ligada a dois ciclos orogênicos, sendo eles: Transamazônico e Brasiliano/Pan-Africano (HARTMANN et al., 2007). A

composição litológica do ESRG está ligada às fases pré-, sin- e pós- colisional da orogênese Brasiliana. É separada em quatro unidades geotectônicas diferentes, pertencentes ao Cráton Rio de La Plata e ao Cinturão Dom Feliciano, porções meridionais da Província Mantiqueira (CHEMALE Jr., 2000).

O Cráton Rio de La Plata é composto pelo Bloco Taquarembó e o Cinturão Dom Feliciano é composto pelos terrenos São Gabriel, Tijucas e Batólito Pelotas.

Figura 2 – Mapa representando a divisão do Escudo Sul-rio-grandense.



Fonte: Extraído de Remus et al., 2013.

A área de estudo está inserida no Terreno São Gabriel (TSG), o qual está limitado ao sul pelo lineamento Ibaré, a leste pelo lineamento magnético Caçapava e, ao norte e noroeste, por coberturas fanerozoicas da Bacia do Paraná.

No TSG as ocorrências litológicas estão em grande parte expostas, indo desde São Gabriel à Caçapava do Sul na direção W-L, e de São Sepé à Lavras do Sul na direção N-S. As ocorrências são classificadas como sendo de rochas básicas e ultrabásicas, as quais estão associadas com mármores e depósitos terrígenos provenientes de uma paleobacia oceânica, possuindo registros de associações do tipo

tonalito-trondhjemito-granodiorito (TTG) juntamente com rochas cálcio alcalinas originadas de arco magmático (HARTMANN et al. 2007).

5.2 Geologia local

De maneira local, a área de estudo está inserida no Complexo Granítico Caçapava do Sul (CGCS) (Figura 3), o qual possui idade aproximada de 540 Ma, sendo este um corpo que intrude a unidade do Complexo Metamórfico Passo Feio (CMPF), o qual compreende dois corpos graníticos (PORCHER, 2000).

O Granito Caçapava (GC) é o que possui maior corpo com, aproximadamente, 25 km de extensão, possuindo uma estrutura dômica assimétrica, com o seu maior eixo possuindo direção N-S, tendo em sua composição predominantemente granodioritos, sienogranitos e monzogranitos, em menor quantidade há presença de tonalitos e quartzo dioritos intrusivos dentro do CMPF (RIBEIRO et al., 1966). O Granito Caçapava possui três fases principais: a) biotita granitoide, com coloração cinza a rósea quando passada por processos de intemperismo, possui teores de biotita e allanita como minerais acessórios; b) leucogranitoides, com coloração rósea, teores baixos de máficos e, em algumas áreas, localizadamente, há a presença de granada e/ou muscovita; c) granitoides transicionais, localizado na porção central e leste do batólito, possuindo características intermediárias entre os dois granitoides citados (BITTENCOURT, 1983; NARDIR & BITTENCOURT, 1989).

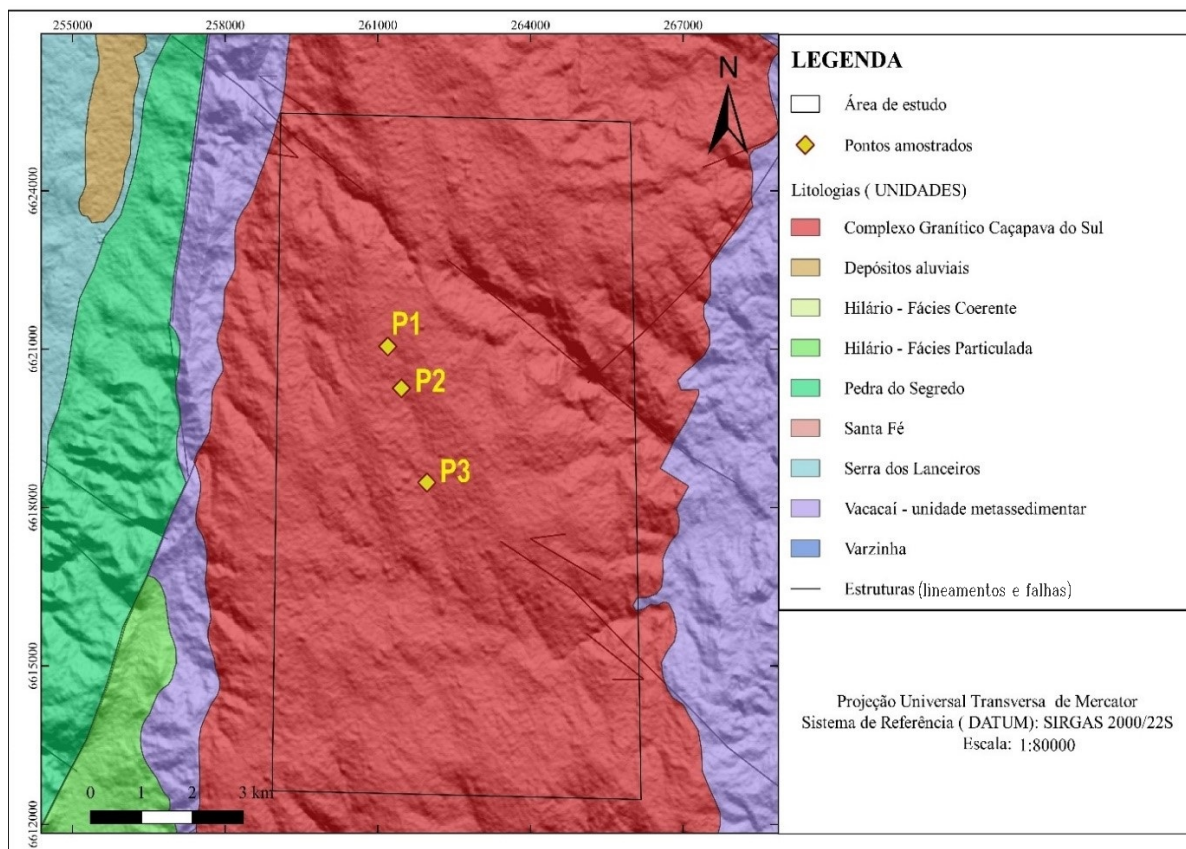
A granulação desses granitoides são, predominantemente, de fina a média e, geralmente, porfiroclásticos, possuem foliação milonítica marcada pela orientação dos filossilicatos e pelo estiramento do quartzo e dos feldspatos (NARDIR & BITTENCOURT, 1989).

O segundo corpo, com menor extensão, tendo, aproximadamente, 10 km, é o Granito Santo Ferreira (GSF) é considerado como sendo uma apófise do GC. O GSF é composto por sienogranitos e monzogranitos com correlação alcalina (SARTORI & KAWASHITA, 1989).

As rochas do GSF possuem granulação de fina a grossa, sendo composto por feldspato alcalino, plagioclásio e quartzo, predominantemente. Os minerais acessórios e/ou traços presentes são: biotita, muscovita, granada, zircão e minerais opacos (UFRGS, 1998).

