

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

LETICIA BORGES CERVI

DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS DE FONTES NATURAIS, UTILIZADAS  
PARA CONSUMO HUMANO, LOCALIZADA EM UMA ÁREA RURAL DO MUNICÍPIO DE  
PIRATINI-RS

CAÇAPAVA DO SUL-RS  
2022

LETICIA BORGES CERVI

DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS DE FONTES NATURAIS, UTILIZADAS  
PARA CONSUMO HUMANO, LOCALIZADA EM UMA ÁREA RURAL DO MUNICÍPIO DE  
PIRATINI-RS

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.

Orientador: Zilda Baratto  
Vendrame

CAÇAPAVA DO SUL-RS  
2022

LETICIA BORGES CERVI

DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS DE FONTES NATURAIS, UTILIZADAS  
PARA CONSUMO HUMANO, LOCALIZADA EM UMA ÁREA RURAL DO MUNICÍPIO DE  
PIRATINI-RS

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.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 15 de fevereiro de 2022.

Banca examinadora:

---

Profa. Dra. Zilda Baratto Vendrame Orientadora  
(UNIPAMPA)

---

Prof. Dra. Carolina Ferreira de Matos Jauris  
(UNIPAMPA)

---

Prof. Dra. Jessica Weiler  
(UNIPAMPA)



Assinado eletronicamente por **JESSICA WEILER, PROFESSOR MAGISTERIO SUPERIOR - SUBSTITUTO**, em 28/03/2022, às 10:16, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ZILDA BARATTO VENDRAME, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/03/2022, às 10:17, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **CAROLINA FERREIRA DE MATOS JAURIS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 31/03/2022, às 16:24, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0765975** e o código CRC **49CB73C6**.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter a oportunidade de estar cursando o Ensino Superior em busca de novas chances e maior conhecimento na área que eu escolhi como profissão para minha vida, principalmente em uma universidade federal, tão acolhedora e com excelentes funcionários como a UNIPAMPA - Caçapava do Sul.

A meus pais por estarem sempre presente e nunca medirem esforços para ir em busca de um futuro melhor, para minhas irmãs e eu.

Agradeço à minha orientadora por acreditar no meu trabalho, por ser uma excelente profissional, dedicada, por me amparar sempre que preciso e principalmente demonstrando o seu amor pela profissão mais importante do mundo.

Agradeço aos funcionários Francisca e Guilherme, técnicos do laboratório de química analítica da universidade, por estar sempre presente, me auxiliando com muita paciência e garantindo a minha segurança no momento das análises.

Agradeço em geral a toda a universidade, funcionários e professores que fazem seu trabalho com amor, por transmitirem seus conhecimentos para formar uma nação mais reflexiva.

Agradeço também aos proprietários (as), onde coletei as amostras de água, por permitirem acesso livre às fontes e se interessarem pela melhoria da qualidade de vida.

## RESUMO

De acordo com art. 30 da Declaração Universal dos Direitos do Homem, o direito à água é um dos direitos fundamentais do ser humano. Entretanto, muitas atividades humanas têm causado alterações significativas no meio ambiente, influenciando a disponibilidade de uma série de recursos naturais. A água, em alguns locais do planeta, tem-se tornado um recurso escasso e com qualidade comprometida. Além disso, muitas comunidades rurais não são beneficiadas com o fornecimento de água tratada pelo poder público. Essas comunidades geralmente usufruem das disponibilidades como a água subterrânea por meio do isolamento das aflorações da mesma, conhecidas como poços rasos (cacimbas naturais), para suprir suas necessidades. A água subterrânea geralmente é considerada como apropriada para o consumo por estar menos exposta às contaminações e apresentar aspectos de coloração, cheiro e sabor satisfatório aos sentidos humanos, porém inúmeros compostos poluentes não apresentam características capazes de ser identificadas sem um estudo e análises apropriadas. Levando em conta que a água de qualidade é um bem essencial para a existência da vida na terra, esse trabalho teve a finalidade averiguar a situação desse recurso em uma área rural situada no 3º distrito do município de Piratini, RS que é desassistida pelo poder público na questão do abastecimento de água potável. Contudo, a região de estudo possui como principais fontes de renda a agricultura e a pecuária que apresentam uma capacidade de contaminação bastante considerável do solo e água. Esse estudo utilizou análises químicas, físico-químicas, microbiológicas, além do reconhecimento do nível freático através da técnica de sondagem elétrica vertical, para verificar a qualidade da água utilizada para consumo e sugere algumas práticas para melhorar a qualidade da mesma. De acordo com os resultados obtidos, pode-se perceber que alguns parâmetros encontram-se fora dos limites permitidos nas resoluções CONAMA e Portarias do Ministério da Saúde, entre eles o pH, nitrato, coliformes totais e *Escherichia coli*. Diante desse cenário, algumas práticas devem ser adotadas para melhorar a qualidade da água como o uso de filtros cloradores, filtros de barro, filtros neutralizadores e purificadores que são bastante recomendados para esse fim, além da prática de limpeza regular dos poços, caixa d'água, tampas eficientes para evitar a entrada de materiais indesejados ou até mesmo insetos, como também evitar o acesso de animais nesses locais. Contudo a água

subterrânea ainda é uma boa opção de abastecimento porém, o monitoramento constante desse recurso é fundamental para se alcançar os padrões de potabilidade e manter a qualidade da água de consumo humano.

**Palavras Chaves:** Qualidade da água, poços rasos, abastecimento, zona rural.

## ABSTRACT

According to article 30 of the Universal Declaration of Human Rights, the water right is one of the fundamental human rights. However, many human activities have caused significant environmental changes, influencing the available series of natural resources. Water, in some parts of the planet, has become a scarce resource with compromised quality. Furthermore, many rural communities do not benefit from treated water supply from the public authorities. Instead, these communities generally take advantage of the available underground water through the isolation of its outcrops, known as plain wells (natural “*cacimbas*”), to supply their needs. Groundwater is generally considered proper for consumption as it is less exposed to contamination and presents good aspects of color, smell and taste suitable for human senses, but numerous polluting compounds cannot be identified without further study and analysis. Considering that quality water is an essential good for the existence of life on earth, this work aims to investigate such resource situation in a rural area in the third district of Piratini - RS, which the government underserves in terms of potable water supply. Nonetheless, the main source of water income in the studied region is agriculture and livestock, which presents a considerable capacity to contaminate soil and water. This study used chemical, physicochemical and microbiological analysis to identify the level of groundwater by vertical electrical sounding technique to verify the quality of the consumed water. According to the obtained results, it was possible to observe that some parameters were higher than the allowed limit in CONAMA resolutions and Health Ministry ordinances, among them is pH, nitrate, total coliform and *Escherichia Coli*. Given this scenario, some practices must be adopted in order to improve water quality, such as the use of chlorinating filters, clay filters, neutralizing and purifying filters, which are highly recommended for this purpose, in addition to the practice of regular cleaning of wells, water tanks, efficient covers to prevent the entry of unwanted materials or even insects, as well as preventing the access of animals in these places. However, groundwater is still a good supply option, though constant monitoring of this resource is essential to keep the quality of water for human consumption.

**Keywords:** Water quality, natural water sources, supply, rural area.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Representação da diferença entre os tipos de poços.	8
Figura 2 - Representação da metodologia do Arranjo Schlumberger.	17
Figura 3 - Mapa de localização do Município de Piratini.	18
Figura 4 - Solos do município.	20
Figura 5 - Dados de Abastecimento de Água no Município de Piratini, RS.	22
Figura 6 - Mapa da Região ao Entorno do Local de estudo.	23
Figura 7 - Mapa de localização dos pontos de amostragem.	24
Figura 8- Imagem do poço raso no ponto 1.	24
Figura 9- Imagem do poço raso no ponto 2.	25
Figura 10- Imagem do poço raso no ponto 3.	26
Figura 11- Imagem do poço raso no ponto 4.	26
Figura 12- Imagem do poço no ponto B.	27
Figura 13- Imagem do trabalho de campo para a Sondagem Elétrica Vertical.	29
Figura 14- Imagens ilustrativas das análises de Coliformes e E. coli.	30
Figura 15- Curva Analítica de Calibração do Nitrato.	34
Figura 16- Curva Analítica de Calibração do Fosfato.	35
Figura 17- Resultado da Inversão de dados para a SEV 01 no ponto 1.	36
Figura 18- Resultado da Inversão de dados para a SEV 02 no ponto 2.	37
Figura 19- Resultado da Inversão de dados para a SEV 03 no ponto 3.	37
Figura 20- Resultado da Inversão de dados para a SEV 04 no ponto 4.	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Definição dos tipos de poços de captação da água subterrânea.	7
Tabela 2- Classificação das águas quanto aos valores de condutividade elétrica.	11
Tabela 3- Média climatológica de Piratini baseada em 30 anos de dados (1981-2010).	19
Tabela 4- Compostos Analisados e seus Limites de Detecção.	33
Tabela 5- Profundidade do nível freático em cada ponto.	38
Tabela 6- Resultados da Temperatura Ambiente em Todas as Coletas.	39
Tabela 7- Resultados da Temperatura da Amostra em Todas as Coletas.	39
Tabela 8- Resultados do pH em Todas as Coletas.	40
Tabela 9- Resultados da Condutividade ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) em Todas as Coletas.	41
Tabela 10- Resultados da Alcalinidade ( $\text{CaCO}_3$ mg/L) em Todas as Coletas.	42
Tabela 11- Resultados da Dureza Total ( $\text{CaCO}_3$ mg/L) em Todas as Coletas.	43
Tabela 12- Resultados do Cloreto ( $\text{Cl}^-$ mg/L) em Todas as Coletas.	43
Tabela 13- Resultados da Turbidez (NTU) em Todas as Coletas.	44
Tabela 14- Resultados do Oxigênio dissolvido (mg/L $\text{O}_2$ ) em Todas as Coletas.	45
Tabela 15- Resultados da DBO (mg/L $\text{O}_2$ ) em Todas as Coletas.	45
Tabela 16- Resultados da E. Coli (NTU/100ml) em Todas as Coletas.	46
Tabela 17- Resultados dos Coliformes Totais (NTU/100ml) em Todas as Coletas.	46
Tabela 18- Resultados do Nitrato (mg/L) em Todas as Coletas.	47
Tabela 19- Resultados do Fósforo ( $\mu\text{mol}/\text{L}$ ) em Todas as Coletas.	48
Tabela 20- Resultados da Análise de Pesticidas na 7ª coleta.	49

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas;  
ANA – Agência Nacional das Águas;  
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo;  
CG – Cromatografia Gasosa;  
CLAE – Cromatografia Líquida de Alta Precisão;  
CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos;  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente;  
CORSAN - Companhia Riograndense de saneamento;  
CPRM - Serviço Geológico do Brasil;  
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;  
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia;  
IQA - Índice de Qualidade das Águas;  
ISTO - Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas;  
MS - Ministério da Saúde;  
NMP - Número Mais Provável;  
OMS - Organização Mundial da Saúde;  
pH – Potencial Hidrogeniônico;  
SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente;  
SEV - Sondagem Elétrica Vertical;  
SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento;  
UFC - Unidade Formadora de Colônia;  
UFMS – Universidade Federal de Santa Maria;  
UNICEF - Fundo de Emergência Internacional das Nações Unidas para a Infância;  
UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa;  
VIGIAGUA - Sistema de Vigilância da Qualidade de Água para Consumo Humano;

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo Geral	3
2.2 Objetivos Específicos	4
3 JUSTIFICATIVA	4
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
4.1 Qualidade da Água Para Consumo Humano	5
4.2 Abastecimento de Água na Zona Rural	6
4.3 Caracterização De Qualidade De Água	9
4.3.1 Parâmetros Indicadores Analisados	10
4.3.1.1 Potencial Hidrogeniônico - pH	10
4.3.1.2 Temperatura da Água	10
4.3.1.3 Condutividade Elétrica	11
4.3.1.4 Turbidez	12
4.3.1.5 Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	12
4.3.1.6 Cloreto Total	12
4.3.1.7 Alcalinidade	13
4.3.1.8 Dureza Total	13
4.3.1.9 Coliformes Totais	13
4.3.1.10 Nitrato	14
4.3.1.11 Fósforo	15
4.3.2 Determinação De Agrotóxicos Na Água	15
4.3.3 Investigação do Nível Freático	16
4.4 Área De Estudo	17
4.4.1 Geomorfologia	19
4.4.2 Pedologia	20
4.4.3 Situação de abastecimento de água do município	21
5 MATERIAIS E MÉTODOS	22
5.1 Pontos de Coleta de Amostras	22
5.2 Coleta e Preservação das Amostras	27
5.3 Reagentes	28
5.4 Análises de Campo	28
5.6 Análises Laboratoriais	29
5.6.1 Temperatura	29
5.6.2 Coliformes Totais	29
5.6.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)	30
5.6.4 Condutividade Elétrica	30

5.6.5	Turbidez	30
5.6.6	Alcalinidade total	31
5.6.7	Cloreto Total	31
5.6.8	Dureza	31
5.6.9	Oxigênio Dissolvido	31
5.6.10	Determinação da Presença de Agrotóxicos na Água	31
5.6.11	Determinação de Nitrato	33
5.6.12	Determinação de Fósforo	34
5.6.13	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	36
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
6.1	Sondagem Elétrica Vertical (SEV)	36
6.2	Análises Laboratoriais	38
6.2.1	Temperatura	38
6.2.2	Potencial Hidrogeniônico	40
6.2.3	Condutividade	40
6.2.4	Alcalinidade	42
6.2.5	Dureza Total	42
6.2.6	Cloreto Total	43
6.2.7	Turbidez	44
6.2.8	Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio	44
6.2.9	Escherichia Coli e Coliformes Totais	45
6.2.10	Nitrato	47
6.2.11	Fósforo	47
6.2.12	Análise de Agrotóxicos	48
7	PROPOSIÇÕES DE MEDIDAS CORRETIVAS	49
8	CONCLUSÃO	50
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

## 1 INTRODUÇÃO

Vários estudos que investigaram a origem da vida relataram que os primórdios ocorreram pela água, demonstrando a inteira dependência que possuímos sobre ela, se aplicando para qualquer tipo de vida que exista no planeta (BRUNI, J.C.,1994).

