

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**KAROLYNE ESTEL**

**QUALIDADE DAS ÁGUAS DO ARROIO DAS LAVRAS SOB INFLUÊNCIA DE  
ATIVIDADE MINEIRA**

**CAÇAPAVA DO SUL  
2017**

**KAROLYNE ESTEL**

**QUALIDADE DAS ÁGUAS DO ARROIO DAS LAVRAS SOB INFLUÊNCIA DE  
ATIVIDADE MINEIRA**

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

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Cristiane Heredia  
Gomes

Co-orientador: Msc. Guilherme Casanova

**CAÇAPAVA DO SUL  
2017**

**KAROLYNE ESTEL**

**QUALIDADE DAS ÁGUAS DO ARROIO DAS LAVRAS SOB INFLUÊNCIA DE  
ATIVIDADE MINEIRA**

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

Banca examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristiane Heredia Gomes  
Orientadora  
UNIPAMPA

---

Prof. Dr. Pedro Daniel da Cunha Kemerich  
UNIPAMPA

---

Prof. Dr. Maximilian Fries  
UNIPAMPA

## **RESUMO**

A problemática da água está cada vez mais evidente em todo mundo, revelando problemas tanto quanto a qualidade como quanto a quantidade. Sua disponibilidade está cada vez mais reduzida em função dos processos de poluição, causados por atividade mineira, que comprometem seu uso pela inadequação de sua qualidade. Este trabalho apresenta as análises em nove pontos da área de estudo com o objetivo de verificar a influência da atividade mineira nas águas do Arroio das Lavras. A amostragem foi constituída na coleta de nove amostras de água retiradas do arroio no município de Lavras do Sul. Foi também realizadas caracterizações biológicas como os coliformes totais, e caracterizações físico-químicas como pH, condutividade elétrica, condutividade, turbidez, Alcalinidade, dureza, raios-x e cloreto total. A avaliação dos resultados foi correlacionada com a resolução n º357/2005 do CONAMA e com a Portaria nº 2914/11 do Ministério da Saúde.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ouro, recursos hídricos, mineração.

## **ABSTRACT**

The problem of water is increasingly evident throughout the world, revealing problems as much as quality as quantity. Its availability is increasingly reduced due to pollution processes, caused by mining activity, which compromise its use by the inadequacy of its quality. This work presents the analyzes in nine points of the study area with the objective of verifying the influence of the mining activity in the waters of Arroio das Lavras. Samples were collected from nine water samples taken from the stream in the city of Lavras do Sul. Biological characterizations were also performed, such as total coliforms, and physical and chemical characterizations such as pH, electrical conductivity, conductivity, turbidity, Alkalinity, hardness, x-rays and total chloride. The evaluation of the results was correlated with Resolution No. 357/2005 of CONAMA and with Ordinance No. 2914/11 of the Ministry of Health.

**KEYWORDS:** Gold, water resources, mining.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01 – Mapa de localização da área de estudo.....	12
FIGURA 02 – Fluxograma de atividades/etapas do estudo.....	18
FIGURA 03 – Peagômetro, Hanna Instruments.....	20
FIGURA 04 – Condutímetro, CG 1800.....	21
FIGURA 05 – Turbidímetro.....	22
FIGURA 06 – Raios-X, Bruker.....	26
FIGURA 07 – Resultados dos Coliformes Totais.....	28
FIGURA 08 – Gráfico da variação dos valores de pH para as amostras de água estudadas.....	29
FIGURA 09 – Gráfico da variação dos valores de condutividade para as amostras de água estudadas.....	30
FIGURA 10 – Gráfico da variação dos valores de turbidez para as amostras de água estudadas.....	31
FIGURA 11 – Gráfico da variação dos valores de alcalinidade para as amostras de água estudadas.....	32
FIGURA 12 – Gráfico da variação dos valores de dureza para as amostras de água estudadas.....	33
FIGURA 14 – Gráfico da variação dos valores de dureza total versus alcalinidade total para as amostras de água estudadas.....	34
FIGURA 14 - Gráfica da variação dos valores de cloreto total para as amostras de água estudadas.....	37

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – Padrões de Qualidade de acordo com a Resolução CONAMA n°274/00.....	16
TABELA 02 – Tabela dos valores de EDXRF em mg L <sup>-1</sup> para os elementos observados nas amostras de água analisadas.....	35
TABELA 03 – Correlação de Pearson para todos os elementos obtidos.....	36

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>09</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
2.1 Objetivos Gerais.....	11
2.2 Objetivos Específicos.....	11
2.3 Justificativa.....	11
<b>3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>12</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
4.1 Qualidade da água.....	13
4.2 Legislação pertinente.....	14
4.3 Padrões de qualidade da água.....	17
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>18</b>
5.1 Revisão Bibliográfica.....	18
5.2 Trabalho de Campo.....	19
5.3 Método de Análises Biológicas.....	19
5.3.1 <i>Coliformes Totais</i> .....	19
5.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	20
5.4.1 <i>Potencial Hidrogeniônico - pH</i> .....	20
5.4.2 <i>Condutividade</i> .....	20
5.4.3 <i>Turbidez</i> .....	22
5.4.4 <i>Alcalinidade</i> .....	23
5.4.5 <i>Dureza</i> .....	24
5.4.6 <i>Raio-X</i> .....	24
5.4.7 <i>Cloretos Totais</i> .....	26
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>27</b>
6.1 ANÁLISES BIOLÓGICAS.....	27
6.1.1 <i>Coliformes Totais</i> .....	27
6.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	28
6.2.1 <i>Potencial Hidrogeniônico</i> .....	28
6.2.2 <i>Condutividade</i> .....	29
6.2.3 <i>Turbidez</i> .....	30
6.2.4 <i>Alcalinidade</i> .....	31

6.2.5 Dureza.....	32
6.2.6 Raios-X.....	34
6.2.7 Cloretos Totais.....	36
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>37</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com alguns dados obtidos através do IBGE, o município de Lavras do Sul se encontra na região Sudoeste do estado do Rio Grande do Sul. Com cerca de aproximadamente 2.601 km<sup>2</sup> de território, situado em uma das divisas do Escudo sul rio-grandense. Segundo o último censo realizado, a população é estimada em 7.820 habitantes, sendo que a maior parte deles se encontra na zona rural do município, este fato ocorre pelo motivo de que Lavras do Sul adquire sua economia através da agropecuária.

Lavras do Sul se formou devido a um acampamento mineiro que estava instalado nas margens do Rio Camaquã. Essas pessoas que lá se encontravam, estavam procurando pepitas de ouro depositadas no leito do rio. Antes de ser formado este acampamento, já existiam registros da existência de ouro na região, onde hoje é o município, pois esta mesma área já havia sido explorada pelos portugueses e espanhóis (IBGE, 2016).

Inicialmente o território onde fica situado Lavras do Sul pertenceu ao município de Rio Grande e também ao município de Rio Pardo, quando ainda a província de São Pedro havia apenas quatro municípios eram eles Santo Antônio da Patrulha, Rio Grande, Rio Pardo e Porto Alegre; Depois ela fez parte do território de nossa Senhora da Conceição de Cachoeira, com o passar dos anos o território passou a fazer parte do território de Caçapava do Sul. Em 9 de maio de 1882 foi elevada à categoria de Vila e começou a se chamar Santo Antônio das Lavras sendo formada nos territórios de Caçapava do Sul e Bagé. Em 1938 foi elevada à categoria de cidade e ficou denominada de Lavras do Sul (IBGE, 2016).

Na cidade de Lavras do Sul é encontrado depósitos de minerais provenientes de formações vulcânicas e sedimentares, como cobre, ouro, zinco, prata e chumbo, ficando localizada na região do estado de maior concentração de minérios. Grande parte desses minérios já foi extraída, e a maioria das minas da região está esgotada, mas existe indícios de que haja minérios no subsolo (PANORAMA LAVRENSE, 2009).

A primeira atividade mineira de ouro no distrito de Lavras do Sul que se tem datada oficialmente é do fim do século XIX (GRAZIA; PESTANA, 2005). Inicialmente o ouro era explorado nos aluviões, do leito do arroio Camaquã das Lavras e seus afluentes, mas foi só no ano de 1845, que a empresa Gold Mining Company iniciou a exploração dos depósitos auríferos (FRIZZO, 2002).

Entre a segunda metade do século XIX e a primeira metade do século XX, várias empresas estrangeiras começaram a exploração de ouro no município, com destaque para a Companhia Lape, a Tahoume Companhia Belga e a Gold Field Mining Company. Mas as explorações não saíram como eles haviam planejado devido a deficiência de tecnologia da época (MINERAR, 1998).

Com o passar dos anos, as tecnologias foram avançando e com isso, a Companhia Riograndense de Mineração (CRM) retomou seus trabalhos no município de Lavras do Sul. Com a volta da CRM e o alto valor do ouro naquela época, as atividades de exploração da região retornaram em massa.

As águas superficiais se formam a partir das precipitações que não penetram no solo, assim ficando acumuladas, formando rios, riachos, lagoas e córregos. É de extrema importância o acompanhamento da qualidade das águas superficiais, para que se possa conhecer a quantidade e qualidade disponível para a gestão e planejamento dos recursos hídricos (ANA, 2017).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo principal, caracterizar a qualidade da água do Arroio Lavras do Sul - RS.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar as características biológicas e físico-químicas da água superficial.
- Correlacionar os resultados com os parâmetros para água superficial segundo a resolução nº 357/2005 do CONAMA.