O GC e o GSF possuem características estruturais e químicas similares, apresentando uma afinidade cálcio-alcalina, por esse motivo foram dispostos em uma única unidade. Os dois corpos foram originados em zonas de cisalhamento tardias ao Ciclo Brasileiro, caracterizando os últimos estágios tectônicos do Ciclo Brasileiro na região sul do Brasil (NARDIR & BITTENCOURT, 1989).

Figura 3 – Mapa geológico da área de estudo.



Fonte: Adaptado a partir de dados da CPRM, 2019.

6 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

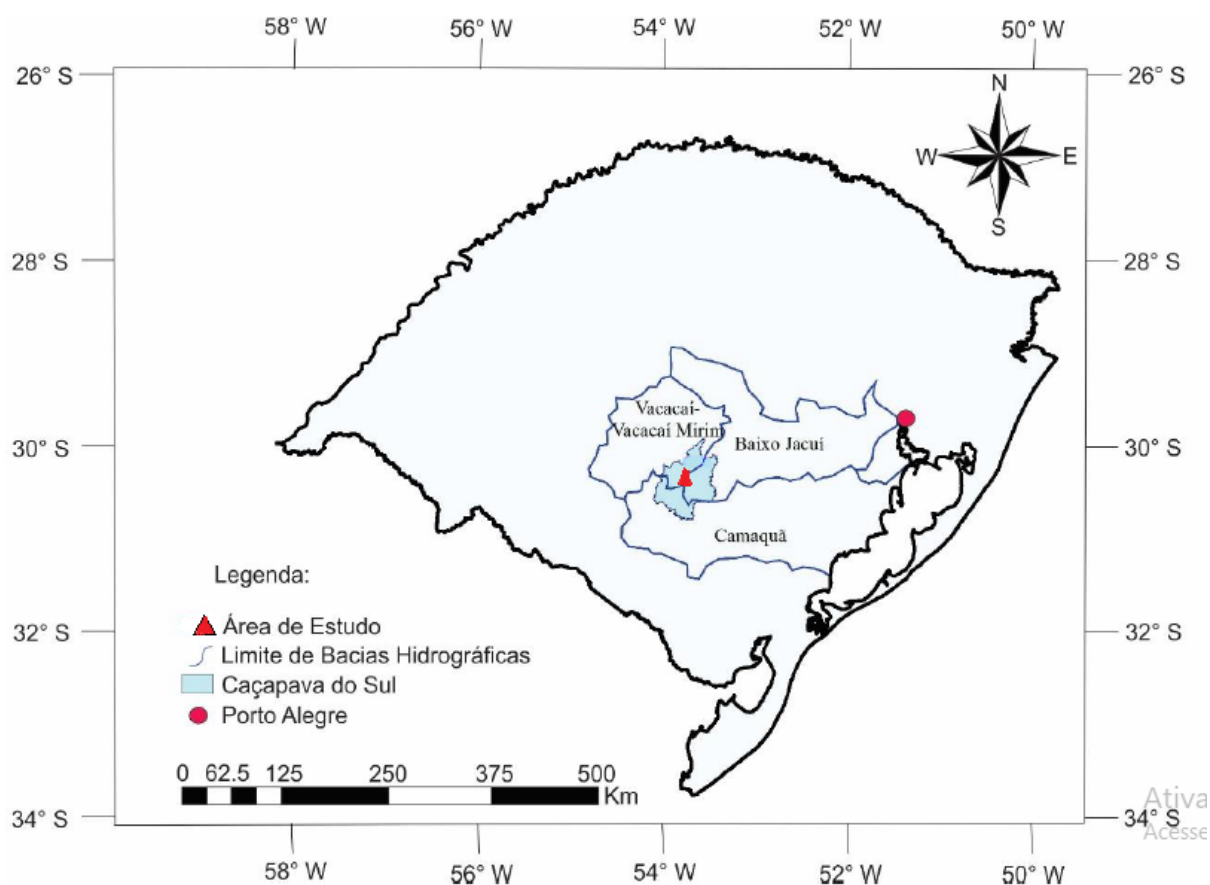
6.1 Bacias hidrográficas

Bacia hidrográfica é uma região que recebe, de forma natural, água de precipitação e a converge em um único ponto de descarga, o qual é denominado de exutório. A bacia hidrográfica pode ser separada em duas partes: em redes de drenagens, que representa os cursos de água que confluem até desenvolver um único leito no exutório; e em superfícies vertentes, representando as superfícies de escoamento das águas precipitadas (PAZ, 2004).

O estado do Rio Grande do Sul é abundante em água superficiais, sendo dividido em três grandes bacias hidrográficas: Uruguai, Guaíba e Litorânea. Estas três estão agrupadas em outras várias sub-bacias dentro de cada uma delas.

O município de Caçapava do Sul está inserido em duas bacias e três sub-bacias, sendo elas: Bacia Hidrográfica do Guaíba, sendo suas sub-bacias a Vacacaí-Vacacaí Mirim e Baixo Jacuí; e a Bacia Hidrográfica Litorânea, com sua sub-bacia Camaquã (Figura 4), sendo que a área de estudo está inserida somente na Bacia Hidrográfica do Guaíba (<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/bacias-e-sub-bacias-hidrograficas>, acessado dia 18/10/2019).

Figura 4 – Sub-bacias hidrográficas em que o município de Caçapava do Sul está inserido.



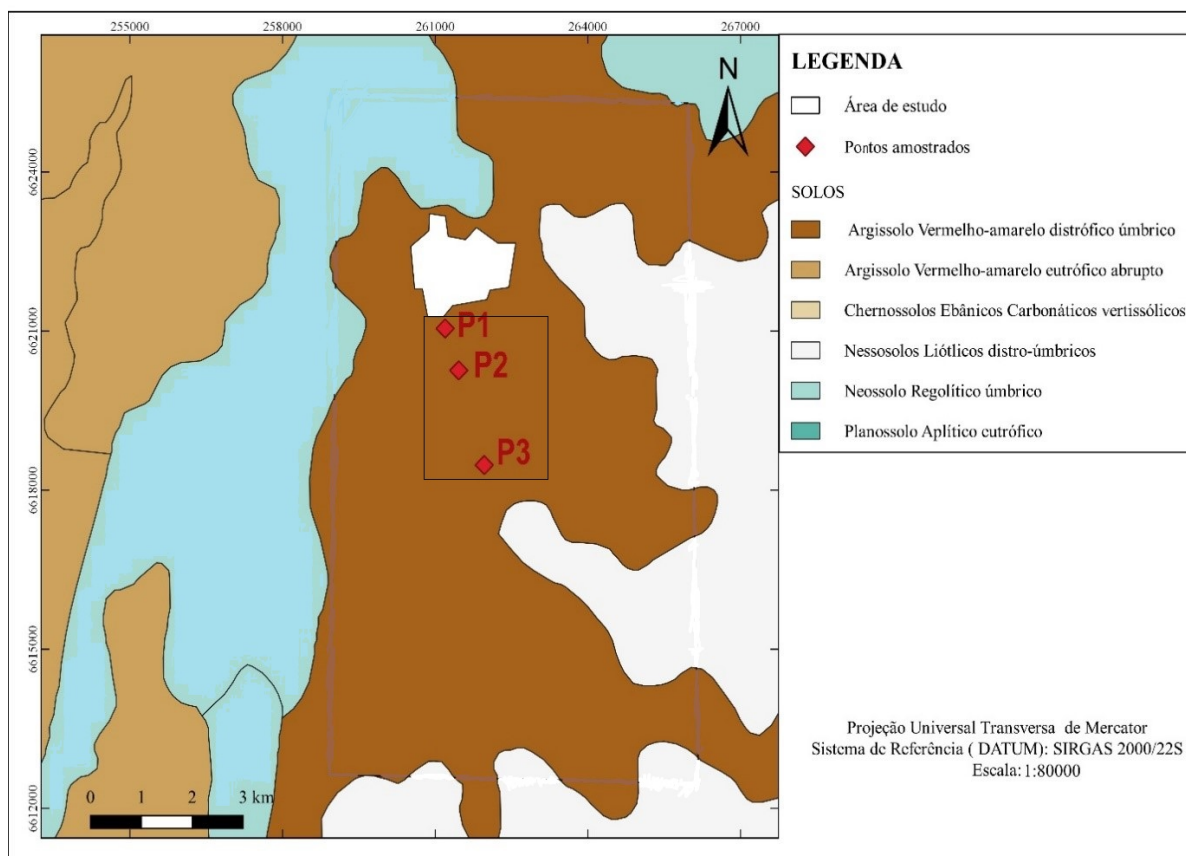
Fonte: Adaptado de <http://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>, acessado em 18/10/2019.