A água cobre cerca de 70% da superfície da terra, porém a forma em que está disponível e o nível de contaminação da mesma fazem com que esse recurso se torne extremamente escasso em algumas regiões. Toda ação antrópica causa danos direta e indiretamente ao meio ambiente e conseqüentemente aos recursos hídricos. A água é o solvente mais eficiente que existe, porém essa característica faz com que ela possa se associar a diversos compostos, inclusive com os contaminantes, conforme a publicação do projeto “Conexão Água” da 4ª Câmara de Coordenação e Revisão do Ministério Público Federal que foi criado com intuito de melhorar a qualidade da água no Brasil.

A poluição ambiental é uma consequência direta das ações antrópicas e, uma maneira para identificar os impactos causados e atenuá-los é monitorar, de forma constante, os recursos naturais. O monitoramento ambiental é um campo relevante na ciência ambiental que avalia os impactos das atividades humanas e permite caracterizar a qualidade ambiental.

Considerando que a água de qualidade está diretamente relacionada com a saúde humana, um conhecimento adquirido desde a Grécia Antiga e comprovado cientificamente no século XIX, quando a pesquisa do epidemiologista John Snow se destacou comprovando que um surto de cólera em Londres estava associado a poços de abastecimento público contaminados por esgoto (FREITAS e FREITAS, 2005). O monitoramento de um corpo hidrogeológico é de extrema importância para garantir uma vida digna de povos que utilizam água para consumo sem acesso ao tratamento adequado. Uma prova disso é a importância desse recurso no momento de pandemia que estamos vivenciando, onde a higiene e assepsia são um dos principais meios de evitar e controlar a doença segundo as orientações do Ministério da Saúde (MS) e Organização Mundial da Saúde (OMS). No entanto, a água para ser considerada apta para o consumo humano deve apresentar alguns parâmetros de qualidade em conformidade com a legislação, regidos pelo Decreto nº 79.367/77

e a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (MS) vigente para todo território nacional.

O abastecimento de água potável nos centros urbanos é um dever do estado imposto pela Lei 11445/07 de Saneamento Básico, no entanto as comunidades rurais, que se afastam desses grandes centros ficam vulneráveis pela falta de saneamento básico e principalmente de água tratada, pois o alto custo gerado para a implantação dos sistemas à grandes distâncias e a falta de recursos faz com que o consumo de água bruta seja incentivado. Uma das ações mais comuns para pessoas que se encontram nessa situação, é a utilização de técnicas de filtração natural e extração de água subterrânea para garantir o abastecimento de suas residências (VASCONCELOS, 2014), porém sem ter a garantia da potabilidade.

Segundo art. 1º dos incisos I e III, da Resolução 15/2001 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), água subterrânea é aquela que corre naturalmente, ou artificialmente no subsolo, podendo surgir na superfície do solo através de frestas nas rochas como fontes de águas naturais.

A falta de abastecimento de água na zona rural gera um problema de saúde pública bastante complexo, pois essas pessoas utilizam dos recursos hídricos sem a devida investigação de qualidade e podem se expor a vários tipos de doenças de veiculação hídrica. Cada família utiliza de seus conhecimentos e técnicas para o melhoramento da água, uma delas bastante conhecida é o poço raso, também conhecido como “cacimba”, que consiste em um poço tubular de alvenaria que isola uma vertente encontrada que passa por um processo de filtragem simplificada pelas próprias camadas do solo (HERRÁIZ, A. S., 2009). Entretanto, essas técnicas nem sempre são suficientes para garantir a potabilidade da água em áreas rurais, a qual está sujeita a diversas formas de contaminação.

Muitas vezes a falta de conhecimento e informação pode provocar um aumento da contaminação da água subterrânea. A escolha do local onde será perfurado o poço é de extrema importância, pois áreas próximas a criadouro de animais, ou até mesmo de fossas sépticas estão sujeitas a ação do escoamento superficial e a infiltração de diversos microorganismos e contaminantes presentes nas fezes. Assim como locais muito próximos a lavouras, uma vez que a permanência desses insumos no solo e água é cada vez maior e esses compostos são de alto risco a saúde humana (Osório, Q. S., 2004).

De acordo com relatório da Organização das Nações Unidas (ONU, 2019) a população mundial continua a aumentar com estimativa de 9,7 bilhões de indivíduos em 2050. Neste contexto, a agricultura e a pecuária são atividades fundamentais para suprir a demanda de alimentos. Uma alternativa para aumentar a produtividade sem aumentar a área ocupada é fazer o uso de fertilizantes, além dos defensivos agrícolas. Os fertilizantes são fontes de nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Os defensivos agrícolas são substâncias utilizadas no controle de pragas e doenças no setor agropecuário. Embora haja benefícios e a necessidade do uso destes insumos para a produção de alimentos no mundo, essa prática possui consequências ambientais consideráveis, principalmente aos recursos hídricos. Os resíduos desses compostos podem permanecer no ambiente ou nos alimentos prejudicando a saúde humana, requerendo monitoramento dessas matrizes (COUTINHO, C. F. B., et al., 2005 e COOPER, J.; Dobson, H., 2007).

Tendo em vista a importância do estudo da qualidade da água consumida pelo ser humano e as adversidades vivenciadas pelas pessoas que vivem na zona rural, entende-se a necessidade e relevância dessa pesquisa. Este trabalho visa averiguar a qualidade da água subterrânea, através da identificação do nível freático, das análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, e a identificação da presença de agrotóxicos por cromatografia líquida de alta eficiência, na área rural do 3º distrito de Piratini, RS, onde não há abastecimento de água tratada e é uma região com nível considerável de atividade agropecuária que possui grande potencial de contaminação.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Detecção de sinais de contaminação das fontes de água utilizadas para consumo humano no interior da cidade de Piratini, RS.

## **2.2 Objetivos Específicos**

- Verificar se os parâmetros analisados estão dentro dos limites permitidos pela legislação vigente;
- Desenvolver uma proposta de monitoramento constante dessas fontes de água;
- Sugestões de atividades ou ações que possam melhorar a qualidade da água usada para consumo humano.

## **3 JUSTIFICATIVA**

Levando em conta que a água é importantíssima para a sobrevivência humana e a forma como ela está disponível na natureza, que pode contribuir com muitas substâncias e/ou organismos vivos indesejáveis, torna o sistema de tratamento indispensável. As impurezas contidas nas águas naturais podem atribuir características físicas, químicas e bacteriológicas identificando sua qualidade através dessas propriedades. De maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de uma água é função das condições naturais e da ação antrópica (SPERLING, 2005). Ainda, é importante destacar que áreas rurais não possuem sistema de distribuição de água tratada por meio de companhias de saneamento, o que pode comprometer a segurança da mesma. Neste sentido, se faz necessário a avaliação da água de consumo humano das áreas rurais, como a do município de Piratini, principalmente porque muitas fontes de água para consumo estão localizadas próximas ou mesmo dentro de lavouras em intensa atividade e ou em campos com atividades pecuárias. Ambas as atividades apresentam fatores que são potencialmente contaminantes como o uso de agrotóxicos e os dejetos dos animais muito próximos da fonte de água.

## **4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **4.1 Qualidade da Água Para Consumo Humano**

No Brasil, as normas elaboradas através do Ministério da saúde, para o padrão de qualidade da água são regidas pelo Decreto nº 79.367/77 vigente em todo território nacional. Em 2011 foi criado pelo setor da saúde através Decreto nº 7.508/2011, o sistema de vigilância para o consumo humano (VIGIAGUA) para garantir à população o acesso à água de qualidade exigida pela legislação com o objetivo de assegurar e promover a saúde e inibindo as doenças de transmissão hídrica (BRASIL, 2016b).

As principais fontes potenciais de contaminação das águas subterrâneas de acordo com a CETESB são as atividades relacionadas a descarte de resíduos, mineradoras e as atividades agrícolas. Cada local possui um potencial de poluição e isso depende das características da forma de lançamento do poluente no solo, da vulnerabilidade do aquífero, sendo considerados aspectos fundamentais o tipo de aquífero, a profundidade do nível d'água, e as características dos estratos acima da zona saturada, em termos de grau de consolidação e litologia (argila a cascalho). Depois de contaminada, a água subterrânea dispõe de um elevado ônus de recursos financeiros e humanos para sua remediação. Desta forma, devem ser tomadas medidas preventivas para sua proteção, associadas ao controle de poluição como um todo, definindo os critérios de qualidade (CETESB, 2021).

A forma negligente do uso e ocupação do meio ambiente é um fator preocupante, tanto na zona rural quanto nos grandes centros. A natureza, normalmente possui uma capacidade de depuração e regeneração, mas com o passar dos anos a sociedade tem se tornado cada vez mais complexa e a geração de resíduos cada vez maior, ultrapassando a competência natural do ambiente ocasionando a contaminação do solo e da água (BÁRBARA, 2006)

A água destinada ao consumo humano deve, principalmente, não oferecer riscos à saúde da população a que se destina (BRASIL, 2011). Aprendemos desde muito cedo que a água deve ser insípida, inodora e incolor. No entanto, para que se possa assegurar a sua qualidade é necessário monitorar, através de análises, os parâmetros exigidos pelas leis.

De acordo com Lucas et al. (2010) a análise microbiológica é um instrumento de peso na determinação da qualidade da água de consumo. Devido a grande diversidade de microrganismos que podem estar presentes na água, a maioria de origem fecal, o método recomendado pela comunidade científica internacional é o uso de organismos indicadores (BRASIL, 2006). Os parâmetros físicos de análise representam de maneira indireta a concentração de sólidos na água. Águas com alto conteúdo de sólidos podem veicular microrganismos patogênicos.

A avaliação química é feita para análise de substâncias na água que não devem estar presentes na água acima das concentrações limites permitidos pela Norma vigente do Ministério da Saúde ( RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A., 2013).

Dessa forma, conhecendo as características físico-químicas e microbiológicas de uma fonte mediante as análises laboratoriais, pode-se atuar de maneira a antecipar os problemas de qualidade da água, corrigindo as contaminações que excedem os padrões de potabilidade da água.

#### **4.2 Abastecimento de Água na Zona Rural**

O serviço de saneamento e abastecimento de água nas zonas rurais é bastante insatisfatório e muitas vezes inexistente, deixando essa população vulnerável a muitas doenças e diminuindo a qualidade de vida nesses locais. Conforme os dados apresentados pelo censo 2010 realizado pelo IBGE, cerca de 29.830.007 pessoas residem nas zonas rurais. Dessa forma, grande parte da população sofre com a falta de abastecimento de água, se obrigando a utilizar de outros meios para captação. De acordo com a UNICEF/OMS (2015), 663 milhões de pessoas em todo mundo ainda bebem água de fontes que não são seguras, sendo a maioria delas moradoras de áreas rurais.

As formas mais utilizadas para a captação de água em regiões sem abastecimento público são por meio de cacimbas e poços artesianos, definidos e diferenciados pela Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. A Tabela 1 a seguir apresenta as diferentes características dos poços de captação de água subterrânea.

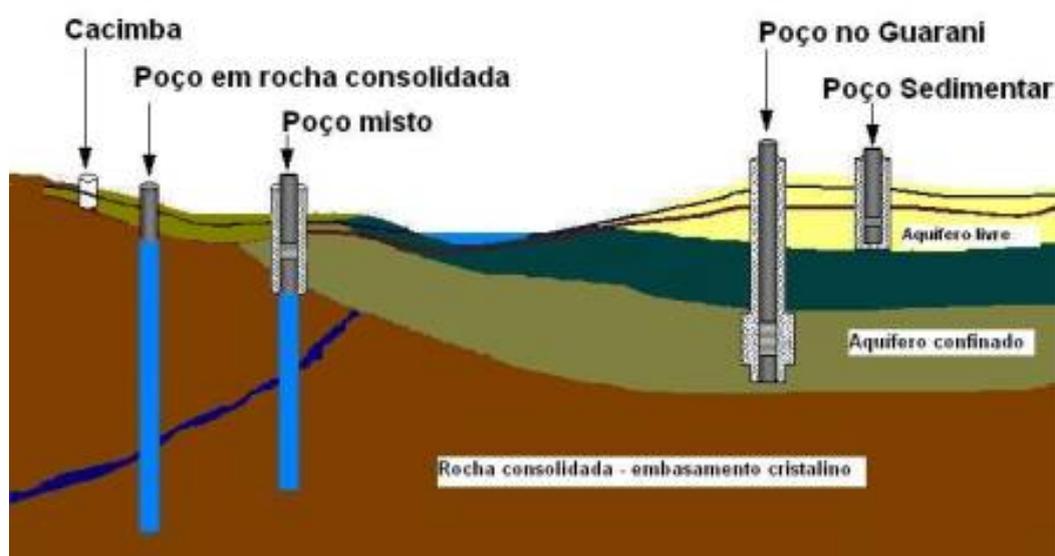
Tabela 1- Definição dos tipos de poços de captação da água subterrânea.