### **2.3 JUSTIFICATIVA**

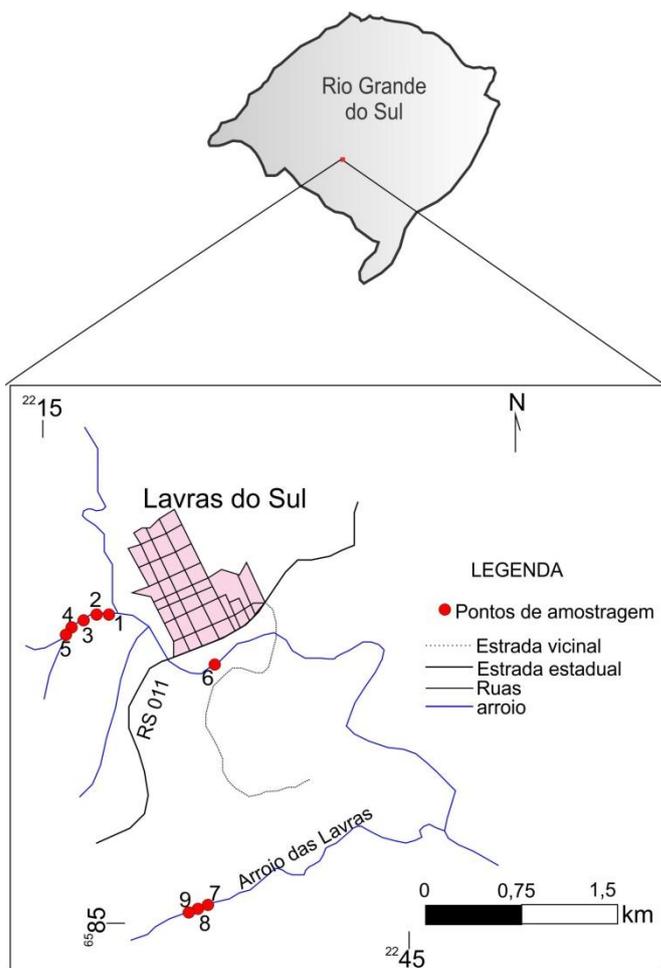
Embora já se tenha chegado ao fim da exploração de ouro e minerais no município de Lavras do Sul, pode-se ainda encontrar resquícios dos mesmos em solos e águas da região. Sabe-se que existem políticas para o tratamento dos rejeitos que se é retirado das minas, porém em épocas passadas essa política não era cumprida.

Consequentemente, nos dias de hoje ainda é feito estudos destas áreas, para mostrar que existe essa contaminação dos recursos hídricos e do solo, e com eles prevenir que estes mesmos problemas aconteçam em outras áreas de exploração.

### 3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Lavras do Sul se localiza na região sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, com latitude  $-30.814223$  e longitude  $-53.8963577$  (Figura 01). O município está situado a 324 km a sudoeste da capital do estado Porto Alegre, ficando entre os municípios de Caçapava do Sul e Bagé, possui acesso pelas rodovias BR-290, BR-392 e RS-357. O acesso a partir de Porto Alegre, é realizado pela BR-290, que se estende na direção E-W no Estado do Rio Grande do Sul, contemplando aproximadamente 250 km até o entroncamento desta com a BR-392, seguindo por 31 km até o município de Caçapava do Sul. A partir deste município se percorre pela RS-357, no sentido sudoeste, por mais 50 km até Lavras do Sul.

FIGURA 01- Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Autor do trabalho

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Qualidade da água

Conceituar a qualidade da água é bem mais complexo do que a simples caracterização da água pela sua fórmula molecular. Essa complexidade se dá pelo fato da água conter propriedades de solvente e uma capacidade de conduzir partículas, incorporando muitas impurezas acumuladas que vão definir a qualidade água (VON SPERLING, 2005).

Existem muitos elementos e muitas substâncias químicas que estão dissolvidas na água causado pelo intemperismo natural das rochas, que acontece devido ao fluxo de água que dissolve os minerais e conduz os íons dissolvidos para os lagos e rios. Os seres humanos contribuem com substâncias solúveis de mineração, despejos de esgotos e atividades industriais (EMBRAPA, 2011).

A qualidade da água acontece pela atividade do homem e por fenômenos naturais. Von Sperling (2005) nos diz que a qualidade da água é dada em função das condições naturais do ambiente e do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica.

De acordo com RICHTER (2009), se calcula que 1.360.000 milhões de metro cúbico de água são encontrados na natureza, nos seus três estados físicos, gasoso, sólido e líquido. Porém, somente 0,62% podem ser aproveitados para as atividades mineiras.

Não existe água completamente pura na natureza, e para que ela possa ser consumida, os seres humanos a deixam potável, ou seja, livre de contaminantes orgânicos e inorgânicos e de bactérias patogênicas; ficando agradável para o consumo, com aspecto atraente. (RICHTER, 2009).

Para a avaliação da qualidade da água destinada a humanos ou para indústrias, tratada ou *in natura*, se usa parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos (RICHTER, 2009). Os parâmetros utilizados, se mantidos dentro dos valores estipulados, viabilizam determinados usos aos quais o corpo de água é destinado pela classificação das águas de território nacional estabelecida pela resolução CONAMA nº 357.

## 4.2 Legislação pertinente

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), o modelo francês destaca-se como inspirador para o processo de construção de legislação no estado e país, devido a sua vasta experiência de sucesso na recuperação ambiental e gestão de recursos Hídricos em andamento no mundo.

A Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Esta lei tem como objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendendo os seguintes princípios:

- Ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;

- Racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;
- Planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;
- Proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;
- Controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;
- Incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;

- Acompanhamento do estado da qualidade ambiental;

- Recuperação de áreas degradadas;

- Proteção de áreas ameaçadas de degradação;

- Educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.

A estrutura funcional e hierárquica da PNMA é apresentada no Decreto Federal nº 99.274, de 6 de junho de 1990, que regulamenta a Lei Federal nº 6.938, conforme seu Art.3º:

- O Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), constituído pelos órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e pelas fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, tem a seguinte estrutura:

•Órgão Superior: o Conselho de Governo (com a função de assessorar o Presidente da República, na formulação da política nacional e nas diretrizes governamentais para o meio ambiente e recursos renováveis, conforme a lei federal nº 7.804/89);

•Órgão Consultivo e Deliberativo: o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), (com a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho do Governo, diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à qualidade de vida, conforme Art. 6º da lei Federal nº 6.938);

•Órgão Central: a Secretaria do Meio Ambiente da Presidência da República (Semam), (com a finalidade de planejar, supervisionar, coordenar e controlar, como órgão federal, a política nacional e as diretrizes governamentais fixadas para o meio ambiente, conforme Art. 6º da lei Federal nº 6.938);

•Órgãos Executores: o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (com a finalidade de executar, fazer executar, como órgão federal, a política e diretrizes governamentais fixadas para o meio ambiente, conforme Art. 6º da lei Federal nº 6.938);

•Órgãos Seccionais: os órgãos ou entidades da Administração Pública Federal direta e indireta, as fundações instituídas pelo Poder Público cujas atividades estejam associadas às de proteção da qualidade ambiental ou àquelas de disciplinamento do uso de recursos ambientais, bem assim os órgãos e entidades estaduais responsáveis pela execução de programas e projetos e pelo controle e fiscalização de atividades capazes de provocar a degradação ambiental; e

•Órgãos Locais: os órgãos ou entidades municipais responsáveis pelo controle e fiscalização das atividades referidas no inciso anterior, nas suas respectivas jurisdições.

A Lei Federal nº 9.984, de 17 de julho de 2000, cria a Agência Nacional de Águas (ANA), que tem como finalidade implementar a Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Esta lei estabelece regras para atuação, estrutura administrativa e fontes de recursos da ANA.

A Portaria MS nº 2914/2011 trata dos procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para que possa ser consumida por humanos e de seu padrão para se tornar potável.

A Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000, do CONAMA define os critérios de balneabilidade das águas brasileiras, classificando-as como próprias e impróprias para o contato primário. As águas classificadas como próprias são divididas em três categorias: águas excelentes, águas muito boas e águas satisfatórias. A Tabela 1 mostra os padrões de qualidade especificados por esta Resolução.

TABELA 01 – Padrões de Qualidade de acordo com a Resolução CONAMA nº274/00

PARÂMETRO	VALOR	
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)*	Águas Excelentes	250
	Águas Muito Boas	500
	Águas Satisfatórias	1000
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)*	Águas Excelentes	200
	Águas Muito Boas	400
	Águas Satisfatórias	800
pH	6 a 9	

Fonte: CONAMA nº 274/00.

A Resolução CONAMA N°357/05 dispõe sobre a classificação dos corpos d'água, sobre as diretrizes do enquadramento e sobre os padrões de lançamento de efluentes nos corpos d'água. Para as águas doces, essa Resolução estabelece 5 classes de uso sendo elas: Classe Especial e Classes I, II, III e IV. Para cada classe foram estipulados valores máximos de parâmetros e condições que devem ser respeitadas, para a proteção da qualidade da água e garantia dos usos previstos, entre eles, o abastecimento, a balneabilidade, a recreação, o equilíbrio aquático, a dessedentação de animais, a irrigação, a aquicultura, a navegação entre outros.

De acordo com a Resolução nº 357/05 do CONAMA, as águas enquadradas como Classe I são destinadas aos seguintes usos:

- Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- À proteção das comunidades aquáticas;
- À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- À proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Para águas de Classe II, a Resolução nº357/05 do CONAMA destina os seguintes usos:

- Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- À proteção das comunidades aquáticas;
- À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
- À aquicultura e à atividade de pesca.

Para a Classe III, a Resolução nº357/05 do CONAMA destina as águas para:

- Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- À pesca amadora;
- À recreação de contato secundário; e
- À dessedentação de animais.

Para a Classe IV, a Resolução nº357/05 do CONAMA destina as águas para:

- Navegação; e
- Harmonia paisagística.