6.2 Contexto podológico

No município de Caçapava do Sul há seis tipos de solos distribuídos em sua área superficial (Figura 5), de acordo com a classificação da Embrapa (1999), sendo eles: argilossolo vermelho-amarelo distrófico úmbrico, argilossolo vermelho-amarelo eutrófico abrupto, chernossolo ebânicos carbonáticos vertissólicos, neossolos liótlícos distro-úmbricos, neossolo regolítico úmbrico e planossolo aplítico eutrófico.

A área de estudo está inserida na área de solo do tipo argilossolo vermelho-amarelo distrófico úmbrico o qual é medianamente profundo a profundo, drenagem moderada, horizonte B textural (o qual caracteriza a classe de solo), possui coloração vermelha a amarela, textura argilosa e com teores baixos de matéria orgânica (EMBRAPA, 1999).

Figura 5 – Mapa de solos do município de Caçapava do Sul, com os pontos amostrados plotados.



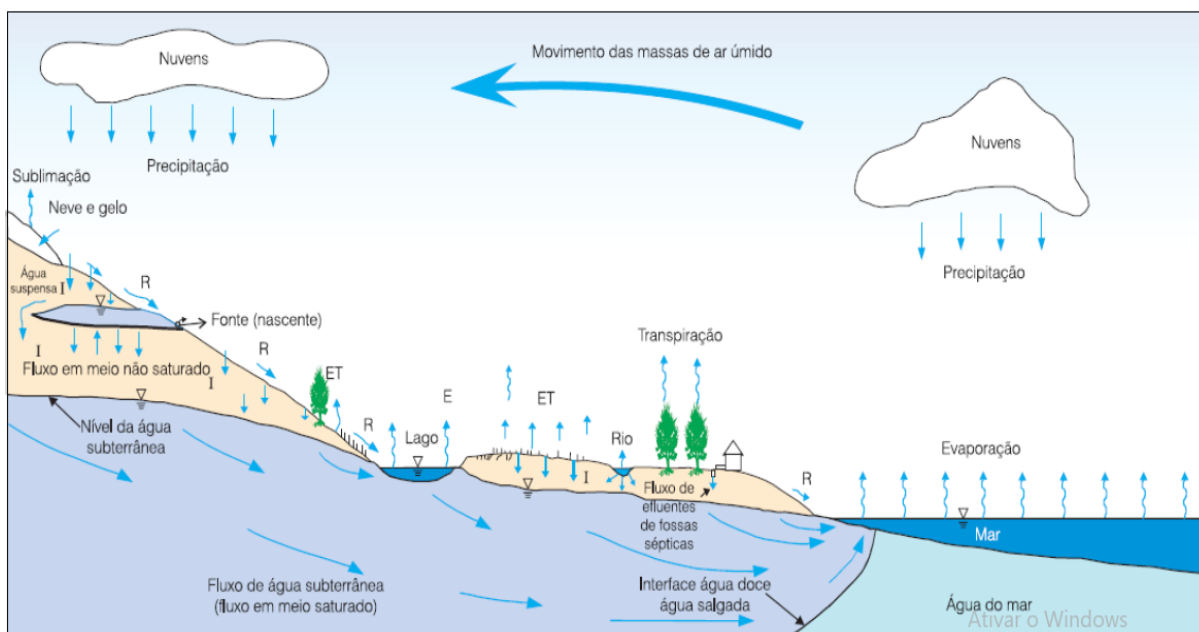
Fonte: Adaptado a partir de dados da Embrapa, 2019.

6.3 Ciclo hidrológico

A água contida no sistema terrestre está inserida em um fenômeno de circulação fechada, onde há a troca contínua de água na hidrosfera, entre a superfície da Terra e a atmosfera, causada, essencialmente, pela influência da energia solar, correlacionada com a gravidade e a ação do movimento de rotação terrestre. Desse modo, o ciclo hidrológico está intimamente relacionado com as transferências contínuas da água em seus três estados físicos, presentes naturalmente em nosso planeta (TUNDISI, 2003).

Este ciclo opera de diferentes maneiras dependendo do meio no qual a água se encontra. No solo e subsolo é controlado pela ação da gravidade, dependendo, também do tipo e densidade da vegetação. Na atmosfera e superfícies líquidas é controlado por elementos e fatores climáticos, como temperatura do ar, ventos, umidade e energia solar (CPRM, 2008) (Figura 6).

Figura 6 – Representação do Ciclo hidrológico: E = evaporação; ET = evapotranspiração; I = infiltração; R = escoamento superficial.



Fonte: Extraído de CPRM, 2008.

6.3.1 Precipitação

A precipitação ocorre quando a água meteórica chega à superfície da terra, em estado líquido ou sólido. Esse é um dos processos mais importantes do ciclo hi-

drológico, sendo a principal fonte de descargas dos rios e recarga do aquíferos. A medida do volume de água precipitada é realizada a partir de equipamentos chamados pluviômetros, sua media é dada por milímetros de chuva (mm) (CPRM, 2008).

As precipitações são separadas em três tipos, dependendo das condições de sua origem, são eles:

- Convectivas: quando possuem origem a partir do aquecimento das massas de ar próximas à superfície do solo (CPRM, 2008);
- Frontais ou Ciclônicas: são geradas a partir do contato de superfícies com massas de ar, as quais são chamadas de frentes de temperatura e umidade (CPRM, 2008);
- Orográficas ou de Relevô: São produzidas a partir de quedas de temperatura e condensação das massas de ar (CPRM, 2008).