	<b>Cacimba, poço raso, cisterna, poço amazonas</b>	<b>Semi artesiano</b>	<b>Poço Misto</b>	<b>Poço artesiano; poço no guarani</b>
<b>Tipo de captação/perfuração</b>	Captam do lençol freático	Perfuração em rocha consolidada	Perfuração em rocha consolidada/ inconsolidada	Perfuração em rocha consolidada/ inconsolidada
<b>Profundidade (metros)</b>	Até 20	De 20 a 50	De 60 a 80	De 50 até 2000
<b>Diâmetro (metros)</b>	1 ou mais	0,2 (média)	0,2 (média)	0,2 (média)
		determinado pelo diâmetro interno do tubo de revestimento definitivo, normalizado		
<b>Especificações</b>	Escavados manualmente	Necessita de filtro e pré filtro	Capta água das formações sedimentares e rochosas; Aconselhado em regiões com escassez de água; Necessita de filtro e pré filtro.	São jorrantes/ não jorrantes; NBR 12212; NBR 12244; Captam água das formações sedimentares ou rochosas.

Fonte: Adaptado de ABAS, 2022.

A Figura 1 a seguir ilustra os diferentes tipos de poços existentes.

Figura 1- Representação da diferença entre os tipos de poços.



Fonte: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2021.

Lembrando que a captação de água subterrânea precisa de autorização, principalmente os poços artesianos, que são considerados obras de engenharia e fazem parte da Política Nacional de Recursos Hídricos Lei 9433/97. Sendo assim, a perfuração de poços sem a devida autorização, bem como desobediência às Normas Reguladoras NBR 12212 e NBR 12244, que dão as diretrizes de como proceder com essa atividade, são consideradas infração por crime ambiental de acordo com a lei federal 9.605/98, sujeito a detenção.

Existem muitos projetos que trabalham de modo a orientar a população que utiliza água de fontes naturais, porém são desenvolvidos de forma fragmentária e descontínua, além de dispor de poucos recursos para tal. Assim, verifica-se a limitação de estudos que proporcionem conhecer as reais condições sanitárias do meio rural e possibilitem avaliar as ações desenvolvidas nestes espaços (TEIXEIRA, 2014). Entretanto, se abordagens de boas práticas de uso da água e o monitoramento da qualidade dos recursos hídricos fossem proporcionados a estas comunidades rurais todos teriam acesso a água de boa qualidade.

### 4.3 Caracterização De Qualidade De Água

A Norma vigente de potabilidade da água para consumo humano é da Portaria nº 2.914/2011, que considerou as experiências internacionais e as recomendações da 4ª Edição das Guias de Qualidade da Água para Consumo Humano da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2011), adaptadas à realidade brasileira. A caracterização de qualidade de água depende para qual fim será destinada. A Resolução CONAMA nº 357/2005, alterada pelas resoluções 393/2007, 397/2008, 410/2009 e 430/2011 dispõe sobre a classificação dos corpos de água superficiais e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, determinando também as condições e padrões de lançamento de efluentes. Já a Resolução CONAMA nº 396/2008 estabelece a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.

Com a intensificação da urbanização e a industrialização, ocorreu o aumento concomitantemente do nível de complexidade dos contaminantes e efluentes liberados nos corpos receptores. Para isso, existem as normativas e índices que orientam os limites desses parâmetros evitando o comprometimento dos recursos naturais. Além das resoluções já citadas, existe também o IQA (Índice de Qualidade de Água) adaptado e utilizado pela CETESB, desde 1970 com intuito de definir os parâmetros mais relevantes para qualidade de água, através de estudos feitos pelos especialistas da área. O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades da água correspondentes às variáveis que integram o índice. O IQA tem como foco principal o abastecimento público, com a vantagem de ser entendível pelo público leigo, no entanto há limitações e a perda de informações fazem com que esse estudo integrado não substitua as avaliações detalhadas de qualidade de água.

Em relação a substâncias tóxicas, existe o ISTO (Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas), que é calculado através de um grupo de variáveis que indicam a presença de substâncias tóxicas (potencial de formação de trihalometanos - PFTHM, número de células de cianobactérias, cádmio, chumbo, cromo total, mercúrio e níquel ) e organolépticas (ferro dissolvido, manganês, alumínio dissolvido, cobre dissolvido e zinco ) na água. O ISTO, juntamente com o IQA são utilizados para calcular o IPA (Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público), geralmente utilizado em amostras coletadas em rios e reservatórios destinados para esse fim (CETESB, 2021).

### **4.3.1 Parâmetros Indicadores Analisados**

A água, devido às suas propriedades de solvente e à sua habilidade de transportar partículas, incorpora a si diversas impurezas, que definirão sua qualidade. Comumente, pode-se dizer que a qualidade de uma água é função das condições naturais e da interferência dos seres humanos. A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas (SPERLING, 2005).

Alguns dos principais parâmetros indicadores de qualidade da água que foram avaliados neste trabalho são: potencial hidrogeniônico – pH, temperatura, condutividade, turbidez, cloro total, oxigênio dissolvido - OD, nitrato, dureza, coliformes totais, alcalinidade, fósforo e DBO.

#### **4.3.1.1 Potencial Hidrogeniônico - pH**

O pH mede a concentração de íons hidrogênio, indicando sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Este parâmetro é de extrema importância, pois além de afetar o metabolismo de diversas espécies aquáticas, o pH pode aumentar o efeito das substâncias tóxicas como os metais pesados (ANA, 2022). A Resolução CONAMA 357, e a Portaria nº 2.914/2011 estabelecem os limites desse parâmetro de 6 - 9 para abastecimento de água para consumo humano. A escala mais utilizada é de 0 a 14 considerando-se de 0 a 6,9 com caráter ácido, 7 neutro e de 7,1 a 14 com caráter básico (SPERLING, 2005).

#### **4.3.1.2 Temperatura da Água**

A temperatura é um parâmetro físico com transferência de calor por radiação, condução ou convecção e a sua medição é feita através do grau de agitação das moléculas (PÁDUA, H. B.)

Os corpos d'água variam de temperatura ao longo do dia e das estações do ano, tendo uma grande influência sobre os organismos aquáticos causando danos no processo de desenvolvimento e reprodução quando esse parâmetro encontra-se fora dos limites de tolerância dos mesmos (ANA, 2022). Para o consumo humano,

águas com temperaturas superiores a 27° C intensificam possíveis odores e sabores presentes (SCHWARZBACH, M. S. R.; MORANDI, I. C., 2000).

#### 4.3.1.3 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica (condutância) é um termo numérico da capacidade de uma água em conduzir a corrente elétrica (LIBÂNO, 2008).

Os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformam-se num eletrólito capaz de conduzir corrente elétrica. A condutância da água depende da temperatura e das concentrações iônicas (CETESB, 2005). Pode-se averiguar a acontecimento de teores elevados de condutividade elétrica no período seco, quando a água da chuva não exerce o efeito diluidor (SPERLING, 2004).

A Tabela, criada por MENDES E OLIVEIRA (2004), ilustra a classificação das águas de acordo com a condutividade elétrica, tendo como influência o tipo de concentração, valência e mobilidade da espécie iônica e a temperatura dos corpos hídricos.

Tabela 2- Classificação das águas quanto aos valores de condutividade elétrica.

Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Mineralização	Qualidade da água
< 100	Muito fraca	Excelente
100 - 200	Fraca	Excelente
200 - 400	Pouco acentuada	Excelente
400 - 600	Média	Boa
600 - 1000	Importante	Utilizável
>1000	Excessiva	Difícilmente utilizável
>1500	Excessiva	Não utilizável na rega

#### **4.3.1.4 Turbidez**

Este parâmetro é atribuído às partículas sólidas em suspensão que podem transportar substâncias com capacidade de incumbir cor, sabor e odor à água (SCHWARZBACH, M. S. R.; MORANDI, I. C., 2000).

Conforme Von Sperling (2005) a turbidez caracteriza o grau de interferência da passagem da luz pela água, o que causa a redução da fotossíntese e consequentemente gera impactos sobre a vegetação submersa.

Alguns materiais como fragmentos de rocha, argila, silte, algas, microorganismos, etc., designam essa característica à água, nem sempre trazendo condições sanitárias impróprias, mas incômoda aos olhos humanos.

A turbidez é vista como um parâmetro de qualidade da água importante, uma vez que pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas e, ainda, afetar o uso doméstico e industrial de um corpo d`água.

#### **4.3.1.5 Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

O oxigênio dissolvido é um fator de grande importância para a vida aquática e um excelente indicador de qualidade de água, uma vez que valores muito baixos ou muito altos de oxigênio na água, significa uma intensa atividade de algas que durante o dia fazem fotossíntese produzindo o oxigênio e durante a noite consomem na respiração (ANA, 2022).

Os parâmetros de DBO são de extrema importância na avaliação da qualidade da água, pois indicam a presença de matéria orgânica na água, sabendo-se que essa é a principal responsável pela diminuição de oxigênio na água, causando a inibição da atividade respiratória das bactérias que a controlam (MS, 2006).

#### **4.3.1.6 Cloreto Total**

Segundo Garcez (2014) esse parâmetro não é considerado prejudicial à saúde humana, contudo atribui um sabor salgado à água. O cloreto é um dos sais mais comuns em águas naturais, de efluentes domésticos e industriais, podendo se

apresentar nas águas subterrâneas através da fragmentação das rochas e do solo (ALVES, M. G., et al., 2010).

Para as canalizações e para o uso agrícola, não é aconselhável a utilização de águas com elevadas concentrações de cloretos, pois tende a causar prejuízos e corrosão (GARCEZ, L.N., 2014).

#### **4.3.1.7 Alcalinidade**

A análise de alcalinidade da água é de grande importância para se saber a capacidade de tamponamento da água, ou seja, a capacidade que a água possui de neutralizar os ácidos presentes, resistindo às mudanças de pH. Esse parâmetro é caracterizado pela presença de bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ) (RAMILIO, N., et al., 2015).

#### **4.3.1.8 Dureza Total**

A dureza da água está relacionada com a dissolução de minerais que contém cálcio e magnésio, acarretando no aumento da concentração de cátions metálicos em solução (LIBÂNO, 2008).

De acordo com Alves, M. G., et al. (2010), o empecilho para o uso humano condiz com o gosto desagradável que essa característica atribui a água, além de outras que interferem nas atividades domésticas, como a dificuldade de precipitar o sabão.

#### **4.3.1.9 Coliformes Totais**

De acordo com Herráiz (2009) as camadas do solo podem atuar como filtros naturais, diminuindo, conseqüentemente a concentração de microrganismos na água, o que corrobora com Coelho e colaboradores (2017) quando sugerem que, do ponto de vista microbiológico, as águas subterrâneas apresentam menos restrição de uso in natura em relação às águas superficiais.

O método do número mais provável (NMP), idealizado por McCrady em 1915, serve para medir a presença ou ausência de coliformes na água. Utilizando o kit Colitest® que contém dois reagentes, um serve de substrato para as bactérias do

grupo dos coliformes e outro é específico para o grupo das bactérias *E. coli*, um importante indicador de presença de coliformes na água. O substrato presente ( $\beta$ -D galactopyranoside) serve de substrato para a enzima  $\beta$ -galactosidase que quebra ele em -D galactose + o-Nitrophenol (que é responsável em conferir a cor amarela do líquido). Posteriormente a outra reação é para identificar a presença de *E. coli*. Então o substrato MUG (4-methyl-umbellyferyl) utilizado pela enzima  $\beta$ -glucoronidase que é uma enzima específica das *E. coli* quebra o substrato em 4-methylumbelliferyl + -D glucoronide, a primeira fração é responsável pela fluorescência da amostra.

O método do número mais provável é um método bastante sensível e identifica uma unidade formadora de colônia em 100ml (UFC) que é uma única bactéria capaz de formar uma colônia, se utiliza de uma diluição serial para identificar o número de indivíduos na amostra, que leva em conta um teste estatístico, onde o resultado vem de uma tabela criado por pesquisadores que chegaram aos tais dados.

#### **4.3.1.10 Nitrato**

O nitrogênio é o nutriente que está intensamente relacionado com a produtividade e qualidade de grãos e por isso é utilizado em maior quantidade e pela maioria dos cultivos agrícolas. Na cultura de soja, a prática de adubação nitrogenada não é recomendada, pois a fixação biológica do nitrogênio fornece quantidades adequadas para garantir alta produtividade (EMBRAPA SOJA, 2007). Já no cultivo das gramíneas, por exemplo, se faz necessário a aplicação de fertilizantes. O excesso de nutrientes não assimilados pelas plantas é lixiviado podendo chegar nas camadas mais profundas do solo e poluir a água dos lençóis freáticos.