A Lei Federal nº 9.795, de 27 de abril de 1999, dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de educação Ambiental (Brasil, 1999). Esta lei mostra que há de fato uma preocupação da nação para com a educação de todos, no sentido de cuidar da água, solo, ar e biota da terra em que se vive. Entendem-se por educação ambiental, segundo esta lei, todos os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades e atitudes voltadas para a conservação do meio ambiente (Brasil, 1999).

### **4.3 Padrões de qualidade da água**

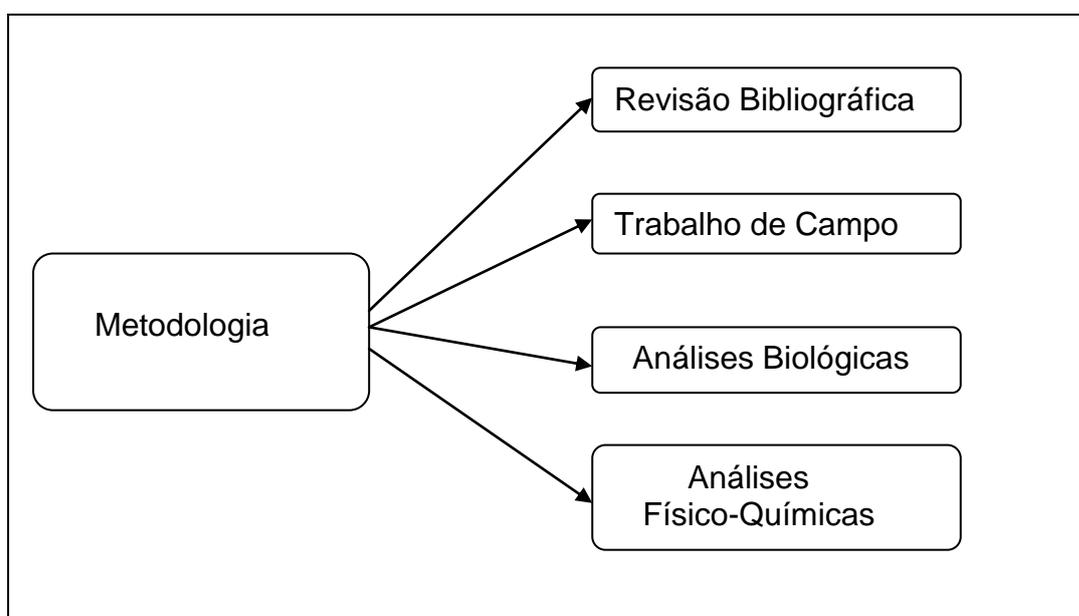
A qualidade da água é avaliada de acordo com suas características químicas, físicas e biológicas, denominadas parâmetros de qualidade da água. Frequentemente, esses parâmetros são representados como concentrações de algumas substâncias presentes na água (BRAGA, 2005). Determinar os valores

desses parâmetros é essencial para avaliar a água e caracterizá-la frente ao uso a que ela se destina.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

Para que os objetivos sejam cumpridos, neste estudo a metodologia foi dividida em quatro etapas (Figura 02) para uma melhor compreensão. A primeira etapa apresenta a revisão bibliográfica, a segunda etapa trata do trabalho de campo. Já a terceira etapa é a realização das análises biológicas e por último, a quarta etapa são as análises físico-químicas, ambas foram realizadas no Laboratório de Química da Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul.

FIGURA 02: Fluxograma de atividades/etapas do estudo.



Fonte: Autor do Trabalho.

### 5.1 Revisão Bibliográfica

Consiste na revisão de bibliografias anteriores, associadas à área de estudo, através da utilização de materiais já elaborados como artigos científicos, monografias, dissertações, teses, livros e mapas, com o intuito de obter uma base teórica sobre conceitos, metodologia, técnicas, geologia local e regional. A partir do

levantamento bibliográfico é possível estabelecer o caminho a se seguir para que o trabalho seja elaborado e executado da melhor maneira possível.

## **5.2 Trabalho de Campo**

No trabalho de campo foi realizada coleta de amostras de água do arroio das Lavras do Sul para o estudo. Para isso foram instituídos 9 pontos de coleta representativos da área urbana e seu entorno. Os pontos de coleta das amostras de água de 1 a 5 são da Praia do Paredão (Prainha), a amostra de água do ponto 6 foi coletada na ponte que se localiza na rua Coriolano Mesa e as amostras de águas do ponto 7 ao 9 foram coletados da estrada vicinal do município. Vale ressaltar, que as litologias observadas são granitos na Prainha e arenitos na estrada vicinal.

Para a coleta das amostras utilizou-se nove garrafas Pet de dois litros cada (Figura 03). Assim, cada garrafa foi mergulhada até aproximadamente dez centímetros de profundidade para se evitar a oxigenação da mesma e/ou material fino em suspensão.

## **5.3 Método das Análises Biológicas**

Foram realizadas análises biológicas - Coliformes totais para uma possível verificação da presença de microorganismos.

### **5.3.1 Coliformes Totais**

Pertencem a um grupo de bactérias que não causam doenças, sendo encontrados no interior do intestino de mamíferos até mesmo os dos homens. O grupo de coliformes indica a contaminação fecal do meio. Todas as bactérias coliformes são gram-negativas manchadas, de hastes não esporuladas, podendo ser ligadas a fezes de animais de sangue quente e solo (FUNASA, 2009).

Para a identificação dos coliformes totais, foi utilizado o kit Colitag, usando – se 9 tubos de ensaio com 10 ml das amostras, sendo um tubo para cada ponto de coleta. Após preparar os 10 ml, foi pesado 0,1g do Colitag e colocado em cada tubo. Após esse procedimento, os tubos foram colocados na estufa aquecida a 35°C por 24 horas. Após essas 24 horas as amostras ficarem com uma coloração amarela, significa que o teste deu positivo para os coliformes totais. Esse procedimento foi realizado em duplicata para se obter um melhor resultado.

## 5.4 Método das Análises Físico-químicas

Foram realizadas análises qualitativas e quantitativas para identificação de compostos químicos nas amostras obtidas do Arroio da Lavras, identificando possíveis fontes de contaminação. Para tanto, foram realizadas análises de pH, Condutividade elétrica, Turbidez, Alcalinidade Total e Dureza Total.

### 5.4.1 Potencial Hidrogeniônico - pH

O pH (potencial hidrogeniônico) é a quantidade de prótons H<sup>+</sup>, e informa a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução. Se o valor for igual a 7 significa que o meio é neutro, se o resultado for menor que 7 dizemos que o meio é ácido e se o resultado for maior que 7 dizemos que a solução é alcalina.

O pH trata-se de um parâmetro muito importante em ambientes aquáticos, podendo ser a causa de fenômenos químicos e biológicos, além de possuir efeito sobre o metabolismo e os processos fisiológicos dos peixes (ARANA, 1996).

Para fazer a medição do pH foi utilizado um Peagômetro de marca Hanna Instruments.

O pH por definição mede a atividade do hidrogênio pela concentração dos íons H<sup>+</sup>, como apresentado na equação 1:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] \quad (\text{Eq. 1})$$

FIGURA 03 - Peagômetro, Hanna Instruments.



Fonte: Autor do Trabalho.

### 5.4.2 Condutividade elétrica

A condutividade da água indica a facilidade ou a dificuldade da passagem de eletricidade pela água. Compostos orgânicos ou inorgânicos contribuem ou

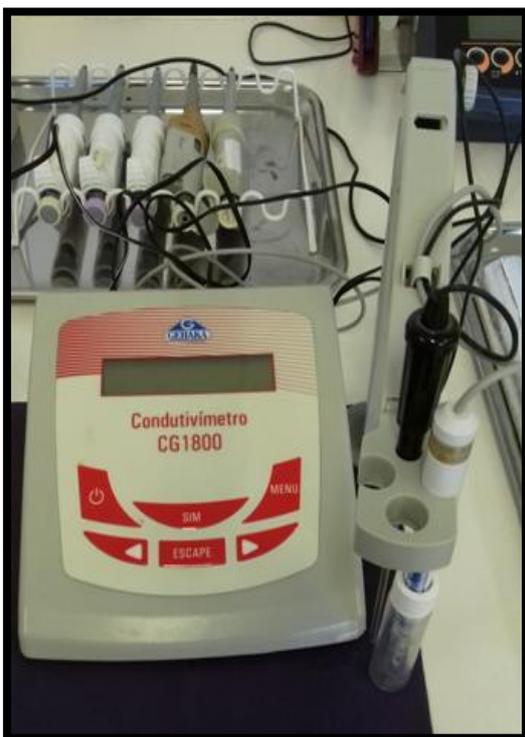
interferem para a condutividade, dependendo da sua concentração presente na solução.

É a medida da habilidade em conduzir corrente elétrica. Diferentes íons variam, mas em geral, a maior concentração de íons na água natural, indica maior condutividade. Pode-se utilizar o parâmetro da condutividade para obter uma noção da quantidade de sais na água, estando diretamente ligada à quantidade e sólidos dissolvidos totais (MACHADO, 2006).

A condutividade elétrica de uma solução é indicada na maioria das vezes por sólidos dissolvidos na água, os que se destacam são os compostos iônicos e os catiônicos. Os valores da condutividade informam a quantidade de carga mineral presente na água associadas a geologia local ou regional.

Para a medição da condutividade elétrica foi utilizado o equipamento de bancada Condutivímetro da marca GEHAKA. Assim, 50 ml de cada amostra foram reservados para este fim.

FIGURA 04 - Condutivímetro, CG 1800.



**Fonte:** Autor do Trabalho.

### 5.4.3 Turbidez

A medida da dificuldade que um feixe de luz tem em atravessar uma certa quantidade de água é denominada de turbidez. A causa disso são partículas de matérias sólidas em suspensão. A turbidez é medida por um turbidímetro, comparando o espelhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra com o espelhamento de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão (FUNASA, 2009).