6.4 Hidrogeologia

A hidrogeologia trata-se de estudos de águas subterrâneas em relação ao seu movimento, volume, distribuição e suas propriedades físicas e químicas em subsuperfície. Quase toda o volume dessa água tem origem no ciclo hidrológico, sendo que esse ciclo, em subsolo, é regido por ações da gravidade, porosidade e permeabilidade litológicas (CPRM, 2008).

As águas subterrâneas correspondem a 97,5% de todo o volume de água doce em estado líquido na Terra, com volume na ordem de 10,3 milhões km³, enquanto que rios e lagos representam um volume de 104 mil km³.

A qualidade química das águas superficiais está relacionada com a litologia em que está contida, sendo que os principais fatores que causam alteração neste tipo de água estão ligados com a mineralogia das rochas, grau de alteração dos minerais e os elementos químicos dissolvidos, a partir dos minerais, na água. As alterações podem ser de natureza: sódica, cálcica ou magnésiana, clorada, bicarbonatada ou sulfatada, entre outros (CPRM, 2008).

Na hidrogeologia, a área que é dedicada para estudos quanto a componentes químicos e físicos das águas superficiais e subsuperficiais é chamada de hidroquímica.

6.5 Hidroquímica

O estudo hidroquímico consiste em detectar e quantificar as características composicionais das águas, identificando seus constituintes e efeitos que eles podem causar. A análise dos elementos que a compõe torna possível estabelecer padrões de qualidade da água para seus diversos tipos de uso (CPRM, 2008).

6.5.1 Características físicas

As características físicas qualificam a água quanto aos seus aspectos estéticos, valores altos de alguns desses parâmetros podem provocar repugnância em seus consumidores. São características físicas: temperatura, cor, odor, sabor, turbidez, sólidos em suspensão, condutividade elétrica e salinidade (CPRM, 2008).

6.5.2 Características químicas

As características químicas da água são aquelas que precisam passar por procedimentos laboratoriais ou equipamentos para ter seus parâmetros analisados. São características químicas: pH, Eh, resíduo seco, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, acidez, dureza, demanda de oxigênio, carbono orgânico total e íons dissolvidos (CPRM, 2008).

6.5.3 Características microbiológicas

As características microbiológicas determinam se a água possui presença de bactérias, vírus e protozoários os quais, se presentes, podem ocasionar doenças ao homem. Para este parâmetro, em geral, é realizado duas análises: Coliformes Totais, o qual é realizado para saber se há ou não a presença de algum tipo de bacté-

ria do grupo coliforme; e *Escherichia Coli*, o qual, se presente, indica a contaminação fecal da água por animais de sangue quente (CPRM, 2008).

6.6 Classificação das águas doces conforme o Conama

Águas doces são as que possuem salinidade igual ou inferior a 0,5‰, possuem cinco classes de definição: Classe Especial; Classe 1; Classe 2; Classe 3 e Classe 4. Águas Salobras apresentam salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰, possuem quatro classes: Classe Especial; Classe 1; Classe 2 e Classe 3. Águas Salinas possuem salinidade igual ou superior a 30‰, sendo apresentadas em quatro classes: Classe Especial; Classe 1; Classe 2 e Classe 3.

Às águas destinadas ao consumo humano, segundo Resoluções nº 357/2005 no CONAMA, pertencem às águas doces nas classes: Classe Especial; Classe 1, Classe 2 e Classe 3, sendo que suas formas de tratamento para o abastecimento doméstico são:

- a) Classe Especial: sem prévia ou simples desinfecção;
- b) Classe 1: para o abastecimento para consumo humano, deve-se passar por um tratamento simplificado, o qual se faz através de clarificação por meio de filtração, desinfecção e correção de pH, quando for preciso;
- c) Classe 2: passando-se pelo tratamento convencional, realizada por clarificação com utilização de coagulação e floculação, posteriormente sendo feita a desinfecção e corrigindo o pH. Método geralmente utilizado nas estações de tratamento de águas das cidades;
- d) Classe 3: destinadas ao consumo humano após o tratamento convencional ou avançado, utilizando-se técnicas de remoção e/ou inativação de constituintes refratários aos processos convencionais de tratamento, sendo que estes podem trazer à água propriedades como: cor, odor, sabor, atividade tóxica ou patogênica.

7 MATERIAIS E MÉTODOS

Após verificação da área de estudo e decisão dos pontos a serem amostrados ao longo do arroio Fonte do Mato, as coletas de água foram feitas entre os meses de agosto e novembro de 2019. Foram escolhidos três locais para serem realizadas as coletas das amostras, sendo o ponto 1 localizado na nascente do arroio, o ponto 2 localizado a, aproximadamente, 2 km de distância do primeiro ponto, os dois primeiros pontos estão localizados dentro do perímetro urbano de Caçapava do Sul, o ponto 3 fica localizado na barragem da CORSAN, onde é realizado o tratamento e distribuição de água e está localizado a cerca de 1,5 km de distância do perímetro urbano (Figura 1).

Para realização das coletas foram utilizados frascos de 600 ml (Figura 7), os quais, anterior a atividade de campo, foram devidamente preparados e esterilizados no laboratório de química da UNIPAMPA. Durante as atividades de campo, após procedimentos de coleta das amostras, os frascos foram acondicionados em caixa térmica até a chegada nos laboratórios de química da UNIPAMPA e CORSAN, onde foram realizadas as análises físico-químicas das amostras.

Figura 7 – Procedimento de coleta de água no arroio Fonte do Mato.



Fonte: Autor.

7.1 Turbidez

A turbidez da água está relacionada com o conteúdo de materiais sólidos presentes em suspensão, o que reduz a sua transparência. Podendo ser causada devido à presença de algas, plânctons, matéria orgânica e diversas outras substâncias como zinco, ferro, manganês e areia, levados pelo processo de erosão natural ou por resíduos domésticos e industriais. No processo de tratamento de água, água com turbidez elevada, dependendo de sua natureza, desenvolvem flocos densos que decantam mais rapidamente do que água com baixa turbidez. Por outro lado, água com turbidez elevado pode dificultar o processo de desinfecção, pois os materiais em suspensão protegem os micro-organismos do contato direto com os desinfetantes (FUNASA, 2013).

Para a realização da medida de turbidez foi utilizado um turbidímetro com 50 ml de amostras de cada ponto, a unidade desse parâmetro é UNT (Unidades Nefelométrica de Turbidez). O procedimento para análise foi realizado no LATRAM na UNIPAMPA.

7.2 Condutividade elétrica (CE)

A capacidade de uma solução aquosa possui de conduzir corrente elétrica é chamada de condutividade elétrica. Para uma solução possuir esta característica depende da presença de íons, mobilidade, valência e da temperatura. Grande parte de soluções de ácidos, bases e sais inorgânicos são bons condutores. Em contrapartida, a maioria das moléculas de compostos orgânicos que não se decompõe em meio aquoso são maus condutores. Para se calcular a condutividade elétrica utilizou-se um condutivímetro de bancada, pertencente ao laboratório de química da UNIPAMPA, e sua medida é expressa em $\mu\text{S cm}^{-1}$ ou mS cm^{-1} . O resultado da medida obtida indicará o nível de mineralização da água e de variações nas concentrações de minerais dissolvidos. Os principais sais que favorecem a condutividade da água são os sais de sódio, potássio, cálcio, magnésio na forma de sulfatos, cloretos, carbonatos e bicarbonatos (PARRON et al., 2011).