O nitrato é uma substância que pode ser encontrada tanto em águas superficiais quanto nas águas subterrâneas, podendo ser disponibilizado através das atividades agrícolas, principalmente da oxidação de produtos nitrogenados como os fertilizantes, além da liberação de águas residuárias (SCORSAFAVA, M. A., SOUZA, A., ALVES, G. L., 2017). Quando o teor de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) atinge valores maiores de 10 mg/L na água destinada ao consumo humano, afeta a saúde das pessoas (TIECHER, 2017).

#### **4.3.1.11 Fósforo**

O fósforo é um elemento químico bastante comum no ambiente aquático e pode estar disponível em duas formas: orgânica e inorgânica. A sua existência na água se dá através dos processos naturais como a decomposição de matéria orgânica, das rochas e até mesmo através das ações antrópicas (MONTEIRO, M.C.H.; TORRENT, J, 2010).

Esse elemento não é considerado pelo CONAMA como um agente poluidor, no entanto várias pesquisas apontam o fósforo como um grande influenciador na qualidade da água, pois quando se encontra em altas quantidades no ambiente aquático causa grande dano à fauna local com a eutrofização dos corpos hídricos (KLEIN, C. e AGNE, 2012).

#### **4.3.2 Determinação De Agrotóxicos Na Água**

Identificar os contaminantes em um ambiente é um grande desafio uma vez que, em toda e qualquer amostra ambiental pode-se encontrar uma enorme variedade de espécies químicas. Desta forma, as técnicas analíticas robustas, rápidas e eficazes são fundamentais na análise ambiental.

Com o aperfeiçoamento da instrumentação analítica e o desenvolvimento de métodos de extração robustos é possível detectar e identificar compostos em concentrações muito pequenas, contribuindo, assim, para o melhor entendimento do problema de contaminação do meio ambiente. Existem muitas técnicas analíticas que são utilizadas no monitoramento da qualidade da água para consumo humano que são utilizadas de acordo com a finalidade analítica.

A cromatografia é um método analítico de separação de espécies químicas que pode ser combinada a diferentes sistemas de detecção, tornando-se uma ferramenta analítica eficaz mais utilizada na identificação e determinação de compostos químicos em misturas complexas, como os agrotóxicos. A separação dos compostos em uma matriz complexa ocorre com base nas diferenças de velocidade nas quais são transportados através de uma fase estacionária por uma fase móvel, líquida ou gasosa, devido a diferenças de adsorção, partição, solubilidade, pressão de vapor, tamanho da molecular ou densidade de carga iônica. A fase estacionária em cromatografia que pode ser líquida ou sólida e é imobilizada em uma coluna. A

grande variedade de combinações entre a fase móvel e estacionária faz com que este método tenha uma série de técnicas diferenciadas. A cromatografia com detecção por espectrometria de massa fornece análises altamente seletivas e sensíveis e permite a obtenção de informações estruturais sobre os analitos e sobre suas massas molares (CHIARADIA, M. C, 2008).

As separações em química ambiental geralmente envolvem as duas técnicas cromatográficas mais conhecidas: a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) e a cromatografia gasosa (CG) que podem ser acopladas a diferentes detectores de acordo com a amostra e proposição analítica.

Neste estudo será utilizado a cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a espectrometria de massa (HPLC-MS) para a identificação e quantificação de resíduos de agrotóxicos que podem estar presentes nas fontes de água analisadas.

#### **4.3.3 Investigação do Nível Freático**

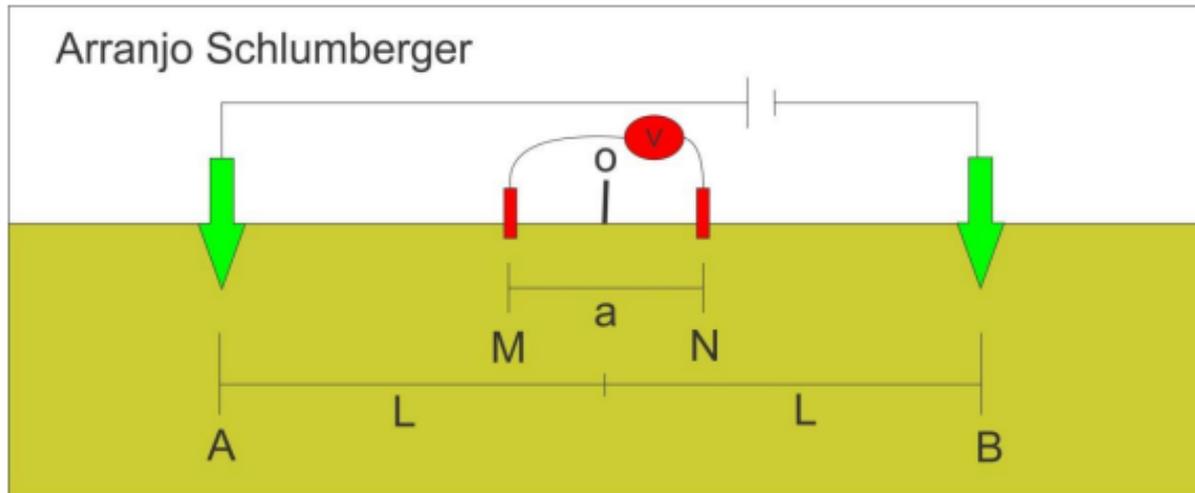
A utilização de métodos geofísicos para a investigação de contaminantes no solo e água vem sendo utilizado em larga escala, ganhando força nas últimas décadas, pelo avanço no interesse dos estudos ambientais (SANTOS, F. M., 2005).

A principal propriedade física investigada por métodos geoeletricos é a resistividade elétrica ou o seu inverso, a condutividade elétrica. Os objetivos dessas investigações geoeletricas é determinar a distribuição das resistividades ou condutividades em superfície (ORELLANA, E., 1972). No ponto de vista ambiental, esse estudo torna-se essencial para a avaliação do nível freático, pois através dessa informação podemos averiguar a suscetibilidade de contaminação da água subterrânea.

O método que será utilizado para esse estudo é o método geoeletrico, através da técnica de sondagem elétrica vertical, utilizando o arranjo Schlumberger, apresentado na Figura 2. Essa técnica consiste na análise interpretativa dos dados de resistividade aparente obtida através de medidas realizadas na superfície do terreno pontualmente com sua variação em profundidade. O arranjo designado para esse trabalho consiste no deslocamento de dois eletrodos de corrente A e B que apresentam uma separação crescente (L), em relação ao centro do arranjo (o), os eletrodos de potência M e N permanecem fixos, conforme ilustrado na imagem X,

fazendo com que a distância “a” que separa os eletrodos fixos, tenda a zero em relação à distância crescente entre A e B (CPRM, 2013).

Figura 2 - Representação da metodologia do Arranjo Schlumberger.



Fonte: PINTO, et al. apud modificado de BRAGA.

Segundo Sato (2002), as curvas de resistividade ( $\rho$ ) aparente de três camadas ainda podem ser tipificadas de acordo com a relação entre as resistividades das três camadas. Assim,

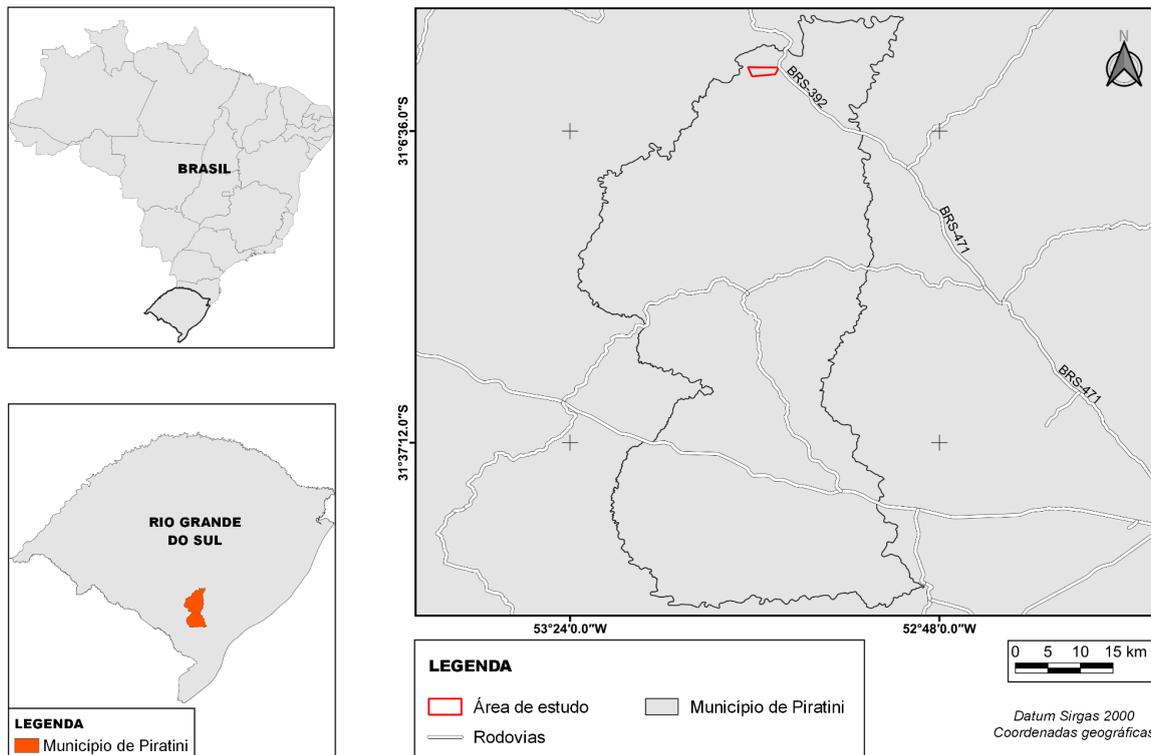
- se  $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$ , a curva é dita do tipo H
- se  $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$ , a curva é dita do tipo K
- se  $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$ , a curva é dita do tipo A
- se  $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$ , a curva é dita do tipo Q

Desta forma pode-se caracterizar as curvas de resistividade aparente obtidas nas sondagens realizadas neste estudo, obter informações sobre a estrutura do terreno e identificar as leituras estranhas que devem ser descartadas.

#### 4.4 Área De Estudo

A Figura 3 ilustra o mapa da localização do município de Piratini no sul do estado do Rio Grande do Sul que se estende por 3.539,799 km<sup>2</sup> e conta com 20.704 habitantes.

Figura 3 - Mapa de localização do Município de Piratini.



Fonte: Adaptado CPRM. Acesso em 2022.

O município tem densidade demográfica de 5,61 habitantes por km<sup>2</sup> no seu território, que está situado a 345 metros de altitude, com as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 31° 26' 32" Sul, Longitude: 53° 6' 16" Oeste (IBGE, 2020). Piratini tem 44% do território inserido na bacia hidrográfica do Camaquã e 56% na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim e Canal São Gonçalo (Sema-RS).

O clima neste planalto é subtropical ou temperado com verões amenos, conforme indicam os dados da Tabela 3, que caracterizam esse clima.

Tabela 3- Média climatológica de Piratini baseada em 30 anos de dados (1981-2010).

	Temp. mín. (°C)	Temp. máx. (°C)	Chuva (mm)
Janeiro	18,6	29	125,8
Fevereiro	18,4	28	196,4
Março	16,9	27,1	113,7
Abril	13,9	24,1	124,7
Mai	10,7	20,1	147,3
Junho	8,6	17,6	123,1
Julho	7,7	17,3	103,5
Agosto	9	18,9	120,6
Setembro	10,6	19,8	123,1
Outubro	13,2	22,6	99,4
Novembro	15	25,4	112,6
Dezembro	17,1	27,9	123

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Acesso em 2021.