Quanto maior for o valor de espelhamento maior será a turbidez. A unidade dos valores é em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT). A cor da água interfere negativamente na medida da turbidez devido à sua propriedade de absorver a luz (FUNASA, 2009).

A turbidez da água é um parâmetro que está associado a ausência de limpidez. Ela ainda é definida pela presença de material coloidal em suspensão, sendo medida através de turbidímetro de bancada ou portátil. Neste estudo foi utilizado o aparelho de bancada (figura 06), É feita a realização da calibração com os padrões previamente a introdução da amostra. Após a estabilização do equipamento é realizada a leitura do valor. Em seguida, o frasco deve ser lavado com água destilada para proceder-se com a próxima amostra.

FIGURA 05 - Turbidímetro.



Fonte: Autor do trabalho.

#### 5.4.4 Alcalinidade Total

De acordo com Esteves (1988), a alcalinidade total representa a capacidade que um meio aquoso tem de neutralizar ácidos, e isso depende de alguns compostos, como carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. A alcalinidade aumenta o pH e assim a amônia se torna mais tóxica com o aumento da alcalinidade.

A alcalinidade assim como a dureza são relativamente estáveis, porém podem mudar com o tempo, geralmente semanas ou meses, isso vai depender do valor do pH e do conteúdo mineral da água ou do solo (WURTS E DURBOROW, 1992).

De acordo com a Funasa (2009), normalmente as águas superficiais possuem alcalinidade natural, e quando a mesma é muito baixa ou até mesmo inexistente, há a necessidade de se provocar uma alcalinidade artificial com aplicação de substâncias alcalinas, tais como, carbonato de sódio ou cal hidratada para que se alcance o objetivo.

Quando a alcalinidade é muito elevada, acidifica-se a água até que se obtenha um teor de alcalinidade suficiente para reagir com o sulfato de alumínio (FUNASA, 2009).

Alcalinidade possui capacidade de tamponamento. A água pode ter baixa alcalinidade e alto valor de pH ou vice-versa. A alcalinidade é possível relacionar com a dureza, sendo que os cátions mais comuns atrelados aos ânions causadores da alcalinidade são os de cálcio e o de magnésio, que também estão relacionados com a dureza da água.

O método utilizado para a análise da alcalinidade é a titulação. Antes de qualquer procedimento se faz a filtração de todas as amostras para que não tenha nenhuma interferência. A partir disso é preparado uma proveta com ácido sulfúrico 0,012N. Em um Erlenmeyer de 250 ml é adicionado 100 ml da amostra e acrescentando três gotas de indicador misto. Com tudo pronto começa a titulação. A coloração que estava incolor antes da titulação deve ficar levemente azulada. Todo o procedimento de titulação foi realizado em duplicata.

A alcalinidade total é dada pela equação:

$$mgCaCO_3 = \frac{V_{H_2SO_4} \cdot N_{H_2SO_4} \cdot 50.000}{V_{amostra}} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde,

$V_{H_2SO_4}$  = Volume (mL) de ácido sulfúrico gasto na titulação da amostra.

$N_{H_2SO_4}$  = Normalidade da solução de ácido sulfúrico usada.

V amostra = Volume (mL) da amostra.

#### **5.4.5 Dureza Total**

Dureza total é a concentração de todos os cátions divalentes na água, sendo o cálcio e o magnésio os mais encontrados com facilidade em praticamente todos os sistemas de água doce (BOYD E EGNA, 1997).

A dureza tem influência no crescimento de fitoplâncton na água e também em vários processos biológicos em peixes como construção óssea e coagulação sanguínea (FLIK E VERBOST, 1995).

Se definida a dureza total como a soma da concentração de íons de cálcio e íons de magnésio, que é expresso em  $\text{CaCO}_3\text{mg/L}$ . Conforme mencionado anteriormente este parâmetro tem relação com a alcalinidade.

Para diminuir a dureza, pode-se submeter a água a processos por enfraquecimento por precipitação ou de desmineralização por troca iônica (RICHTER, 2009).

A análise da dureza é também obtida por titulação. Antes de qualquer procedimento se faz a filtração de todas as amostras para que não tenha nenhuma interferência. Depois da filtração pronta é preparada uma proveta com EDTA 0,01M. Em um Erlenmeyer de 250 ml é adicionado 100 ml de amostra, após colocar 1ml da solução tampão e 0,1 g de indicador Negro de Ericromo-I. Deve - se titular até a cor que é vermelha passar para azul. Todo o procedimento de titulação foi realizado em duplicata. A Equação 2 indica o cálculo de determinação de dureza total utilizado:

$$\text{mgCaCO}_3 / \text{L} = \frac{N_{\text{EDTA}} \cdot V_{\text{EDTA}} \cdot 50.000}{V_{\text{amostra}}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde,

$V_{\text{EDTA}}$  = Volume (mL) de solução de EDTA-Na gasto na titulação da amostra.

$N_{\text{EDTA}}$  = Normalidade esperada da solução de

fc = fator de correção volumétrica da solução de EDTA-Na.

$V_{\text{amostra}}$  = Volume (mL) da amostra.

#### **5.4.6 Fluorescência Raios-X por Energia Dispersiva (EDXRF)**

A Fluorescência de Raios-x por Energia Dispersiva trata-se de uma análise rápida, não destrutiva e portátil, possuindo um baixo custo operacional quando comparada com análises de Espectrômetro de massas com fonte de Plasma

Induzido (ICP). Esta análise pode ser empregada em qualquer tipo de material e em várias dimensões, permitindo a análise de vários elementos simultaneamente. Algumas das vantagens é a rapidez e a simplicidade com o qual o método é realizado, sua confiabilidade dos resultados (WASTOWSKI et. al., 2010).

O EDXRF é um aparelho portátil que permite uma utilização *in situ*, com elevado potencial de aplicação em áreas que possa ter uma correlação com metais e não metais, tóxicos ou não.

De acordo com Jenkins et al. (1981) um átomo e a sua abundância pode ser conhecido e mensurado através de emissão de radiações X. Dessa forma, a radiação de fluorescência identifica o elemento, e sua intensidade é perceptível na medida de sua concentração na amostra analisada. Os estudos de raios-X datam do início do século XX, quando Barckla apresentou suas descobertas sobre polarização parcial de raios-X e sugerindo, assim, a radiação eletromagnética transversa (CBPF, 2013; RIBEIRO, 2008).

O método de fluorescência de raios-x utiliza sinais de raios-X para excitar os elementos em uma amostra não conhecida, fazendo com que os elementos individuais presentes na amostra emitam seus raios-X característicos (fluorescentes), com isso, determinando quantitativamente e qualitativamente a composição química da amostra através de um detector apropriado. O equipamento é dotado de um sistema de analisador com cristais monocromadores, cujo princípio de funcionamento é a difração de raios-X que por meio da aquisição de dados e o processamento, (uso de uma biblioteca interna), permite obter resultados em tempo real (BRUKER, 2008).

As análises das amostras de água foram realizadas em equipamento de Espectrometria de Fluorescência de Raios-X por Energia Dispersiva, marca Bruker, modelo S1 Turbo SD (Figura 07). O equipamento utiliza um ânodo de Ag, que permite a medição de 25 elementos e um detector SDD (Silicon Deriva Detector) de 10 mm<sup>2</sup> com refrigeração termoelétrica e resolução de ~ 145 eV a MnK $\alpha$ , o que permite manter uma velocidade de 100.000 contagens por segundo (BAZAES CASANOVA, 2013). O tempo de exposição de cada amostra foi de 120 segundos.

FIGURA 06 - Raio x, Bruker.



Fonte: Autor do Trabalho.

#### **5.4.7 Cloretos Totais**

Geralmente, os cloretos estão presentes em águas brutas e tratadas em concentrações que podem variar em pequenas quantidades em mg/L. Estão presentes na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio. Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água devido ao sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem causar. A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece o teor de 250 mg/L como o valor máximo permitido para água potável. Os métodos convencionais de tratamento de água não removem cloretos. Para que se tenha uma remoção é necessário fazer uma dessalização ou eletrodialise (FUNASA,2014).

Os cloretos quando na sua forma iônica  $Cl^-$  são uma das formas mais encontradas em águas naturais, esgotos e despejos industriais. Os cloretos mesmo quando encontrados em altas concentrações não prejudicam à saúde humana, porém dão um sabor salgado à água. A análise de cloretos totais também é realizada por titulação. Antes de qualquer procedimento se faz a filtração de todas

as amostras para que não tenha nenhuma interferência. Após a filtração é preparada uma proveta com nitrato de prata 0,0131N. Em um Erlenmeyer de 250 ml se adiciona 100 ml de amostra e depois se adiciona 1 ml de indicador de Cromato de Potássio. Assim, se dá início a titulação que deve ter como ponto final um precipitado vermelho-tijolo.

Os cloretos totais são determinados pela seguinte equação:

$$mgCl^{-}/L = \frac{N_{AgNO_3} \cdot V_{AgNO_3 \text{ gastos}} \cdot 35450}{V_{amostra}} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde,

N AgNO<sub>3</sub>= Normalidade esperada da solução de nitrato de prata.

V AgNO<sub>3</sub> gastos= Volume (mL) gasto de nitrato de prata na titulação.

V amostra= Volume (mL) da amostra.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Análises Biológicas

#### 6.1.1 *Coliformes Totais*

As análises realizadas identificaram a presença de coliformes totais em todas as amostras coletadas (Figura 08). A presença de coliformes totais, não indica necessariamente que a água está contaminada por bactérias patogênicas ou vírus, sua constatação não há grande relevância, pois segundo Ricci (2001) as águas potáveis não são totalmente isentas de microorganismos.