7.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico, ou pH, representa um valor que caracteriza se uma substância é ácida, neutra ou alcalina, calculado a partir da concentração de íons de Hidrogênio (H^+). Os valores obtidos para o pH variam de 0 a 14, sendo que para substâncias ácidas são considerados os valores obtidos menores que 7, para substâncias alcalinas valores maiores que 7 e substâncias neutras com o pH igual a 7. Nas estações de tratamento de água busca-se chegar a um valor de pH próximo a 7, pois facilita o processo de floculação e controle da desinfecção (FUNASA, 2013).

Para se fazer a medição é utilizado um peagâmetro, o qual é composto por um eletrodo ligado a um potenciômetro. Este é um milivoltímetro que realiza a conversão do valor de potencial do eletrodo em unidades de pH (GARCEZ, 2004). O procedimento foi realizado no laboratório de química da UNIPAMPA.

7.4 Sólidos totais (ST)

É a medida de todo o conjunto das substâncias orgânicas e inorgânicas presentes na água, estas podendo estar em formas moleculares, ionizadas ou microgranulares, sendo expressa em $mg L^{-1}$ a medida da concentração de tais substâncias. O objetivo da aplicação desse método é resultar na qualidade estética da água e também indicar se há presença de contaminantes químicos. A proveniência dos ST se dá a partir de resíduos lançados de fontes domésticas, agrícolas, industriais e de processos de erosão e lixiviação. Os sólidos totais podem ser prejudiciais à vida aquática quando presente em altas concentrações (PARRON et al., 2011).

Para realização da análise de ST foram separados cadinhos para cada ponto amostrado, estes foram pesados em uma balada de precisão. Posteriormente, em cada cadinho, foi adicionado 50 ml de amostra de cada ponto e colocado em uma estufa para secagem com temperatura de $102 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. Após a secagem os cadinhos foram novamente pesados para obtenção do resultados. O procedimento foi executado no LATRAM na UNIPAMPA.

7.5 Oxigênio dissolvido (OD)

É um constituinte fundamental para o metabolismo dos microrganismos aeróbicos aquáticos, é vital para os seres vivos, principalmente os peixes, os quais, em geral, não sobrevivem em concentrações de OD abaixo de $4,0 \text{ mg L}^{-1}$. A água em contato com o ar, em temperatura ambiente, facilmente tende a ficar saturada em oxigênio. Plantas aquáticas ao realizarem fotossíntese aumentam a concentração de O_2 no ambiente aquático. A diminuição de OD na água ocorre quando há aumento na temperatura da água ou quando há ocorrência de eutrofização no corpo hídrico (PARRON et al., 2011).

Para realização da análise de OD foi utilizado o Método de Winkler, por iodometria, onde o aparecimento ou desaparecimento do iodo é utilizado como o parâmetro para realização da titulação e obtenção do resultado. O procedimento foi executado no laboratório de química da UNIPAMPA.

7.6 Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO)

A DBO é uma das análises mais importantes para se identificar o grau de poluição de um corpo hídrico, pois, a partir desse parâmetro, é obtido o teor de matéria orgânica, de maneira indireta, apresentando o potencial do consumo do oxigênio dissolvido, sendo que, quanto maiores os valores de DBO, mais poluído está o corpo hídrico (VON SPERLING, 2005).

A DBO é um indicador da quantidade de oxigênio consumido pelos microrganismos para que a matéria orgânica se estabilize na água, o valor da DBO é determinado levando-se em conta a diferença de concentração de OD em amostra de água durante um período de cinco dias, conservando a amostra em temperatura constante de 20°C (LIBÂNIO, 2010).

A determinação da DBO foi realizada através de diluição após incubação das amostras por cinco dias a temperatura constante de 20°C . O procedimento foi executado no laboratório de química da UNIPAMPA.

7.7 Fósforo total (FT)

A presença de fósforo é fundamental para o desenvolvimento dos organismos, sendo um dos principais nutrientes que limitam a produtividade orgânica de um corpo hídrico. A sua presença na água está ligada a processos naturais, tais como dissolução de rochas, lixiviação e percolação em solos e decomposição de material orgânico, e a atividades antrópicas, como descarga de esgotos, detergentes e resíduos industriais e agrícolas (PARRON et al., 2011).

A presença de fosfato pode estimular o desenvolvimento de micro e macro-organismos aquáticos fotossintéticos, os quais podem estimular os processos de eutrofização (PARRON et al., 2011).

Para realização da análise da quantidade de fósforo total nas amostras foi utilizado espectrometria UV-Visível, ajustando o comprimento da onda para este parâmetro. O procedimento foi executado no laboratório de química da UNIPAMPA.

7.8 Nitrato

O nitrato (NO_3^-) na maioria das vezes é encontrado em concentrações traços em águas superficiais, porém em águas subterrâneas pode atingir concentrações de até 5 mg L^{-1} , pois o nitrato possui uma grande capacidade de lixiviação. As plantas acabam absorvendo a maior parte do nitrogênio em sua forma inorgânica, como amônio e o nitrato. Porém com o uso intenso em culturas agrícolas de nitrogênio, presentes nos fertilizantes, ocorre a contaminação da água, sendo que, em alguns casos, podem atingir níveis em torno de 500 mg L^{-1} . Efluentes industriais também são poluidoras potenciais de nitratos, sendo que nesse caso ocorrem de maneira mais pontual. O excesso de nitrato na água pode ser tóxico para animais de sangue quente, pois poderá haver a transformação de nitrato (NO_3^-) para nitrito (NO_2^-) (PARRON et al., 2011).

Para realização da análise da quantidade de nitrato nas amostras foi utilizado espectrometria UV-Visível, ajustando o comprimento da onda para este parâmetro. O procedimento foi executado no laboratório de química da UNIPAMPA.

7.9 Coliformes totais (CT)

A classificação dos coliformes totais inclui as bactérias na forma de bastonetes gram-negativos, não esporogênicos, aeróbicos ou aeróbicos facultativos, que são aptos de fermentar a lactose, produzindo gases, em 24 a 48 horas a uma temperatura de 35 °C. Em torno de 20 espécies são conhecidas, entre elas estão bactérias oriundas do trato intestinal humano e de outros animais de sangue quente. Coliformes fecais fermentam a lactose, produzindo gás, a uma temperatura de 45,5 °C em 24 a 45 horas. No grupo dos coliformes fecais encontra-se três gêneros, sendo eles, *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, esses de bacilos gram-negativo, sendo que a estirpe de *Enterobacter* e *Klebsiella* são de origem não fecal. Dessa forma, *Escherichia Coli*, de origem fecal, é a mais conhecida, seu habitat é o trato gastrointestinal, é a indicadora de contaminação fecal (SILVA, 1997).