#### 4.4.1 Geomorfologia

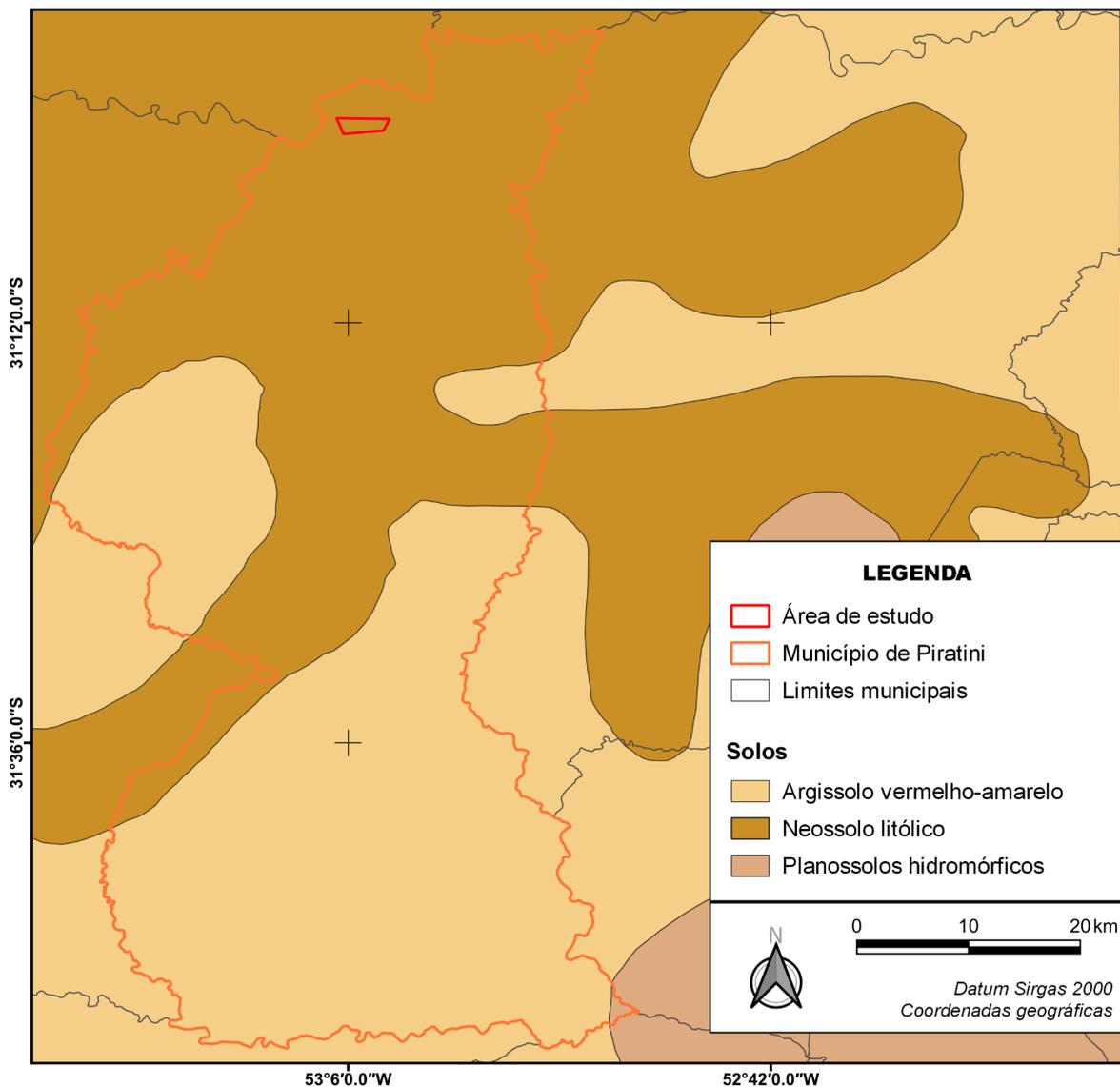
A região de Piratini é formada por campos e coxilhas do Escudo Cristalino Sul-Rio-Grandense. Os terrenos pertencem à formação triássica, sabendo-se a existência de minas de cobre no vale do Rio Camaquã ( COSTA, A. R., 1922).

Na bacia hidrográfica do rio Piratini, há ocorrência esparsa de blocos rochosos elevados, no relevo caracterizado por serras com áreas amplas de solos profundos e rasos. A bacia hidrográfica do rio Camaquã caracteriza um planalto com solos rasos e cascalhentos no divisor e uma serra rochosa que se estende até o rio, com algumas partes depressivas aplainadas ( CUNHA, N.G., et al., 1997).

#### 4.4.2 Pedologia

Em relação ao solo do município, conforme apresenta o Mapa Exploratório de solos do Rio Grande do Sul, estes são classificados em Argissolos Vermelho-Amarelo e Solos Litólicos (Neossolos), conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 - Solos do município.



Fonte: Adaptado de PMSB, 2015 apud IBGE, 2014.

Os solos Argilossolos Vermelho-Amarelo são solos minerais, não encharcados, com uma profundidade variada (50-200 cm), caracterizados a pela

presença de um horizonte B textural de coloração vermelho-amarelada. Possuindo geralmente um horizonte A de cor clara, causado pela perda de argila e materiais corantes para o horizonte B. Apresentam variações texturais, podendo ser: arenosa/média, arenosa/argilosa, média/argilosa ou mesmo textura argilosa no A e B. De acordo com o material que origina esse solo, pode apresentar cascalho ao decorrer do perfil. Da mesma maneira, a variação da fertilidade natural também ocorre, podendo existir nesta classe perfis álicos, distróficos e eutróficos, sendo que a grande maioria deles, entretanto, é distrófico ou álico, desenvolvendo comumente argila de atividade baixa (Tb).

Este tipo de solo pode se desenvolver de diferentes materiais de origem, porém são sempre pobres em ferro, fazendo com que não se desenvolva sobre rochas básicas (basalto, por exemplo).

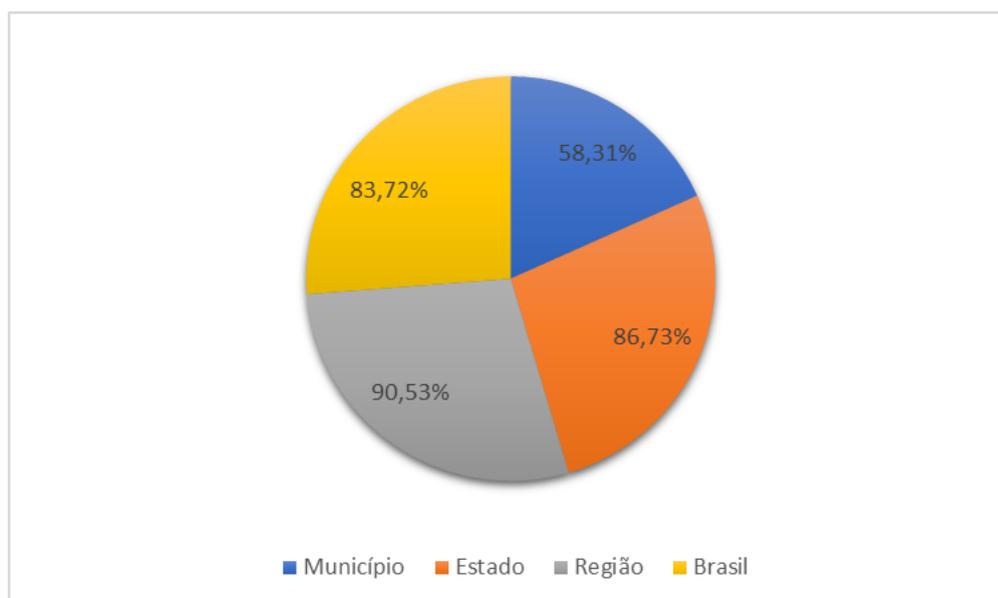
Os Solos Litólicos (Neossolos) compreendem solos pouco desenvolvidos, rasos que possuem o horizonte A diretamente disposto sobre a rocha ou sobre um pequeno horizonte C, geralmente com muito material de rocha em decomposição (SiBCS, 2018).

#### **4.4.3 Situação de abastecimento de água do município**

Piratini é uma cidade pequena, possuindo uma grande parte da sua população nas zonas rurais. Mediante isso, o abastecimento de água nesses locais se torna mais difícil pelo grande custo de implantação que as obras exigem para levar água até esses locais, considerando a distância das zonas periféricas com a cidade.

Em relação ao abastecimento de água no município, a Figura 5 representa a porcentagem da população que efetivamente é atendida por rede de abastecimento de água em relação à população total residente dos prestadores que responderam o Sistema Nacional de Informações Sobre o Saneamento (SNIS), no ano de referência.

Figura 5 - Dados de Abastecimento de Água no Município de Piratini, RS.



Fonte: Adaptado de Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), 2019.

Percebe-se através do gráfico representado pela Figura 5, que apenas 58,31% da população de Piratini possui acesso a água tratada. Em comparação com os dados em relação ao estado, região e ao Brasil, esse município está abaixo das médias, indicando que o restante da população utiliza outras formas de abastecimento, como os poços rasos e artesianos. O 3º distrito, mais especificamente os pontos onde foram coletadas as amostras, ficam a uma distância de aproximadamente 75 km da cidade. Considerando que a unidade de distribuição de água, representada pela empresa, Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), fica localizada na zona urbana da região, tem-se a noção do grande investimento que demandaria levar a água tratada para toda a população.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 Pontos de Coleta de Amostras

Os locais selecionados para a amostragem são de propriedades particulares, que cederam acesso livre aos poços, onde existe uma diferenciação no cenário ao seu redor. A Figura 6 apresenta o mapa da região de estudo.

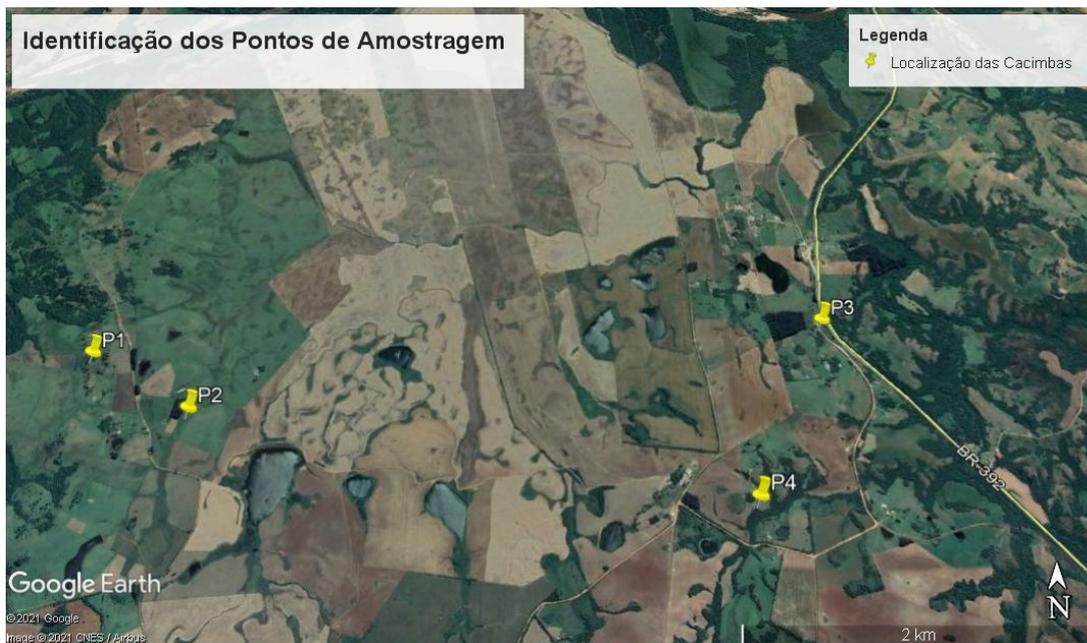
Figura 6 - Mapa da Região ao Entorno do Local de estudo.



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2021.

Na Figura 7 tem-se o mapa de localização dos pontos onde foram coletadas as amostras com a caracterização do local onde estão inseridos .

Figura 7 - Mapa de localização dos pontos de amostragem.



Fonte: Adaptado Google Earth, 2021.

A Figura 8 representa a imagem do poço raso no ponto 1, a mesma ilustra a situação e o tipo de cobertura que existe no entorno.

Figura 8- Imagem do poço raso no ponto 1.



Fonte: Autoral, 2021.

O ponto 1 refere-se a um local de campo nativo, com criação de gado, um terreno íngreme e o solo bastante pedregoso, com suas características parecidas com neossolo. A cacimba é feita de concreto, com aproximadamente 2 metros de profundidade, com deposição de argila ao fundo para melhorar a qualidade da água e é utilizado bomba de elevação para levar a água até a residência. Esse ponto possui uma elevação de 109 metros.

Para a melhor visualização e a interação sobre o poço raso no ponto 2, utilizou-se a imagem ilustrada na Figura 9.

Figura 9- Imagem do poço raso no ponto 2.



Fonte: Autoral, 2021.

O ponto 2, que se localiza próximo ao ponto 1, está inserido dentro de uma lavoura com intensa atividade agrícola. Essa cacimba é isolada com concreto, possui uma profundidade aproximada de 1,60 metros, com alguns materiais rochosos como areia e cascalho depositados ao fundo para ajudar na filtragem da água e utiliza apenas a gravidade para levar a água até a residência. Possuindo uma elevação de 133 metros.

A Figura 10 ilustra as condições em que se encontram o poço raso no ponto 3.

Figura 10- Imagem do poço raso no ponto 3.



Fonte: Autoral, 2021.

O ponto 3 é um local de campo nativo com atividades pecuárias, no entanto, a cacimba fica dentro da mata nativa que pertence aos limites do mesmo terreno. O olho d'água também é isolado com armação de concreto para evitar a contaminação, contendo uma profundidade de aproximadamente 2 metros, disposição de pedregulhos para auxiliar na turbidez da água e utilização de queda natural para que água chegue ao seu destino. Com elevação do terreno de 153 metros.

A Figura 11 traz a realidade em que se encontra o poço raso no ponto 4.

Figura 11- Imagem do poço raso no ponto 4.



Fonte: Autoral, 2021.

O ponto 4 está localizado dentro de mato nativo, utilizado como mata ciliar, porém essa é apenas uma porção do terreno de uma lavoura com intensa atividade

agrícola. A cacimba é isolada com concreto, com uma profundidade de aproximadamente 2 metros e a deposição de areia e cascalho para auxiliar na filtração, além da utilização de bomba de elevação para levar a água para ser consumida. Com elevação de 122 metros no terreno.