FIGURA 07 - Resultado dos coliformes Totais.



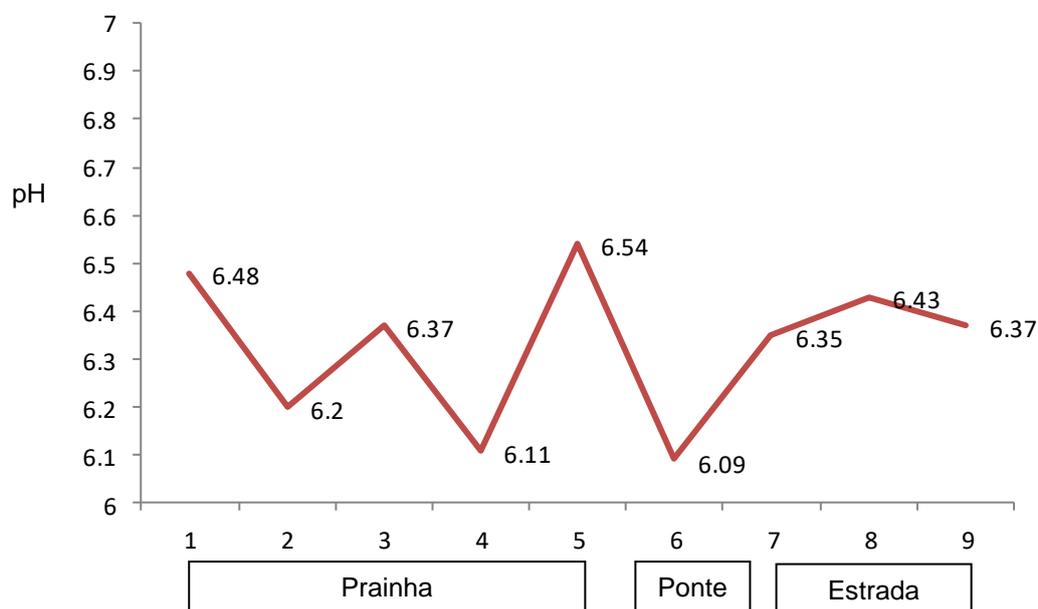
Fonte: Autor do Trabalho.

## 6.2 Análises Físico-Químicas

### 6.2.1 Potencial Hidrogeniônico - pH

O pH das amostras apresentou uma variação de 6,09 até 6,54, indicando águas neutras (Figura 9). O pH nas amostras de 1 a 5, da Prainha, foi igual a 6,48, 6,2, 6,37, 6,11, e 6,54, respectivamente. Na amostra 6 que corresponde ao ponto de coleta da ponte o pH foi de 6,09. E nas amostras de 7 a 8 que correspondem aos pontos de coleta na estrada vicinal o pH foi de 6,35, 6,43 e 6,3, respectivamente. Entre os pontos de coletas não se observa variações significativas. Contudo, é possível ressaltar que dois (2) pontos de coleta (amostras 1 e 5) da Prainha apresentam os pH mais elevados (Figura 09). Em adição, os valores de pH das amostras estudadas encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela resolução nº 357/2005 do CONAMA.

FIGURA 08 – Gráfico da variação dos valores de pH para as amostras de água estudadas.



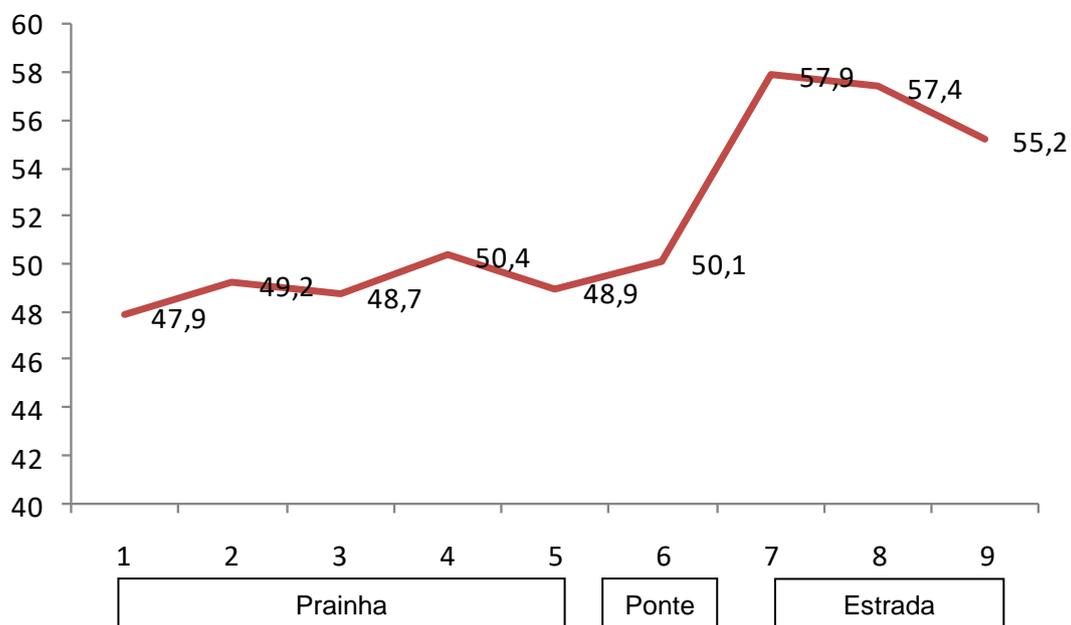
Fonte: Autor do Trabalho.

### 6.2.2 Condutividade Elétrica

Os valores de Condutividade Elétrica nas amostras analisadas variam de 47,9 até a 57,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 10). As amostras da Prainha (amostras de 1 a 5) obtiveram valores de 47,9, 49,2, 48,7, 50,7 e 48,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . A amostra da ponte (amostra 6) obteve uma condutividade elétrica de 50,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . E nas amostras na estrada vicinal (amostras 7 a 9) o valor da condutividade elétrica foi de 57,9, 57,4 e 55,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sendo os valores mais elevados dentre os pontos coletados.

No Brasil a legislação não determina um valor máximo permitido para a condutividade elétrica, porém, a literatura técnica aponta que a condutividade elétrica de uma boa água potável seja inferior a 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Dessa forma, todas as amostras estudadas se encontram dentro dos parâmetros permitidos.

FIGURA 09 – Gráfico da variação dos valores de condutividade elétrica para as amostras de água estudadas.

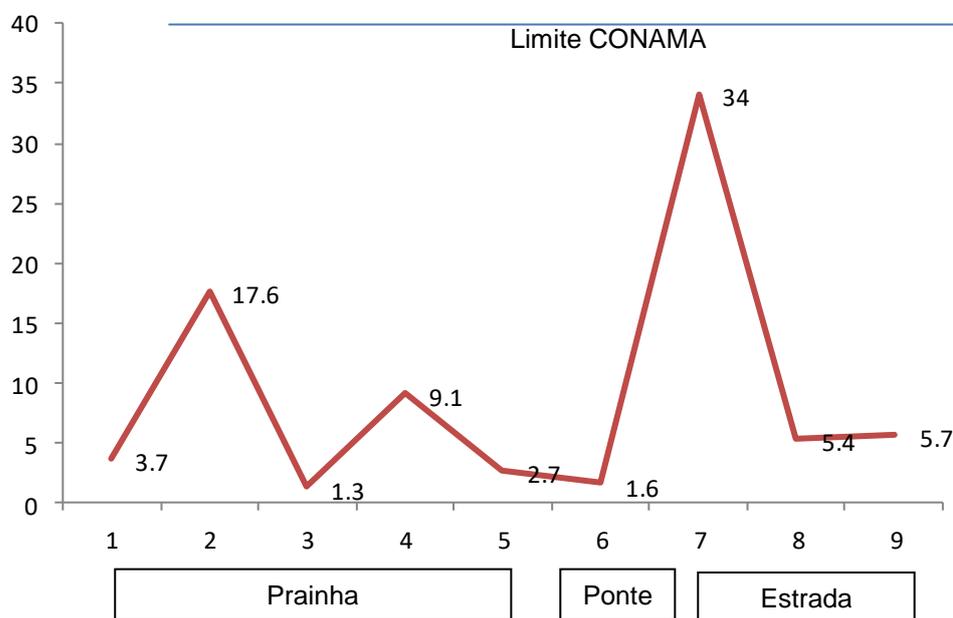


Fonte: Autor do Trabalho.

### 6.2.3 Turbidez

Os valores de turbidez variam de 1,3 até 34 UNT (Figura 11). As amostras referentes a Prainha (amostras de 1 a 5) apresentaram os seguintes valores de turbidez 3,7, 17,6, 1,3, 9,1 e 2,7 UNT, respectivamente. Na ponte (amostra 6) o valor obtido foi de 1,6 UNT e na estrada vicinal (amostras de 7 a 9) foram obtidos os seguintes valores 34, 5,4 e 5,7 UNT, respectivamente. Em nenhum dos três pontos de coleta foi ultrapassado o limite permitido. Todos os valores encontrados estão dentro dos valores aceitos pela resolução nº 357/2005 do CONAMA que permite um valor de até 40 UNT. Contudo, os valores mais elevados de turbidez foram encontrados nas amostras 7 (estrada vicinal) e na amostra 2 (Prainha).

FIGURA 10 – Gráfico da variação dos valores de turbidez para as amostras de água estudadas.