Para realização da análise de CT foi utilizado a Técnica dos Tubos Múltiplos, seguindo a metodologia do “*Standard Methods for the examination of water and wastewater*” (APHA, 2005), os procedimentos foram realizados no laboratório de química da UNIPAMPA e CORSAN.

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

8.1 Turbidez

Para o parâmetro de turbidez foram realizadas duas análises, uma na primeira semana de outubro e a outra na primeira semana de novembro de 2019. Os dados obtidos são apresentados no quadro 1, a seguir:

Quadro 1 – Valores de turbidez obtidos em outubro e novembro de 2019.

Turbidez (UNT)	Limite Conoma	Limite PRC
----------------	---------------	------------

Pontos	Out.	Nov.		
Ponto 1	1,86	4,54	40,0	5,0
Ponto 2	5,84	13,4		
Ponto 3	6,27	24,7		

Fonte: Autor.

De acordo com o CONAMA 357/2005, para se enquadrar nas águas classe 1 o limite estabelecido para turbidez é de 40 UNT, sendo assim, as três amostras no período dos dois meses de coleta estiveram abaixo do limite estabelecidos por essa Resolução.

Em questão de potabilidade, o limite estabelecido para o consumo humano para o parâmetro de turbidez é de 5,0 UNT, segundo PRC n° 5/2017, anexo XX. Sendo assim, somente o ponto 1, durante o período de coleta, esteve dentro do limite proposto, como mostra o quadro 1.

A turbidez é causada, geralmente pela presença de partículas em suspensão e coloides, provenientes de argila, material orgânico e inorgânico. Observa-se que há um aumento significativo dos valores obtidos no mês de novembro, o que pode ser resultado da água pluvial levando matéria orgânica e inorgânica ao leito do arroio, já que a coleta do mês de novembro foi realizada posterior a uma semana de grandes volumes de chuva.

8.2 Condutividade elétrica (CE)

Para a condutividade elétrica, a seguir, no quadro 2, os valores obtidos são apresentados.

Quadro 2 – Medidas obtidas de condutividade elétrica durante os meses de setembro a novembro de 2019.

Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)			
Pontos	Set.	Out.	Nov.
Ponto 1	243,8	258,0	237,3

Ponto 2	319,2	336,0	277,0
Ponto 3	130,1	135,2	113,0

Fonte: Autor.

Não há valores limites para condutividade elétrica na legislação brasileira. Valores de CE representam a composição mineral que estão presentes na água. Regiões com predominância de granitos e arenitos resultam em valores baixos para CE, com valores entre $5,0 \mu\text{S cm}^{-1}$ a $10,0 \mu\text{S cm}^{-1}$. Em contrapartida, regiões com predominância de argilas e material orgânico resultam em elevados índices de CE, com valores entre $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ a $1500,00 \mu\text{S cm}^{-1}$ (PARRON et al., 2011).

Segundo Gasparotto (2011), amostras que estão muito contaminadas por esgotos possuem valores de CE entre 100 a $10,000 \mu\text{S cm}^{-1}$ (GASPAROTTO, 2011). Seguindo essa lógica, as amostras dos pontos 1 e 2, as quais tiveram os maiores valores de CE registrados durante os meses de coleta, comprovam os estudos feitos, já que esses pontos estão localizados muito próximos a moradias que não possuem saneamento básico adequado.

8.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

As variações do parâmetro do pH nos pontos 1 a 3, durante as coletas nos meses de setembro a novembro, estão ilustradas no quadro 3 a seguir:

Quadro 3 – Medidas de pH obtidas nos pontos 1 a 3 durante os meses de setembro a novembro de 2019.

Potencial hidrogeniônico				Limite Co-nama	Limite PRC
Pontos	Set.	Out.	Nov.		
Ponto 1	6,2	6,2	6,32	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Ponto 2	7,1	6,8	6,58		
Ponto 3	6,9	6,6	6,1		

Fonte: Autor.

As representações acima mostram que não houve grande variação dos valores de pH durante os meses que foram realizadas as coletas, sendo que o maior va-

lor obtido foi de 7,1 no ponto 2 no mês de setembro, e o menor valor foi de 6,1 no ponto 3 no mês de novembro.

Os valores de pH obtidos neste trabalho estão dentro dos padrões estabelecidos de 6,0 a 9,0 pela Resolução n° 357/2005 do CONAMA e pela PRC n° 5/2017, anexo XX.

8.4 Sólidos totais (ST)

Os valores obtidos para o parâmetro de sólidos totais durante os meses de coleta são apresentados a seguir no quadro 4.

Quadro 4 – Valores de ST obtidos durante os meses de setembro e novembro de 2019.

Sólidos totais (mg L⁻¹)				Limite Conama
Pontos	Set.	Out.	Nov.	500,0
Ponto 1	44,5	52,1	136,0	
Ponto 2	366,3	438,8	932,7	
Ponto 3	292,0	586,2	1071,6	

Fonte: Autor.

Os resultados mostram que nos meses de setembro e novembro as amostras apresentaram os seus valores mais baixos e mais elevados, respectivamente. Os valores mais baixos de ST foram obtidos no ponto 1, na nascente do arroio, sendo que o menor valor foi de 44,5 mg L⁻¹, no mês de setembro. O valor de ST mais elevado foi no ponto 3, 1071,6 mg L⁻¹, no mês de novembro, sendo que os pontos 1 e 2 também obtiveram seus maiores valores, resultado da ação da água pluvial, escoando efluentes domésticos para o leito do arroio.

Na PRC n° 5/2017, anexo XX, não há um valor limite para o parâmetro de ST, já na Resolução n° 357/2005 do CONAMA há um limite de 500 mg L⁻¹ para águas doces, classe 1 e 2. Posto isto, observa-se que os pontos 2, no mês de novembro, e 3, nos meses de setembro e novembro, estão em desconformidade com os valores estabelecidos.

8.5 Oxigênio dissolvido (OD)

No quadro 5, a seguir, estão representados os valores obtidos para este parâmetro

Quadro 5 – Valores de OD obtidos entre os meses de setembro e novembro de 2019.

Oxigênio dissolvido (mg L ¹)				Limite Conama
Pontos	Set.	Out.	Nov.	6,0
Ponto 1	4,7	3,6	5,2	
Ponto 2	2,8	2,7	3,0	
Ponto 3	3,9	3,4	4,4	

Fonte: Autor.

Observa-se que o ponto 1, no mês de novembro, teve o maior índice de OD, 5,2 mg L⁻¹, já o ponto 2, em setembro, o menor valor, 2,7 mg L⁻¹.

O CONAMA (2005) estabelece que o limite de OD, para água doce, classe 1, não deve ser inferior a 6,0 mg L⁻¹, classe 2, não inferior a 5,0 mg L⁻¹ e classe 3, não inferior a 4,0 mg L⁻¹. Sendo assim, é visto que, para este parâmetro, somente uma amostra estava dentro dos padrões para classe 2, e duas dentro dos padrões para classe 3. As outras amostras apresentaram desconformidade com os limites impostos.