Figura 12- Imagem do poço no ponto B.



Fonte: Autoral, 2022.

O ponto B foi adicionado a esse estudo pela necessidade de um Branco para fins comparativos com as análises realizadas, sendo coletado apenas uma vez, na sétima coleta. A região em que se encontra o poço raso é uma área de preservação, dentro da mata, sem qualquer tipo de atividade antrópica ao seu redor.

## 5.2 Coleta e Preservação das Amostras

As coletas das amostras começaram, mensalmente, nas 4 diferentes fontes de águas naturais (cacimbas) descritas anteriormente, com início no mês de julho de 2019 se estendendo até dezembro do mesmo ano. Após essas datas, as coletas foram interrompidas pela pandemia e a restrição de acesso aos laboratórios da universidade. O retorno dos trabalhos se deu em novembro de 2021, finalizado em fevereiro de 2022. A programação foi instituída de modo que as coletas fossem realizadas em períodos secos e chuvosos, o que pode mostrar se está ocorrendo a percolação de algum tipo material para dentro das cacimbas. As amostras foram coletadas e armazenadas em frascos esterilizados de polietileno (500 mL), com exceção para as amostras destinadas para análise de oxigênio dissolvido que

necessita da adição de ácido direto no recipiente e é utilizado frascos de vidro (250 ml). Além disso, todas as amostras permaneceram refrigeradas até o momento das análises. A coleta de amostras e análises laboratoriais estarão em conformidade com a literatura, sendo os métodos descritos por Garcez, L.N. (2004), CETESB e a utilização de equipamentos apropriados descritos a seguir.

### **5.3 Reagentes**

Os reagentes utilizados neste projeto são: Colitest®, cloreto de potássio, EDTA, nitrato de prata, cromato de potássio, tiosulfato de sódio, ácido sulfúrico, sulfato manganoso, hidróxido de sódio, hidróxido de amônio, molibdato, iodeto de sódio, azida sódica, tartarato de antimônio e potássico, ácido clorídrico, verde de bromocresol/ vermelho de metila, negro de eriocromo T, Ácido Ascórbico, Ácido Oxálico, todos em grau analítico.

### **5.4 Análises de Campo**

A análise de campo para identificação do nível freático foi no local onde estão situados os poços com o equipamento eletrorresistivímetro modelo Syscal Pro fabricado por Iris Instruments. Após a coleta dos dados, os mesmos são refinados e enviados para fazer o processamento de inversão no software IPI2win (Geoscan-M, Ltda), onde se pode fazer a identificação das camadas geelétricas.

A Figura 13 ilustra a realização da SEV com a disposição do equipamento utilizado.

Figura 13- Imagem do trabalho de campo para a Sondagem Elétrica Vertical.



Fonte: Autoral, 2022.

## 5.6 Análises Laboratoriais

As análises ocorreram em triplicata no Laboratório de Química Analítica da Universidade Federal do Pampa (Unipampa), Campus Caçapava do Sul, com exceção das análises de presença de agrotóxicos, utilizando métodos cromatográficos que foi realizada pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

### 5.6.1 Temperatura

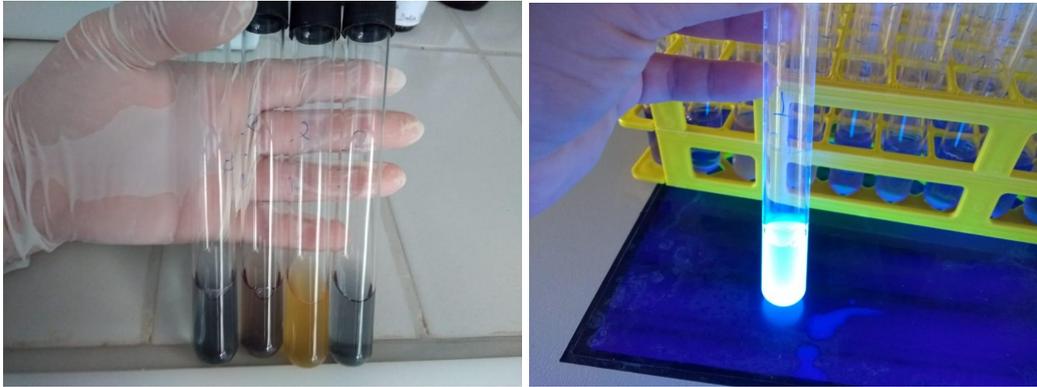
Os valores da temperatura foram obtidos através de um termômetro convencional, em escala de 0°C a 100°C. Esta medida é feita em campo, no momento da coleta.

### 5.6.2 Coliformes Totais

A quantificação de coliformes totais é obtida pelo o método NMP. As amostras, assim que chegam ao laboratório, são colocadas em frascos esterilizados e adicionados ao meio de cultura Colitest®. Após, são incubadas em estufas a 37°C por 24h (1ª leitura) e por 48h (2ª leitura - confirmação). O frasco controle continha

água destilada. Os resultados positivos são detectados pela alteração da cor púrpura para o amarelo. Já nos resultados negativos não apresentam alteração na cor púrpura.

Figura 14- Imagens ilustrativas das análises de Coliformes e E. coli.



Fonte: Autoral, 2022.

### **5.6.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)**

A leitura do pH é feita logo após a chegada das amostras no laboratório, respeitando o tempo para que as amostras atingissem a temperatura de aproximadamente 25°C. As medidas de pH são obtidas com o pHmetro da marca HANNA INSTRUMENTS-HI2221. Após o equipamento ser calibrado realiza-se a leitura de cada amostra.

### **5.6.4 Condutividade Elétrica**

A condutividade elétrica é verificada logo após a chegada das amostras no laboratório em temperatura de aproximadamente de 25°C através do condutímetro GEHAKA – CG 1800, calibrado.

### **5.6.5 Turbidez**

O registro dos dados de turbidez ocorre logo após a chegada das amostras no laboratório. O turbidímetro usado para essa determinação é da Marca HACH – 2100N.

### **5.6.6 Alcalinidade total**

A alcalinidade total é obtida pelo método titulométrico descrito no Manual Prático de Análise de Água (FUNASA, 2006), com a utilização do reagente Ácido Sulfúrico 0,02N e solução indicadora verde de bromocresol/ vermelho de metila.

### **5.6.7 Cloreto Total**

O método para a determinação do cloreto total é o argentimétrico descrito no Manual Prático de Análise de Água (FUNASA, 2006), com a utilização do reagente Nitrato de Prata 0,0141N e o indicador cromato de potássio  $K_2CrO_4$ .

### **5.6.8 Dureza**

A dureza foi obtida pelo método clássico de titulação complexométrica utilizando a solução de EDTA 0,01 M como complexante, solução tampão e o indicador negro de eriocromo T (FUNASA, 2006).

### **5.6.9 Oxigênio Dissolvido**

Esta análise foi realizada por dois métodos, sendo eles o método de Winkler e o método Eletrométrico. O método de Winkler foi utilizado até a 6ª coleta e este consiste em fixar o oxigênio dissolvido da amostra por meio de adição das soluções de sulfato manganoso ( $MnSO_4$ ) e a solução álcali-iodeto-azida, que contém hidróxido de sódio (NaOH), iodeto de sódio (NaI) e azida sódica ( $NaN_3$ ) (GARCEZ, 2004). Já o método Eletrométrico descrito na Norma Técnica da SABESP (2001) NTS 012, foi utilizado a partir da 7ª coleta, pois o equipamento foi adquirido pela Unipampa e esse método tem o benefício de economia de reagentes, tempo e não gera resíduos.

### **5.6.10 Determinação da Presença de Agrotóxicos na Água**

Para a análise de agrotóxicos utilizou-se a cromatografia líquida de alta eficiência com detector por espectrometria de massa para verificar se existe a

presença dos mesmos na água, pois o cenário onde as unidades de captação estão inseridas possui uma considerável atividade agrícola.

Cabe destacar que estas análises foram realizadas pela UFSM (Universidade Federal de Santa Maria), pois a Unipampa não dispõe de equipamentos necessários para esse tipo de análise. Ao total foram avaliados 64 tipos de agrotóxicos pertencentes às classes dos herbicidas, fungicidas e inseticidas listados na Tabela 4. Lembrando que essa análise foi realizada somente na sétima coleta pelo seu alto custo.

Tabela 4- Compostos Analisados e seus Limites de Detecção.

Compostos Analisados	LOD (µg/L)	LOQ (µg/L)
ametrina, atrazina, azoxistrobina, carbaril, carbofurano, cialofope butílico, cianazina, clorpirifós-etílico, cresoxim-metílico, difenoconazol, diurom, epoxiconazol, etoxissulfurom, fenamidona, fentiona, fluasifope- P- butílico, flutolanil, imazapique, imazaquim, imazetapir, linurom, metalaxil, metconazol, metsulfurom-metílico, monolinurom, nicossulfurom, penoxsulam, piraclostrobina, pirazossulfurom-etílico, piridabem, piridato, pirimifós-metílico, profenofós, propanil, propargito, propiconazol, propoxur, quizalofope-P-etílico, saflufenacil, simazina, tebuconazol, tetraconazol, tiobencarbe, tiofanato-metílico, tolclofós-metílico, triciclazol e trifloxistrobina.	0,006	0,020
imazamoxi	0,012	0,040
2,4 D, carbendazim, carbofurano-3-hidróxido, clorimurom-etílico, imazapir, molinato, oxifluorfem, quincloraque, tiabendazol.	0,024	0,080
bentazona, clorprofam, dimetoato, fluroxipir, imidacloprido, tiametoxam.	0,060	0,200
glifosato.	1,2	4,0
ampa.	6,0	20,0

Fonte: Laboratório de Análises de Resíduos de Pesticidas (LARP), Campus UFSM, 2022.

LOD= Limite de detecção do método;

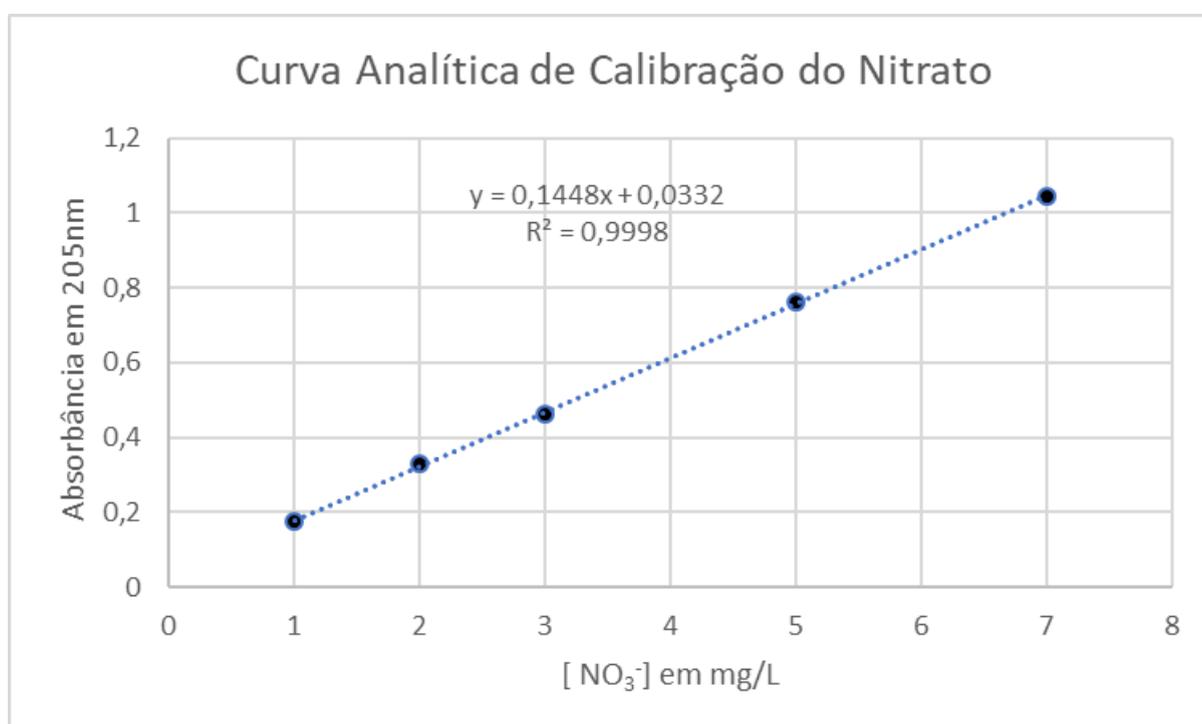
LOQ= Limite de quantificação do método.

### 5.6.11 Determinação de Nitrato

Para efetuar a análise de nitrato nas amostras, utilizou-se o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz, Métodos físico-químicos para análise de Alimentos, através da leitura por espectrofotometria no comprimento de onda de 205 nanômetros. A curva de calibração foi realizada para determinar a concentração de nitrato contida nas amostras. As concentrações de nitrato nas amostras foram calculadas a partir da equação da reta.

A Figura 15 apresenta a curva de calibração obtida para o nitrato com a respectiva equação da reta.

Figura 15- Curva Analítica de Calibração do Nitrato.