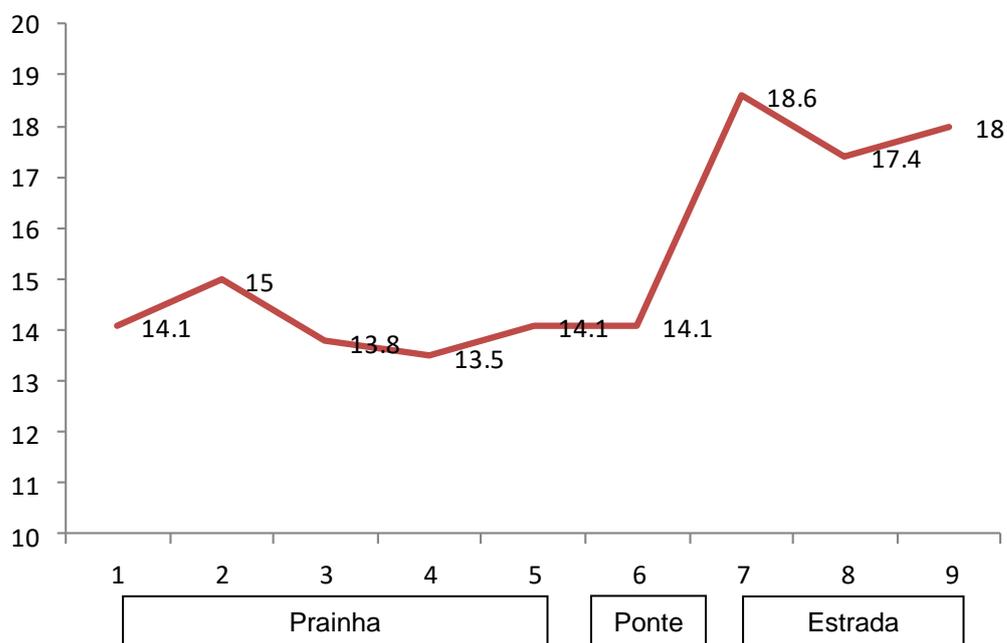
Fonte: Autor do Trabalho.

#### 6.2.4 Alcalinidade total

Os valores obtidos para a alcalinidade total variam de 13,5 a 18,6 mg/L (Figura 12), apresentando pouca variação entre as amostras. Para as amostras de 1 a 5 (Prainha) os valores encontrados foram de 14,1 15, 13,8, 13,5 e 14,1 mg/L, respectivamente. Na amostra 6 (Ponte) o valor de alcalinidade foi de 14,1 mg/L e nas amostras de 7 a 9 (estrada vicinal) os valores foram de 18,4, 17,5 e 18 mg/L, respectivamente. Os valores de alcalinidade mais elevados entre os pontos de coleta, novamente estão associadas as amostras da estrada vicinal.

A alcalinidade não representa risco potencial à saúde pública. Contudo, valores elevados estão associados diretamente com os processos de intemperismo químico (hidrólise parcial ou total) e, também, podem acarretar em sabor desagradável da água quando consumida. A alcalinidade associa-se à dureza, sendo responsável pela precipitação de carbonatos. As principais fontes de carbonatos são as rochas ricas em cálcio (sedimentares ou metamórficas), já para o magnésio se pode citar rochas graníticas como as da área da Prainha. Os granitos têm um comportamento mais estável frente ao intemperismo químico. De qualquer forma, a dissolução desses minerais tem seu melhor desempenho nas reações químicas com pH em torno de 7.

FIGURA 11 - Gráfico da variação dos valores de alcalinidade total para as amostras de água estudadas.



Fonte: Autor do Trabalho.

### 6.2.5 Dureza total

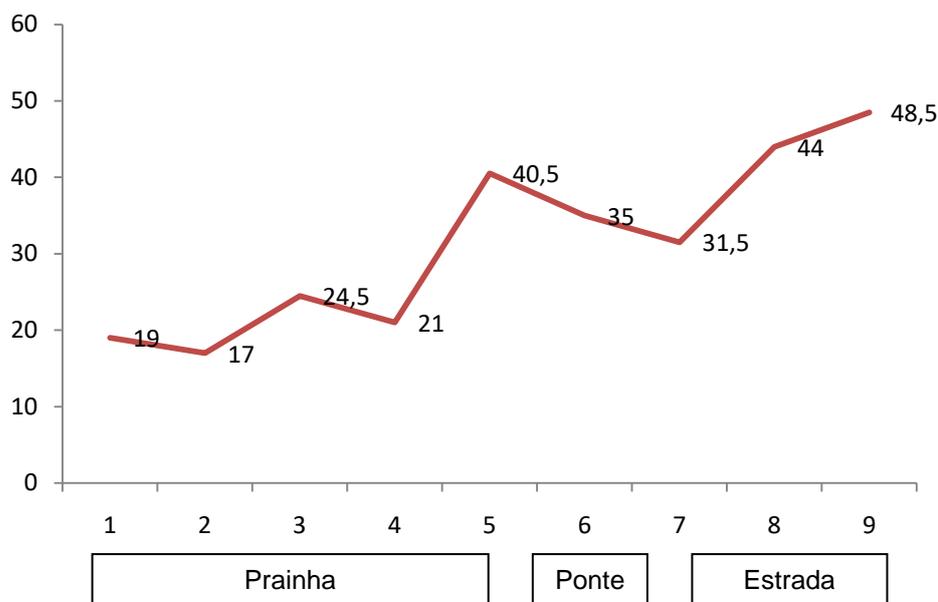
Os resultados para dureza apresentaram valor de 17 a 48,5 mg/L (figura 13). As amostras localizadas na Prainha (amostras de 1 a 5) apresentaram os valores de 19, 17, 24,4, 21 e 40,5 mg/L, respectivamente. A amostra da ponte obteve a dureza de 35 mg/L e nas amostras referentes a estrada vicinal os valores obtidos foram de 31,5 44 e 48,5 mg/L, respectivamente. Desta forma, todas os valores obtidos das amostras analisadas se encontram dentro do limite estabelecido pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde, que permite no máximo 500 mg/L de Carbonato de Cálcio.

De acordo com a classificação de Sawyer et al. (2000) as águas investigadas são consideradas mole. Esta classificação está condicionada a quantidade de cálcio e magnésio depositados e/ou em solução nas águas e no solo devido às mudanças de temperatura e pressão.

A dureza é uma das características naturais das águas, sendo a concentração total de íons alcalino-terrosos na água. Esta propriedade pode ser quantificada a partir do momento em que água entra em contato com rochas, onde sais de cálcio e magnésio são dissolvidos. Esses sais se agregam de forma excessiva à composição

da água na forma de bicarbonatos ( $\text{HCO}_3$ ), nitratos ( $\text{NO}_3$ ), cloretos ( $\text{Cl}$ ) e sulfatos ( $\text{SO}_4$ ). Neste sentido, pode ser dividida em **temporária**, também chamada de dureza de carbonato e, **permanente**, chamada de dureza de não carbonato (PEREIRA *et al.* 2010). A ação do calor não tem influência na decomposição, seus sais muito solúveis não produzem incrustações.

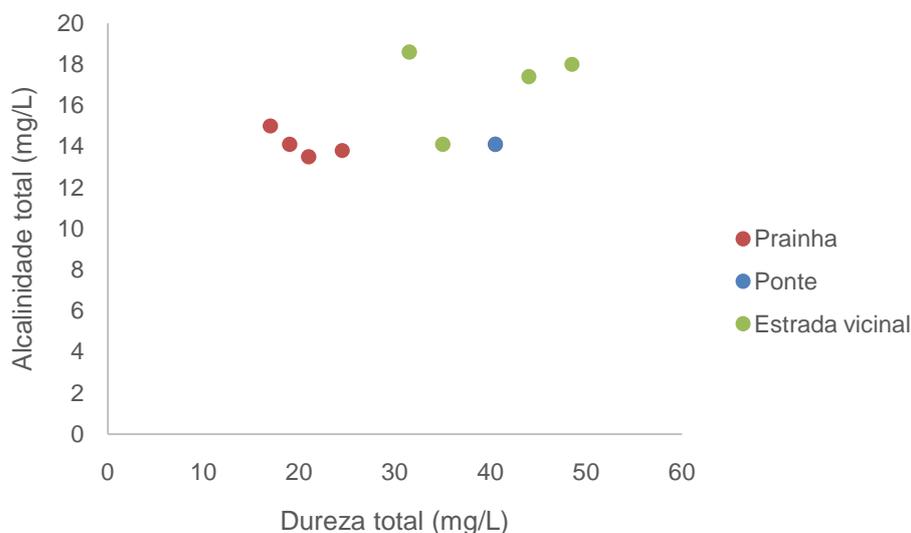
FIGURA 12 - Gráfico dos valores de dureza para as amostras de água estudadas.



Fonte: Autor do Trabalho.

A dureza se associa à alcalinidade, sendo responsável pela precipitação de carbonatos (Figura 14). Vale ressaltar que houve um aumento relevante nas amostras da estrada vicinal, possivelmente devido ao excesso de carbonatos dissolvidos na água pela influência da litologia e minerais presentes, como foi discutido anteriormente. Em uma rocha rica em cálcio o gás carbônico dissolvido na água pode solubilizá-lo, transformando-o em bicarbonato. Na Figura 14 é possível observar que as amostras de água da Prainha mostram uma tendência negativa entre dureza total e alcalinidade total. Ao contrário das amostras de água da estrada vicinal, que apresentam uma tendência negativa para os mesmos parâmetros. Assim, se pode atribuir este comportamento aos diferentes tipos litológicos que compõem cada uma das áreas.

FIGURA 13 - Gráfico da variação dos valores de dureza total *versus* alcalinidade total para as amostras de água estudadas.



Fonte: Autor do Trabalho.

#### 6.2.6 Espectrometria de Raios-x por Energia Dispersiva

Os resultados das análises de EDXRF são apresentados na Tabela 2. Todos os valores obtidos se encontram dentro dos valores permitidos pela resolução nº 357/ 2005 do CONAMA, com exceção do elemento Cd. Além disso, foram utilizados os valores de EDXRF analisados para amostras da Fonte de Abastecimento de Caçapava do Sul, RS, de Pereira et al (2010) para comparação.