Os valores baixos de OD evidenciam altas concentrações de material orgânico no arroio, oriundos da poluição por, principalmente, efluentes domésticos. A baixa concentração de OD resulta em problemas referente a autodepuração, o qual é processo de recuperação natural do arroio, onde contaminantes orgânicos são neutralizados.

8.6 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Para o parâmetro de DBO, os resultados das análises são apresentados no quadro 6 a seguir.

Quadro 6 - Valores de DBO obtidos entre os meses de setembro e novembro de 2019.

DBO, após 5 dias a 20 °C (mg L ⁻¹)				Limite Cona- ma
Pontos	Set.	Out.	Nov.	3,0
Ponto 1	5,8	5,4	5,2	
Ponto 2	14,0	18,6	15,3	
Ponto 3	11,3	12,8	11,5	

Fonte: Autor.

A Resolução n° 357/2005 do CONAMA, estabelece um valor máximo de DBO para água doce, classe 1, de 3,0 mg L⁻¹, sendo assim, o ponto 1 é o único que está dentro dos padrões impostos.

A alta DBO é resultado das atividades humanas em torno do arroio, a qual, com os despejos de esgotos, aumentam a carga de material orgânico do curso de água. A partir dos valores encontrados de OD e DBO constata-se que há um grande consumo de oxigênio no arroio, assim, devendo passar por procedimentos de aeração (oxigenação) na estação de tratamento de água, para neutralização do conteúdo orgânico presente na água.

8.7 Fósforo total (FT)

O quadro 7, a seguir, apresentam os valores obtidos para o parâmetro de fósforo total.

Quadro 7 – Valores obtidos para FT nos meses de setembro a novembro de 2019.

Fósforo total (mg L ⁻¹)				Limite Cona- ma
Pontos	Set.	Out.	Nov.	0,10
Ponto 1	0,17	0,041	0,249	
Ponto 2	3,278	2,126	0,723	
Ponto 3	0,086	0,175	0,365	

Fonte: Autor.

A partir dos resultados, percebe-se a maior concentração de fósforo total no ponto 2, onde há o lançamento de efluentes domésticos diretamente no curso d'água.

A concentração permitida de FT em ambientes lóticos é limitado somente pelo CONAMA (2005), o qual estabelece um valor de 0,10 mg L⁻¹ como sendo o máximo permitido em águas doces, classe 1 e 2 e para classe 3, 0,15 mg L⁻¹. Nas amostras analisadas durante os 3 meses, somente os pontos 1, no mês de outubro, com 0,039 mg L⁻¹, e o ponto 3, em setembro, com 0,086 mg L⁻¹, estavam dentro dos padrões estabelecidos.

Os resultados obtidos, em sua maioria, estão muito acima dos valores permitidos, principalmente no ponto 2. Concentrações altas deste parâmetro resultam no processo de eutrofização, floração de cianobactérias, estas, produzem diversos elementos tóxicos, os quais podem trazer problemas de saúde para a comunidade.

8.8 Nitrato

Os resultados das análises realizadas para nitrato estão representados no quadro 8 a seguir.

Quadro 8 – Valores obtidos para nitrato entre os meses de setembro e novembro de 2019.

Nitrato (mg L ⁻¹)				Limite Conama
Pontos	Set.	Out.	Nov.	10,0
Ponto 1	1,665	1,825	1,556	
Ponto 2	0,628	0,672	1,129	
Ponto 3	0,229	0,113	0,135	

Fonte: Autor.

A concentração de nitrato permitida pelas resoluções do CONAMA (2005) e Ministério da Saúde (2017) é de 10,0 mg L⁻¹. Desta forma, todos os pontos amostrados durante os meses de setembro e novembro estão dentro dos padrões estabelecidos.

8.9 Coliformes totais (CT)

As análises de CT e *Escherichia Coli* foram realizadas, no mês de setembro, no laboratório da CORSAN. No mês de outubro e novembro, as análises para CT foram feitas no laboratório de química da UNIPAMPA. Os resultados são apresentados a seguir nos quadros 9 e 10.

Quadro 9 – Resultados para CT e *E. Coli* realizados na CORSAN em setembro de 2019.

CORSAN (setembro)				Limite Co- nama	Limite PRC
Pontos	Amostras	Coliformes totais	<i>E. Coli</i>		
Ponto 1	A	Positivo (+)	Positivo (+)	Ausência em amos- tras de 100 ml	Ausência em amos- tras de 100 ml
	B	Positivo (+)	Negativo (-)		
Ponto 2	A	Positivo (+)	Positivo (+)		
	B	Positivo (+)	Positivo (+)		
Ponto 3	A	Positivo (+)	Positivo (+)		
	B	Positivo (+)	Positivo (+)		

Fonte: Autor.

Quadro 10 – Resultados para CT realizados na UNIPAMPA em outubro e novembro de 2019.

Coliformes totais (UNIPAMPA)				Limite Co- nama	Limite PRC
Pontos	Amostras	Out.	Nov.		
Ponto 1	A	Positivo (+)	Positivo (+)	Ausência em amos- tras de 100 ml	Ausência em amos- tras de 100 ml
	B	Positivo (+)	Positivo (+)		
Ponto 2	A	Positivo (+)	Positivo (+)		
	B	Positivo (+)	Positivo (+)		
Ponto 3	A	Positivo (+)	Positivo (+)		
	B	Positivo (+)	Positivo (+)		

Fonte: Autor.

Nas análises de água realizadas na CORSAN, no mês de setembro, observa-se que em todas as amostras há presença de CT. Quanto a *E. Coli*, somente uma

amostra, ponto 1, obteve o resultado foi negativo, as outras amostras apresentam-se contaminadas.

Os resultados obtidos após análises realizadas no laboratório da UNIPAMPA, feitos nos meses de outubro e novembro, mostram que em todas as amostras há contaminação por CT.

Visto isto, os resultados estão em desconformidade com os requisitos estabelecidos pela PRC n° 5/2017, anexo XX e CONAMA (2005), o qual não é permitido a presença de CT e *E. Coli* em amostras de 100 ml para padrões de potabilidade.

A partir das análises realizadas, é constatada a contaminação por dejetos de animais de sangue quente (presença de *E. Coli*) e CT, o qual é resultado do escoamento de efluentes domésticos ao leito do arroio. O contato destes contaminantes com seres humanos pode acarretar no desenvolvimento de diversos problemas de saúde.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da média geral dos parâmetros estudados, as águas do Arroio Fonte do Mato se enquadram dentro da Classe I, de águas doces, do CONAMA, a qual, para o abastecimento para consumo humano, deverá passar por um tratamento simplificado.

Para padrões de potabilidade, com base nos dados obtidos, os parâmetros que estão em maiores desconformidades com os padrões estabelecidos pelas resoluções vigentes no Brasil são os de turbidez, sólidos totais, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total e coliformes totais, evidenciando altos índices de matéria orgânica lançados no corpo hídrico a partir, principalmente, de efluentes domésticos. A situação mais crítica se encontra no ponto 2, onde observa-se a precariedade do saneamento básico dos domicílios ao entorno do arroio.