Fonte: Autoral, 2022.

Essa análise foi acrescentada a esse estudo posteriormente ao seu início, sendo realizada somente a partir da quarta coleta.

### 5.6.12 Determinação de Fósforo

A análise de fósforo foi realizada com base na metodologia de (MURPHY, J. e RILEY, J. P., 1962), onde foi possível construir uma curva de calibração para a

verificação das concentrações de fósforo nas amostras coletadas. Antes de qualquer preparo, toda a vidraria utilizada deve ser esterilizada em banho de ácido nítrico 10%, por 24h.

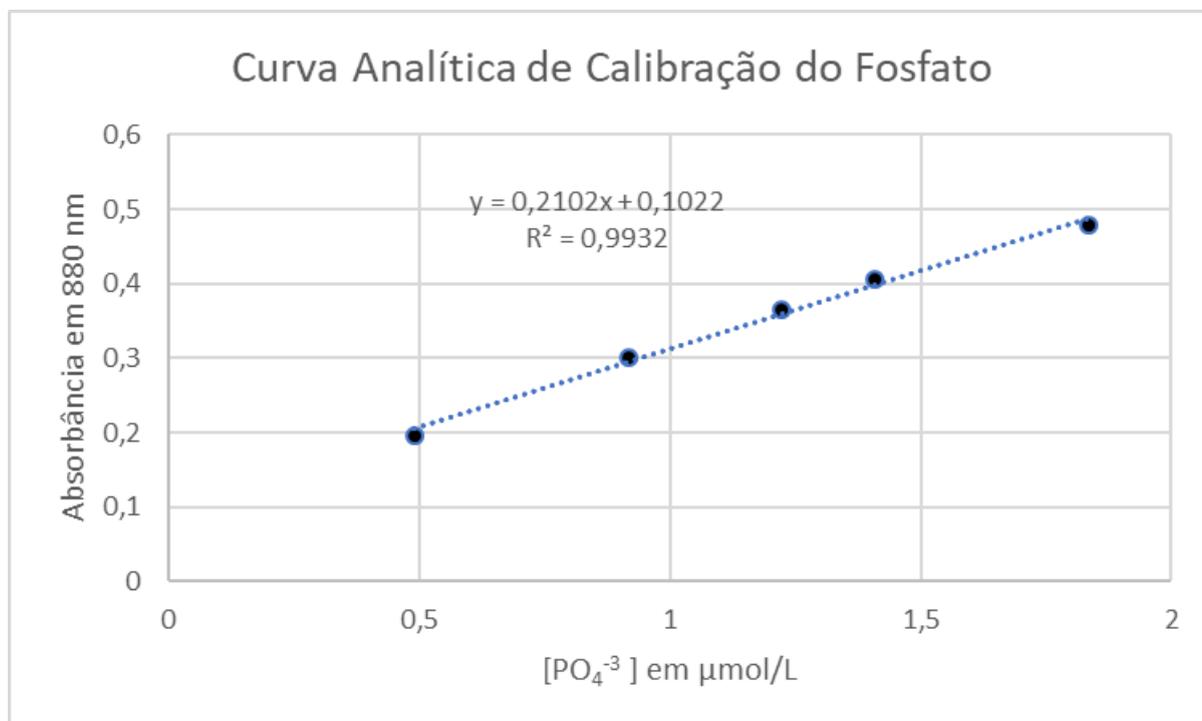
Para isso, utilizou-se:

- Solução (A) de Molibdato (0,205 mol/L)
- Solução (B) de Tartarato de Antimônio e Potássico (0,0027 mol/L):
- Solução de Ácido Oxálico (0,80 mol/L)
- Solução de Ácido Ascórbico (0,16 mol/L)
- Solução Mãe de Fosfato de Potássio Dibásico Anidro ( $1,5 \times 10^{-2}$ ).

Após o preparo de todas as soluções, as soluções de A e B foram misturadas em um becker e adicionou-se 4,70 ml de Ácido Sulfúrico 98%, essa nova solução (C) possui uma concentração de 4,5 mol/L.

Para a construção da curva de analítica, apresentada na Figura 16, foram adicionados em um balão volumétrico de 25 ml: volumes 80 $\mu$ L, 150 $\mu$ L, 200 $\mu$ L, 230 $\mu$ L e 300 $\mu$ L de  $K_2HPO_4$ , 125 $\mu$ L da solução C, 63 $\mu$ L de Ácido Ascórbico e 63 $\mu$ L de Ácido Oxálico. As concentrações de fosfato nas amostras foram calculadas a partir da equação da reta.

Figura 16- Curva Analítica de Calibração do Fosfato.



Fonte: Autoral, 2022.

Essa análise foi acrescentada a esse estudo posteriormente ao seu início. Visto a sua importância, foi realizada a partir da quarta coleta.

### 5.6.13 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A análise de DBO foi realizada seguindo o método eletrométrico descrito na Norma Técnica da SABESP - NTS 012, sendo acrescentada a esse estudo somente a partir da quarta coleta.

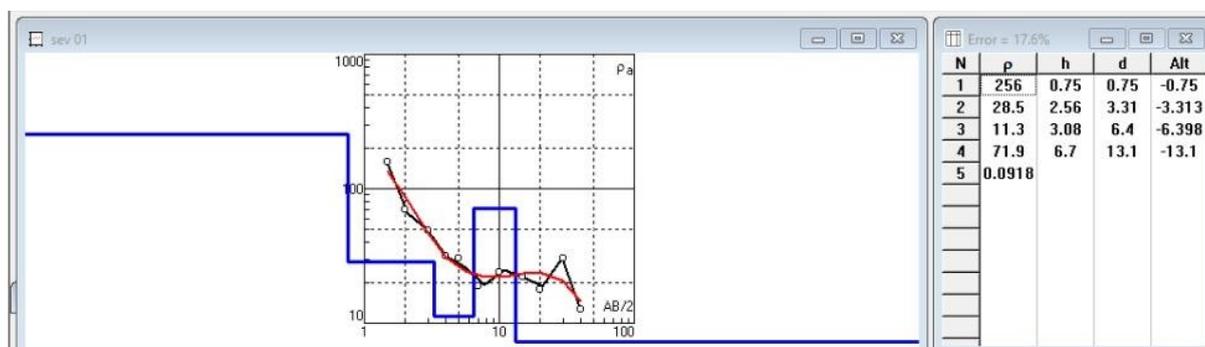
## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Sondagem Elétrica Vertical (SEV)

Os resultados adquiridos neste estudo em relação a SEV para os diferentes pontos estão representados nas Figuras 17,18,19 e 20 a seguir.

Conforme foi representado pela inversão dos dados, percebe-se que a SEV 01 com leituras no P1 apresentou cinco camadas geoeletricas, com uma profundidade que variou de 0,75 até 13,1 metros de profundidade. A classificação da curva de resistividade aparente da sondagem realizada é QHK. A partir desses dados podemos perceber que o nível freático se encontra a partir da quinta camada, onde o valor de resistividade sofre uma queda muito grande em relação às outras, portanto o mesmo se encontra em uma profundidade maior que 13 metros.

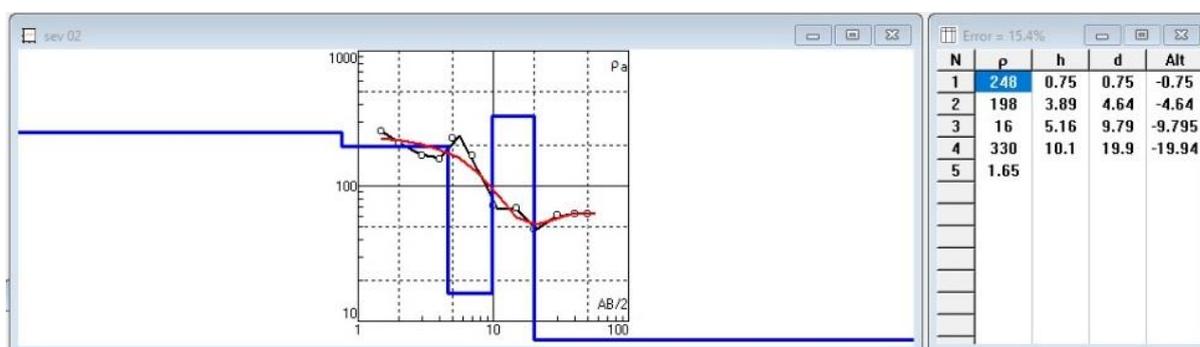
Figura 17- Resultado da Inversão de dados para a SEV 01 no ponto 1.



Fonte: Autoral, 2022.

Para a SEV 02, com leituras no ponto 2, foram identificadas cinco camadas geolétricas com uma variação de profundidade de 0,75 até 19,9 metros. Para essa sondagem, a classificação de resistividade aparente é QHK, apresentando o nível freático a partir de 4,64 metros, na camada 3, onde há uma grande diferença no valor da resistividade da camada em relação às demais. Essa profundidade mostra que o nível da água se encontra muito próximo da superfície com maior suscetibilidade à contaminação.

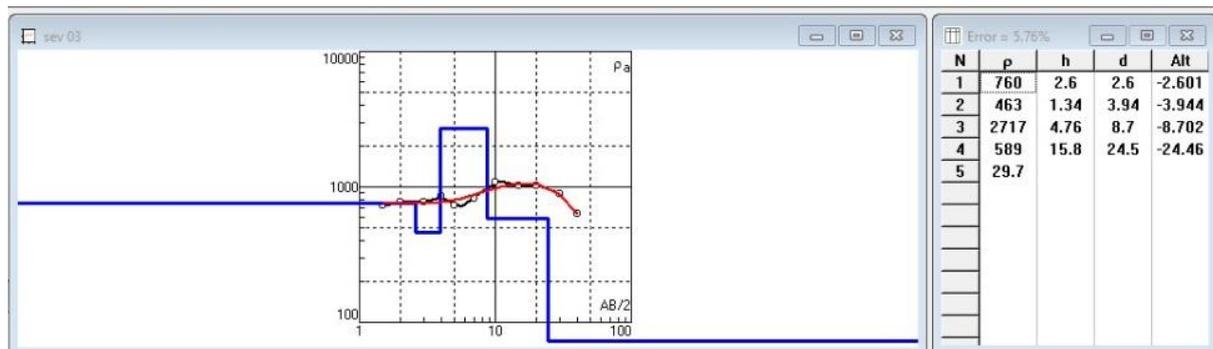
Figura 18- Resultado da Inversão de dados para a SEV 02 no ponto 2.



Fonte: Autoral, 2022.

A SEV 03, realizada no ponto 3, apresentou cinco camadas geométricas com um aumento nos valores de resistividade, indicando uma mudança no tipo de rocha. A variação de profundidade é de 2,6 até 24,5 metros e uma a sua classificação de resistividade aparente é HKQ. Essa SEV representa que o nível freático nesse ponto se encontra a partir da quinta camada, aos 24,5 metros, onde o equipamento não identificou com mais profundidade, no entanto os valores de resistividade diminuí consideravelmente em relação às outras camadas, indicando a presença de água no solo.

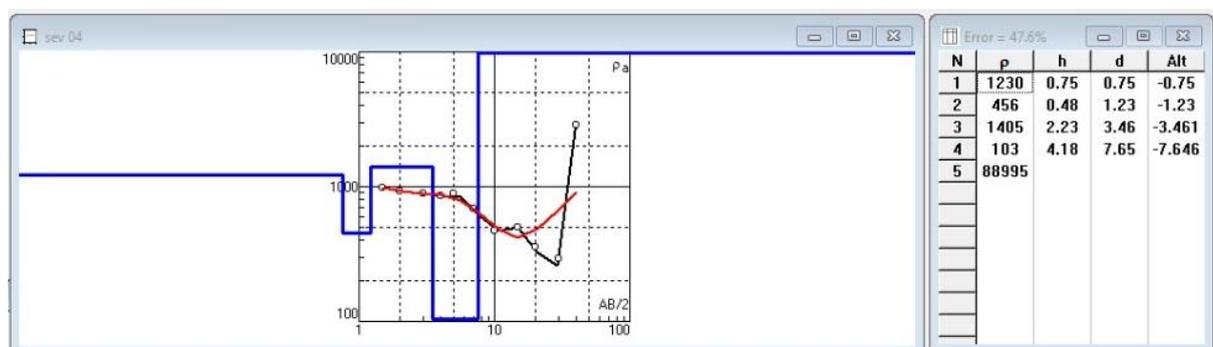
Figura 19- Resultado da Inversão de dados para a SEV 03 no ponto 3.



Fonte: Autorial, 2022.

A SEV 04, realizada no ponto 4, também apresentou valores de resistividade bastante elevados como havia sido representado pela SEV 03 anteriormente. A variação de profundidade foi de 0,75 a 7,65 metros e a sua classificação de resistividade aparente é HKH. O ponto 4 apresentou valores de resistividade muito baixo em relação às outras na camada 4, podendo ser identificado como o nível freático do solo, a partir de uma profundidade de 3,46. Para esse ponto, a zona saturada se encontra mais superficial, onde o risco de contaminação é maior.

Figura 20- Resultado da Inversão de dados para a SEV 04 no ponto 4.



Fonte: Autorial, 2022.