As concentrações de Mg são as mais elevadas entre as amostras analisadas variando de 0,0368 (amostra 1, Prainha) a 0,0778 mg L<sup>-1</sup> (amostra 8, estrada vicinal), seguido pelo Rh com variação de 0,0076 (amostra 2, Prainha) a 0,0117 mg L<sup>-1</sup> (amostra 6, Ponte). As concentrações de Mg para as amostras estudadas se encontram acima dos valores obtidos por Pereira et al (2010), com exceção da amostra 1 da Prainha. Segundo Lira (2014), quando o MgO é ingerido em valores muito elevados (acima de 500 mg L<sup>-1</sup>) pode causar rápida evacuação intestinal e em contato com a pele pode causar irritações.

O Al foi observado em um ponto de coleta da Prainha (amostra 3), na Ponte (amostra 6) e em dois pontos de coleta da estrada vicinal (amostras 8 e 9). Com exceção da amostra 8, cujo valor é ~50% mais elevado do que das outras amostras e, também, mais elevado do que Pereira et al (2010). Os valores das outras três amostras se apresentaram semelhantes (Tab. 2).

Concentrações de Si foram encontradas somente em três pontos de coleta, sendo eles referentes as amostras 4 (Prainha), 6 (Ponte) e 7 (estrada vicinal). A Prainha e a Ponte apresentam valores semelhantes de Si, contudo, a amostra da estrada vicinal apresentou quantidades três vezes menores que os outros pontos. De qualquer forma, esses valores quando comparados com os valores da Fonte de Abastecimento de Caçapava do Sul (Pereira et al 2010) se apresentam inferiores. Da mesma forma que, as concentrações obtidas para o K e o Rh. As concentrações de Fe encontradas nos pontos de coleta da Prainha, Ponte e estrada vicinal são iguais aos obtidos por Pereira et al (2010), 0,0001 mg L<sup>-1</sup>.

Diferentemente de Pereira et al (2010) foram obtidas concentrações de Cu, Rb, Sr e Cd nas amostras estudadas. Segundo Chaves (2008), o cádmio é um elemento não essencial e altamente tóxico para plantas e animais. De acordo com ANVISA (2000), para a potabilidade da água para o consumo humano, os valores de Cd não podem ultrapassar 0,005 mg L<sup>-1</sup> e de Cu 2 mg L<sup>-1</sup>. Já para o CONAMA (1986) os valores de Cd não podem ultrapassar 0,001 mg L<sup>-1</sup> e de Cu 0,02 mg L<sup>-1</sup>. Neste sentido, os pontos de coleta da Prainha (amostras 3 e 5) e da estrada vicinal (amostra 7) apresentaram valores superiores para o Cd. O Cd pode estar associado a fertilizantes fosfatados (1-170 mg.kg<sup>-1</sup>) (GUILHERME et al., 2005). Fonte antrópica que deposita inadequadamente equipamentos como pilhas e baterias também podem ser consideradas responsáveis por este contaminante (MARTIN, 2009), visto que os pontos de coleta têm grande circulação de pessoas (Prainha) e o outro é uma área rural (estrada vicinal).

TABELA 2 - Tabela dos valores de EDXRF em mg L<sup>-1</sup> para os elementos observados nas amostras de água analisadas.

	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6	Amostra 7	Amostra 8	Amostra 9	Sena et al (2017)
Mg	0,0368	0,0552	0,0728	0,0539	0,0656	0,0671	0,0551	0,0778	0,0593	0,0435
Al	-	-	0,0059	-	-	0,0053	-	0,0096	0,0054	0,0066
Si	-	-	-	0,0024	-	0,0027	0,0009	-	-	0,0039
K	0,0023	-	-	0,0016	0,0017	0,0001	0,0017	0,0018	-	0,0057
Fe	-	-	-	-	0,0001	-	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Cu	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	-	0,0001	0,0001	0,0001	-
Rb	-	-	0,0001	-	-	-	-	-	-	-
Sr	-	0,0002	-	-	-	-	-	-	-	-
Nb	-	-	-	0,0003	-	-	-	-	0,0002	-
Rh	0,0083	0,0076	0,0093	0,0103	0,0106	0,0117	0,0123	0,0112	0,0118	0,0256
Cd	-	-	0,0081	-	0,0076	-	0,0076	-	-	-

Fonte: Autor do Trabalho

Sillanpää (1972) e Alloway (1990) sugerem que o conteúdo total e suas correlações, de qualquer elemento no material de origem refletem seu conteúdo no meio. Assim, buscou-se através do coeficiente de correlação de Pearson, relacionar os elementos da área de estudo, possibilitando conhecer quais elementos são de fato do material de origem, e quais elementos estão presentes por intervenção antrópica.

Para uma melhor análise das correlações, foram refinados e interpretados somente valores com coeficiente de correlação positiva forte >0,5, evidenciados na tabela 3 (MUKAKA, 2012).

Na Tabela 3 é possível observar correlação positiva entre os elementos Al e Mg (0,7546), entre o Cl, o Si (0,5788) e o Rh (0,5741), entre o Cu e o K (0,9397), entre o Rh e o Fe (0,6560) e, entre o Rb, o Zr (0,8109) e o Cd (0,5318). As correlações observadas são coerentes com as litologias da área de estudo (GRAZIA; PESTANA, 2005), e comuns em regiões onde ocorrem mineralizações de Cu, Pb e Zn (CAMPOS et. al., 2005).

TABELA 3 - Correlação de Pearson para todos os elementos obtidos.

	Mg	Al	Si	Cl	K	Fe	Cu	Rb	Sr	Zr	Nb	Rh	Cd
Mg	1												
Al	0,7546	1											
Si	-0,0211	-0,0968	1										
Cl	0,0326	-0,0403	0,5788	1									
K	-0,4009	-0,2929	-0,7519	-0,6686	1								
Fe	0,3158	0,2167	-0,3774	0,0598	0,1792	1							
Cu	-0,2065	-0,2439	-0,6868	-0,6614	0,9397	0,3162	1						
Rb	0,3822	0,3051	-0,2252	-0,1890	0,0553	-0,3162	0,1250	1					
Sr	-0,1603	-0,2972	-0,2252	-0,1890	0,1797	-0,3162	0,1250	-0,1250	1				
Zr	0,2200	0,0947	0,1461	-0,2786	0,0448	-0,4663	0,1843	0,8109	-0,1843	1			
Nb	-0,1972	-0,1131	0,3851	-0,2786	0,0265	-0,0466	0,1843	-0,1843	-0,1843	0,3152	1		
Rh	0,3971	0,3558	0,3659	0,5741	-0,4887	0,6560	-0,3109	-0,2396	-0,6295	-0,2179	0,1879	1	
Cd	0,2636	-0,1755	-0,2519	0,1767	0,1105	0,2957	0,2498	0,5318	-0,2498	0,3231	-0,3684	0,1642	1

Fonte: Autor do Trabalho

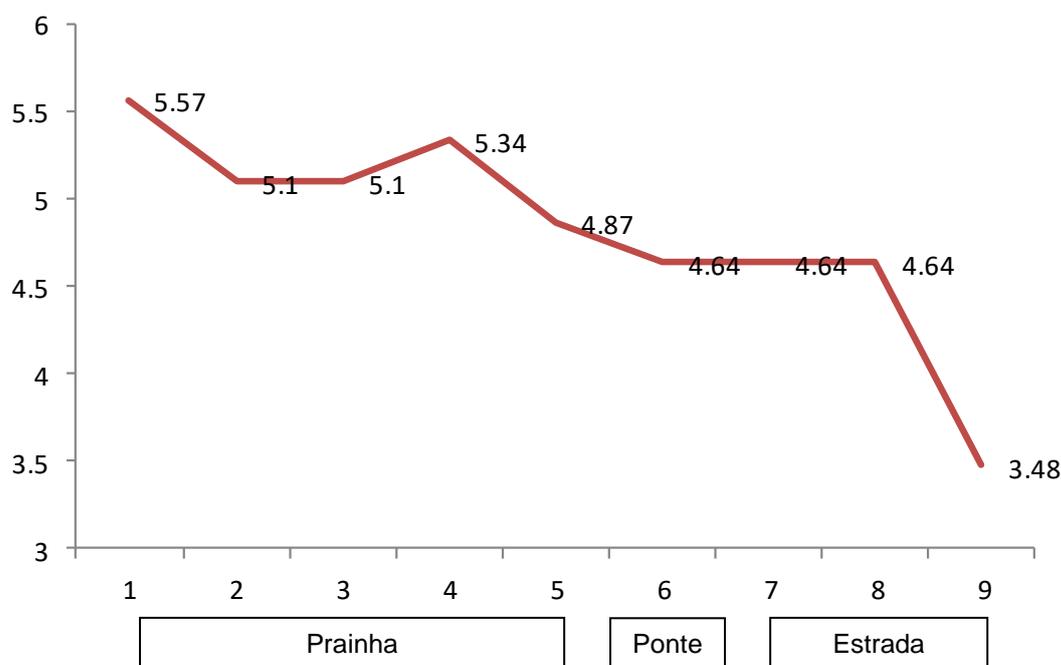
### 6.2.7 Cloreto Total

Para os cloretos totais os valores obtidos estão ente 3,48 até 5,57 mg/L (Figura 14). Nas amostras da Prainha (amostras de 1 a 5) os valores de cloreto total são de 5,57, 5,1, 5,1, 5,34 e 4,87 mg/L, respectivamente. Na amostra da ponte (amostra 6) o valor encontrado foi de 4,64 mg/L e nas amostras referentes a estrada vicinal

(amostras de 7 a 9) os valores encontrados foram de 4,64, 4,64 e 3,48 mg/L, respectivamente.