A geologia local, em relação a contaminantes, não teve interferência significativa nos resultados obtidos para os parâmetros estudados neste trabalho, isso é evidenciado após as análises de condutividade elétrica, onde é mostrado que a contaminação é resultado de altas concentrações de material orgânico no corpo hídrico, já que a predominância litológica na região de coleta de amostras é composta por granito, sendo que a composição mineral é caracterizada como sendo quimicamente cálcio-alcálico, o que resultaria em valores baixos de CE.

Posto isto, com o intuito de diminuir o lançamento de efluentes domésticos no Arroio Fonte do Mato, caberia a implementação de programas de educação ambiental e conscientização juntamente com a comunidade. É necessária uma orientação adequada quanto à importância da preservação e manutenção da qualidade da água deste arroio, que é o principal abastecedor da cidade de Caçapava do Sul. Além disso, há a necessidade de desenvolver um sistema de saneamento básico na região, o qual garantirá um padrão de saúde para a população.

REFERÊNCIAS

American Public Health Association (APHA). (2005) **Multiple tube fermentation technique for members of the coliform group**. In: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th, Washington DC, 1082 p.

BIZZI, L. A., SCHOBENHAUS, C., VIDOTTI, R. M., & GONÇALVES, J. H. **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: texto, mapas e SIG**. CPRM: 2003.

BITENCOURT, M.F. Metamorfitos da Região de Caçapava do Sul, RS: Geologia e relações com o corpo granítico. In: Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, 1, 1983, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: **Sociedade Brasileira de Geologia**, 1983. p. 37-48.

BRAGA, B. **Introdução a Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 130p., 2002.

CHEMALE Jr., F. **Evolução Geológica do Escudo Sul-rio-grandense**. In: HOLZ, M.; DE ROS, L.F. Geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CIGO - UFRGS, V, 2000. p. 13-52.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **RESOLUÇÃO 357 de 17 de março de 2005. Classes das águas superficiais**. Publicada no DOU nº 053, p. 58-63, v.1, 2005.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. **Mapa de Domínios e Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil**. Sistema de Informações Geográficas de Disponibilidade Hídrica. Escala 1:2.500.000. Brasília, DF, 2007.

_____. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Escala 1:750.000. Porto Alegre – RS, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro

Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro. 412p., 1999.

FEITOSA, F. A.C. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. Ed. Rio de Janeiro – RJ: CPRM: LABHID, 2008.

FUNASA. **Saneamento Rural**, 2013. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/engenharia-de-saude-publica-2/saneamento-rural/>. Acesso em: 14/08/2019.

GARCEZ, L.N. **Manual de Procedimentos e Técnicas Laboratoriais Voltados para Análises de Águas e Esgotos Sanitários**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Laboratório de Saneamento, 2004.

GASPAROTTO, F. A. **Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP**. Universidade de São Paulo. Piracicaba, p. 90, 2011.

HARTMANN, L. A.; CHEMALE JR, F.; PHILIPP, R. P. **Evolução Geotectônica do Rio Grande do Sul no Pré-Cambriano**. In: IANUZZI, R.; FRANTZ, J. C. In: 50 anos de Geologia: Instituto de Geociências. Contribuições. Porto Alegre: Comunicação e Identidade, CIGO e IG-UFRGS, 399 p., 2007.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Censo**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14/08/2019.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3^a. ed. Campinas: Átomo, 494 p., 2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria de Consolidação nº 5**, de 28 de setembro de 2017, ANEXO XX.

NARDI, L.V.S.; BITENCOURT, MF. **Geologia, petrologia e geoquímica do Complexo Granítico de Caçapava do Sul, RS**. Revista Brasileira de Geociências, 19:153-169. 1989.

PARREIRA, P. S.; **Metodologia de EDXRF e Aplicações com um Sistema Portátil**. Universidade Estadual de Londrina. LFNATEC. Publicação Técnica do Laboratório de Física Nuclear Aplicada, v. 10, nº 1, 2006.

PAZ, A. R. **Hidrologia Aplicada**. Porto Alegre–RS: UERGS, 2004.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F; PEREIRA, C. M. **Manual de Procedimentos de Amostragem e Análise Físico-químicas de Água**. Documentos 323 / Embrapa Florestas, ISSN 1980-3958; 219. Embrapa Florestas. Colombo – PR, agosto. 2011.

PORCHER, Carlos Alfredo; LOPES, Ricardo da Cunha. **Cachoeira do Sul: folha SH. 22-YA**. 2000.

RIBEIRO, M.; BOCCHI, P. R.; FIGUEIREDO, P. M. **Geologia da Quadrícula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil**. Boletim DNPM DFPM, Porto Alegre, 1966, n. 127, 1966.

SARTORI, P.L.P., KAWASHITA, K., 1989. **Petrologia e geocronologia do stock granítico Santos Ferreira e sua correlação com o batólito de Caçapava do Sul, RS**. Acta Geológica Leopoldensia XII (29), 131-142 (IV Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, Brasil).

SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - SEMA. **Relatório anual sobre a situação dos recursos hídricos no estado do Rio Grande do Sul**. 2007.

SILVA, N. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. Valéria Christina Amstalden - São Paulo: Livraria Varela, 1997, p31.

SOARES, M.R.; CASAGRANDE, J.C. & MOUTA, E.R. **Effect of ionic strength and pH on cadmium adsorption by Brazilian variable charge soils**. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 40:2131-2151, 2009.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª Ed. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte, 2005.

TUNDISI, J. G. **Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado**. Ciência e Cultura, v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

UFRGS 1998. Mapeamento Geológico 1:25000: Projeto Caçapava do Sul. Porto Alegre: **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 1998.

ANEXO I

Quadro 11 - Precipitação dos meses de agosto a novembro de 2019.

Volume de chuva (mm) em Caçapava do Sul - RS				
Dias	ago.	set.	Out.	Nov
1	0,0	0,0	0,0	0,0 *
2	3,2	0,0 *	0,0 *	0,0
3	0,0	0,0	30,6	0,0
4	0,0	0,0	36,0	3,8
5	0,0	0,0	21,1	32,2
6	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,1	0,0	0,0
8	0,0	8,0	0,0	0,0
9	29,3	7,7	0,0	0,0
10	22,5	1,7	0,0	0,0
11	1,4	9,1	0,0	0,0
12	12,6	70,2	0,0	0,0
13	2,9	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	10,0
15	0,0	0,0	66,2	0,0
16	0,0	0,0	17,9	0,0
17	0,0	0,0	14,1	0,0
18	0,0	0,0	5,1	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	4,7	0,0
22	0,0	0,0	5,9	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,7	0,0	55,3	12,6

Volume de chuva (mm) em Caçapava do Sul - RS				
Dias	ago.	set.	Out.	Nov
28	0,0	0,0	16,1	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0	79,1	0,0
31	36,7		43,3	
Total do volume de chuva no mês				
	109,3	96,8	395,4	58,6

Fonte: Adaptado da Corsan, 2019.

Onde “*” representa os dias que foram realizadas as coletas.