Todos os valores das amostras se encontram dentro da resolução nº 357/2005 do CONAMA que recomenda um valor máximo de 250 mg/L de Cl.

FIGURA 14 - Gráfico da variação dos valores de cloreto total para as amostras de água estudadas.



Fonte: Autor do Trabalho.

## 7 CONCLUSÃO

Conforme observado nos resultados, as amostras de águas coletadas em Lavras do Sul são classificadas como mole, atendendo os padrões estabelecidos pela resolução nº 357/2005 do CONAMA e pela Portaria nº 2914/11 do Ministério da Saúde.

Os valores obtidos de pH para as mesmas amostras variam de 6,09 a 6,54, indicando águas neutras e estando dentro dos limites estabelecidos pela resolução nº 357/2005 do CONAMA.

Os valores obtidos de condutividade elétrica variam de 47,9 a 57,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sendo os valores mais elevados relacionados com as amostras de água dos pontos onde coleta da estrada vicinal.

Os valores obtidos de turbidez variam de 1,3 até 34 UNT, onde os valores mais elevados foram registrados em uma amostra de água da Prainha e em outra amostra de água da estrada vicinal.

Os valores de alcalinidade total variam de 13,5 até 18,6 mg/L, onde novamente os valores mais elevados correspondem as amostras coletadas na estrada vicinal.

Relacionando a dureza total com a alcalinidade total se pode sugerir que os valores de dureza total superiores aos de alcalinidade indicam uma dureza temporária na região, onde os conteúdos de cálcio e magnésio encontram-se associados aos carbonatos (ou bicarbonatos).

As concentrações obtidas a partir das análises com EDXRF mostraram que as amostras de água têm naturalmente elementos comuns às regiões onde ocorrem mineralizações de Cu, Pb e Zn. A concentração elevada de Cd, pelo fato de uma parte da área ser rural e outra ter grande circulação de pessoas, pode estar relacionada com intervenção antrópica, através de fertilizantes e/ou agrotóxicos.

Os valores obtidos de cloretos totais variam de 3,48 a 5,57 mg/L, estando dentro dos limites apresentados na resolução nº 357/2005 do CONAMA.

Os resultados de coliformes totais se mostraram positivos em todos os pontos de coleta das águas estudadas. Estes estando fora dos limites estabelecidos pela Resolução nº 274/00 do CONAMA.

As águas analisadas do Arroio das Lavras se encontram todas dentro dos valores permitidos pela legislação vigente. Mesmo assim, não é possível afirmar que o Arroio das Lavras está livre de contaminantes, havendo a necessidade de estudos mais detalhados voltados à hidrogeoquímica das águas locais.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Agência Nacional de Vigilância Sanitária.** (2000). Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/portarias/1469\\_00.htm](http://www.anvisa.gov.br/anvisalegis/portarias/1469_00.htm)>. Acesso em: 22 de set. de 2017.

ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils.** New Jersey: Blackie and Spa, p. 339, 1990.

ANA – **Agência Nacional das Águas, 2017.** Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/agua-superficial#afooter>>. Acesso em: 14 de Nov. de 2017.

ARANA, L. V. **Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões.** Florianópolis: Editora da UFSC, 1996.

BAZAES CASANOVA, Aliosha Andro W. **Comparación de corrección teórica de efecto matriz, análisis de interferencias y corrección por compensación para equipos portátiles de fluorescencia de rayos x en minerales y suelos.** 2013.

BOYD, C. E.; EGNA, H. I. **Dynamics of pond aquaculture.** Boca Raton, New York: CRC Press, 1997.

BRAGA, B. (2005). **Introdução à Engenharia Ambiental. O desafio do desenvolvimento sustentável.** 2ª Edição. Prentice Hall Brasil. São Paulo/SP. 318p.

BRUKER, **Manual do fabricante.** 2008. Disponível em: <<https://www.bruker.com/pt/products/x-ray-diffraction-and-elemental-analysis/>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

CAMPOS, Mari Lucia et al. **Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, n. 4, p. 361-367, 2005.

CBPF, **Centro Brasileiro De Pesquisas Físicas, 2013.** Disponível em: <<http://www.cbpf.br/FISCUL/barkla.html>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

CHAVES, R. **Avaliação do Teor de Metais Pesados Na Água Tratada do Município de Lavras – MG.** 13f. 2008. Dissertação (Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agroquímica), Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2008.

CONAMA, **Conselho Nacional do Meio Ambiente.** Resolução CONAMA nº 274. Publicada no DOU nº 18 de 018/01/2001.

CONAMA, **Conselho Nacional do Meio Ambiente.** Resolução CONAMA nº 357. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005.

CONAMA, **Conselho Nacional do Meio Ambiente.** Resolução CONAMA nº 274. Publicada no DOU nº 018, de 29/11/2000.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (1986). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=43>>. Acesso em: 22 de set. de 2017.

DECRETO Nº 99.274, De 06/06/90. Regulamenta a Lei nº 6.902 de 27/04/81. **Estações Ecológica e Áreas de Proteção Ambiental e a sobre Política Nacional do Meio Ambiente.**

EMBRAPA, Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo.** Rio de Janeiro, 2ª edição, 2011.

ESTEVES, F. DE A. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro: Interciência, FINEP, 1988.

FLIK, G.; VERBOST, P. M. **Celular mechanisms in calcium transport and homeostasis in fishes.** Biochemistry and Molecular Biology of Fishes, v.5, p. 252-263, 1995.

FRIZZO, T. C. E. Zoneamento da **vegetação e sua relação com metais pesados na mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água.** Brasília-DF, p. 38-49, 2009.

GRAZIA, C. A.; PESTANA, M. H. D. **Contaminação por Mercúrio Antrópico em Solos e Sedimentos de Corrente de Lavras do Sul-RS-Brasil.** In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON MEDICAL GEOLOGY. 2005.

GUILHERME, Luiz Roberto Guimarães et al. **Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos.** Tópicos em ciências do solo, v. 4, p. 345-390, 2005.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016.** Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=431150>>. Acesso em: 23 mai. 2017.

JENKINS, R.; GOULD, R.W.; GEDCKE, D. **Quantitative X-Ray Spectrometry.** New York, Marcel Dekker, 1981.

Lira, O. d. (2014). **Fundação Nacional de Saúde [internet]. Brasília, DF: Fundação Nacional de Saúde;** 2014. Disponível em: <[http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manualcont\\_quali\\_agua\\_tecnicos\\_trab\\_emetas.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf)>. Acesso em: 21 set. de 2017.

Machado, B. C. **Avaliação da quantidade dos efluentes das lagoas de estabilização em série da Estação de Tratamento de Esgoto de Samambaia, DF**

**para o cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*).** 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasília, DF.

MARTIN, Sabine; GRISWOLD, Wendy. **Human health effects of heavy metals.** Environ Sci Technol Brief Cit, v. 15, p. 1-6, 2009.

MINERAR Consultoria e Projetos. **Diagnóstico das potencialidades minerais do município de Lavras do Sul.** Porto Alegre: CRM, 1998. 1 CD ROM.

Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS.** Brasília-DF, p. 20-22, 2014.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914.** Publicada no DOU nº 239, de 14/11/2011.

MUKAKA, M. M. **A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research.** Malawi Medical Journal, v. 24, n. 3, p. 69-71, 2012.

PANORAMA LAVRENSE. Disponível em: <<http://www.panoramalavrense.com.br/search/label/Turismo>>. Acesso em: 11 mai. 2017.

PEREIRA, H. M.; LEADLEY, P. W.; PROENÇA, V.; ALKEMADE, R.; SCHARLEMANN, J. P. W.; FERNANDEZ-MANJARRES, J. F. **Scenarios for global biodiversity in the 21st century.** Science, v. 330, p. 1496-1501, 2010.

Pereira, J.H.; Almeida, A.S.; Soares, F.W.; Sauer, R.; Gomes, C.H. 2017. **ANÁLISE HIDROGEOQUÍMICA DA FONTE DO CONSELHEIRO E FONTE DO MATO, CAÇAPAVA DO SUL – RS.** In: Simpósio Internacional de Ensino, Extensão e Pesquisa. 2017.

Política Nacional do Meio Ambiente. Lei Nº 6.938. De 31/08/821.

Política Nacional do Meio Ambiente. Lei Nº 7.804, de 18/07/89. Altera a Lei Nº 6.938, de 31/08/81.

RIBEIRO, Elisa. **A perspectiva da entrevista na investigação qualitativa.** In: **Evidência, olhares e pesquisas em saberes educacionais.** Número 4. Maio de 2008. Araxá. Centro Universitário do Planalto de Araxá.

RICCI, Gilziellen. **Avaliação da Qualidade da Água de Abastecimento do Município de Porto Velho.** Porto Velho: trabalho monográfico, UNIR, 2001.

RICHTER, Carlos A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento.** São Paulo: Edgard Blucher, 2009.

SAWYER, C. N.; MCCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. **Chemistry for environmental engineering.** New Delhi: Tata McGraw-Hill, 2000.

SILLANPÄÄ, Mikko. **Trace elements in soils and agriculture**. Food & Agriculture Org., 1972.

VON SPERLING, M. 2005. **“Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos”**. Vol. 1, 3ª . edição, DESA, Ed. UFMG.

WASTOWSKI, Arci Dirceu et al. **Caracterização dos níveis de elementos químicos em solo, submetido a diferentes sistemas de uso e manejo, utilizando espectrometria de fluorescência de raios-x por energia dispersiva (EDXRF)**. Química Nova, v. 33, n. 7, p. 1449-1452, 2010.

WURTS, W. A.; DURBOROW, R. M. **Interactions PF pH, carbon dioxide, alkalinity and hardness in fish ponds**. Aquaculture Program, n. 464, 4p, 1992).