A Tabela 5 resume todos os níveis freáticos de seus respectivos pontos de amostragem para melhor visualização e entendimento desse estudo.

Tabela 5- Profundidade do nível freático em cada ponto.

Pontos de Amostragem	Profundidade do Nível Freático (m)
P1	a partir de 13
P2	4,64 - 9,79

P3	a partir de 24
P4	3,46 - 7,65

Fonte: Autoral, 2022.

## 6.2 Análises Laboratoriais

Os resultados obtidos nas análises laboratoriais serão apresentados a seguir em formato de tabela, onde cada parâmetro será discutido separadamente em relação a todas as coletas realizadas.

### 6.2.1 Temperatura

As Tabelas 6 e 7 mostram os resultados em relação à temperatura ambiente e a temperatura da amostra, respectivamente.

Tabela 6- Resultados da Temperatura Ambiente em Todas as Coletas.

	1° Coleta 01/07/2019	2° Coleta 16/08/2019	3° Coleta 06/09/2019	4° Coleta 18/11/2021	5° Coleta 09/12/2021	6° Coleta 20/01/2022	7° Coleta 16/02/2022
P1	8,5	6,5	11	15	19	21	17
P2	10	7	12	14,5	18	22	17
P3	10	7	12	15	16	22	18
P4	10	9	12,5	16	19	23	19
B	-	-	-	-	-	-	24

Fonte: Autoral, 2022.

Tabela 7- Resultados da Temperatura da Amostra em Todas as Coletas.

	1° Coleta 01/07/2019	2° Coleta 16/08/2019	3° Coleta 06/09/2019	4° Coleta 18/11/2021	5° Coleta 09/12/2021	6° Coleta 20/01/2022	7° Coleta 16/02/2022
P1	10	14	15,5	21	21	23	20
P2	15	12	13	20	19	23,5	20

P3	18	16	16	18	19	24	20,5
P4	17	18	16	19	21	24	20,5
B	-	-	-	-	-	-	22

Fonte: Autoral, 2022.

A Temperatura varia bastante de acordo com a estação do ano e como pode-se observar através das tabelas acima, as coletas que foram realizadas no inverno, no caso as três primeiras coletas, apresentam valores mais baixos que as demais. No entanto, esse é um parâmetro que não está limitado pelas legislações que controlam a qualidade da água, pois a temperatura influencia mais a vida aquática do que a qualidade da água em si, mesmo que alguns parâmetros ainda dependem dela. Para que a influência da temperatura seja significativa os valores devem se encontrar bastante alterados.

## 6.2.2 Potencial Hidrogeniônico

A Tabela 8 discorre sobre os valores de pH encontrados durante o período de coleta.

Tabela 8- Resultados do pH em Todas as Coletas.

	1º Coleta 01/07/2019	2º Coleta 16/08/2019	3º Coleta 06/09/2019	4º Coleta 18/11/2021	5º Coleta 09/12/2021	6º Coleta 20/01/2022	7º Coleta 16/02/2022
P1	5,46	5,35	5,65	5,34	5,36	5,9	5,77
P2	4,66	4,65	5,05	4,85	4,85	4,63	4,98
P3	4,85	4,95	5,0	4,90	5,16	5,65	5,28
P4	5,18	3,46	5,77	5,57	5,43	5,83	6,15
B	-	-	-	-	-	-	7,37

Fonte: Autoral, 2022.

De acordo com as resoluções CONAMA 396, 357 e a Portaria 2914 do ministério da Saúde o pH da água para consumo humano deve estar na faixa de 6-9,5. Os valores aferidos durante as coletas nos quatro pontos causam grande preocupação, pois apresentam valores abaixo do recomendado em quase todas as

coletas. De acordo com o pesquisador do Instituto Federal da Bahia (IFB) NETO, B. F. da C. a ingestão de alimentos ou líquidos com pH ácido aumenta a quantidade de moléculas de hidrogênio, porém o pH ideal do nosso sangue é 7,34 - 7,4 e é o oxigênio que faz a irrigação dele. Conseqüentemente a água mais alcalina, que possui mais moléculas de oxigênio, é mais apropriada para manter o pH do nosso sangue e o melhor funcionamento do organismo. Além disso, esse indicador pode aumentar o efeito tóxico de algumas substâncias, como os metais pesados e agrotóxicos (MS, 2006).

### 6.2.3 Condutividade

A Tabela 9 a seguir apresenta os valores de condutividade elétrica referente às sete coletas realizadas.

Tabela 9- Resultados da Condutividade ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) em Todas as Coletas.

	1º Coleta 01/07/2019	2º Coleta 16/08/2019	3º Coleta 06/09/2019	4º Coleta 18/11/2021	5º Coleta 09/12/2021	6º Coleta 20/01/2022	7º Coleta 16/02/2022
P1	60,6	71,4	123	26,6	94,3	85,9	71,1
P2	57,4	67,3	73	15,02	48,3	49,2	42,8
P3	44,3	40,8	45,0	12,45	37,8	42,9	39,0
P4	43,5	142,0	48,5	11,27	37,6	37,7	39,4
B	-	-	-	-	-	-	147,8

Fonte: Autoral, 2022.

A condutividade elétrica da água é um parâmetro que não está descrito nas resoluções CONAMA e na Portaria nº 2914, no entanto a cartilha de vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano elaborada pelo Ministério da Saúde descreve que as águas naturais apresentam valores de condutividade de 10-100  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , podendo chegar até 1000  $\mu\text{s}/\text{cm}$  em ambientes poluídos.

Pode-se observar que na 2ª coleta o P4, na 3ª coleta o P1 e na 7ª coleta o B apresentam valores acima de 100  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , indicando a presença de íons.

Alguns fatores podem ter influenciado esse evento como no P4 apresentar um nível freático com uma profundidade 3,46 m mais suscetível a contaminação, além de ser inverno, onde as precipitações são mais elevadas. Já no ponto B, a coleta ocorreu após uma forte chuva, proporcionando a solubilização de compostos do solo. Por fim no P1 no período em que foi realizada a coleta, em questão, era época de chuva não havia uma cobertura adequada sobre o poço além de estar localizado em um terreno em declive.

Apesar destes valores de condutividade, supra citados, estarem acima do valor recomendado, a água ainda se encontra em boas condições de consumo.

#### 6.2.4 Alcalinidade

Os valores referentes à alcalinidade total estão descritos na Tabela 10, de acordo com os pontos de amostragem e as coletas realizadas.

Tabela 10- Resultados da Alcalinidade (CaCO<sub>3</sub> mg/L) em Todas as Coletas.

	1º Coleta 01/07/2019	2º Coleta 16/08/2019	3º Coleta 06/09/2019	4º Coleta 18/11/2021	5º Coleta 09/12/2021	6º Coleta 20/01/2022	7º Coleta 16/02/2022
P1	0	2,88	2,88	6,0	8,6	6,2	14,0
P2	9,62	2,88	2,88	5,0	4,0	4,1	5,0
P3	7,69	1,92	3,85	4,0	3,4	6,0	6,0
P4	7,69	1,92	3,85	6,0	3,4	6,8	11,0
B	-	-	-	-	-	-	81,0

Fonte: Autoral, 2022.

A alcalinidade está associada à presença de bicarbonatos em dissolução nas águas e possui um importante papel de neutralizar os íons hidrogênio em solução. Esse indicador não está estipulado nas resoluções vigentes que definem os parâmetros de qualidade da água, porém a cartilha de vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano elaborada pelo Ministério da Saúde relata que a maior parte das águas naturais apresentam valores de 30 - 500 mg/L CaCO<sub>3</sub>.

As amostras coletadas apresentam valores bastante baixos para esse parâmetro, indicando que a água possui baixa capacidade de tamponamento, ou seja, de neutralizar os ácidos em solução, o que pode ser prejudicial pois as mesmas já possuem pH ácido.

### 6.2.5 Dureza Total

A Tabela 11 a seguir expõe os valores referentes à dureza total das amostras em todas as coletas efetuadas.

Tabela 11- Resultados da Dureza Total (CaCO<sub>3</sub> mg/L) em Todas as Coletas.

	1º Coleta 01/07/2019	2º Coleta 16/08/2019	3º Coleta 06/09/2019	4º Coleta 18/11/2021	5º Coleta 09/12/2021	6º Coleta 20/01/2022	7º Coleta 16/02/2022
P1	9,14	15,22	19,29	7,8	38,6	24,3	20,8
P2	8,63	20,81	9,14	3,5	16,2	14,2	12,69
P3	3,55	6,60	3,55	1,0	6,6	8,15	5,58
P4	4,57	11,17	7,61	2,0	8,6	10,1	8,62
B	-	-	-	-	-	-	81,7

Fonte: Autoral, 2022.

A dureza total é um parâmetro que está limitado pela Portaria nº 2914/2011 com valor máximo permitido de 500 mg/L de CaCO<sub>3</sub> e para as amostras coletadas nesse estudo observa-se que todas estão em conformidade com a legislação.

### 6.2.6 Cloreto Total

Os valores atingidos para obtenção do cloreto total estão demonstrados na Tabela 12.

Tabela 12- Resultados do Cloreto (Cl<sup>-</sup> mg/L) em Todas as Coletas.

	1º Coleta 01/07/2019	2º Coleta 16/08/2019	3º Coleta 06/09/2019	4º Coleta 18/11/2021	5º Coleta 09/12/2021	6º Coleta 20/01/2022	7º Coleta 16/02/2022
--	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

P1	6,24	5,91	8,86	5,5	6,0	8,0	3,75
P2	6,56	8,53	7,88	5,7	6,0	7,65	4,5
P3	3,94	7,22	7,0	3,25	3,14	3,8	2,75
P4	5,58	5,91	9,19	3,75	3,65	5,0	4,5
B	-	-	-	-	-	-	2,0

Fonte: Autoral, 2022.

A Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde descreve que o valor máximo permitido para o cloreto é 250,0 mg/L de Cl<sup>-</sup>, e como pode-se observar na Tabela 10, todos os valores estão abaixo do limite estipulado.

### 6.2.7 Turbidez

A Tabela 13 ilustra os valores aferidos na análise de turbidez durante as coletas efetuadas.

Tabela 13- Resultados da Turbidez (NTU) em Todas as Coletas.

	1º Coleta 01/07/2019	2º Coleta 16/08/2019	3º Coleta 06/09/2019	4º Coleta 18/11/2021	5º Coleta 09/12/2021	6º Coleta 20/01/2022	7º Coleta 16/02/2022
P1	1,25	2,3	2,31	1,54	0,53	0,542	0,691
P2	0,180	0,186	11,5	0,636	0,37	0,246	0,164
P3	0,675	0,365	4,55	0,21	0,22	0,532	1,10
P4	0,513	0,528	2,31	0,366	0,60	0,550	0,734
B	-	-	-	-	-	-	0,196

Fonte: Autoral, 2022.

A turbidez é determinada pela Portaria nº 2914 onde designa que as águas para consumo humano devem apresentar até 5 unidades de turbidez. As amostras deste estudo correspondem a essa expectativa, exceto na terceira coleta, do ponto 2 onde o valor foi maior. Esta alteração se deve, provavelmente, às impurezas que continham na tampa do poço e acabaram caindo para dentro do poço no momento

da coleta e interferindo nessa análise, pois nas demais coletas os valores ficaram abaixo do limite estabelecido.

### 6.2.8 Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio

As tabelas 14 e 15 demonstram os resultados do oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio para as coletas em seus respectivos pontos.

Tabela 14- Resultados do Oxigênio dissolvido (mg/L O<sub>2</sub>) em Todas as Coletas.

	1º Coleta 01/07/2019	2º Coleta 16/08/2019	3º Coleta 06/09/2019	4º Coleta 18/11/2021	5º Coleta 09/12/2021	6º Coleta 20/01/2022	7º Coleta 16/02/2022
P1	6,94	5,98	5,40	4,6	2,8	6,2	6,1
P2	7,7	6,94	5,98	4,7	4,6	5,85	6,7
P3	7,13	8,10	7,52	4,6	4,7	6,0	7,9
P4	8,48	9,44	7,13	6,0	5,3	6,7	6,3
B	-	-	-	-	-	-	6,2

Fonte: Autoral, 2022.

Tabela 15- Resultados da DBO (mg/L O<sub>2</sub>) em Todas as Coletas.

	1º Coleta 01/07/2019	2º Coleta 16/08/2019	3º Coleta 06/09/2019	4º Coleta 18/11/2021	5º Coleta 09/12/2021	6º Coleta 20/01/2022	7º Coleta 16/02/2022
P1	-	-	-	1,0	1,3	2,0	0,1
P2	-	-	-	1,6	1,5	1,4	0,8
P3	-	-	-	1,2	1,3	1,9	1,6
P4	-	-	-	1,7	1,8	2,1	1,3
B	-	-	-	-	-	-	1,2

Fonte: Autoral, 2022.

Os resultados obtidos para o oxigênio dissolvido encontram-se em sua

maioria dentro dos padrões exigidos pelo CONAMA 357, com valores maiores que 5 mg/L O<sub>2</sub>, exceto na 4ª e 5ª coleta onde pode indicar uma maior atividade microbiológica. Já a DBO encontra-se dentro dos limites estipulados pelo mesmo órgão em todas as coletas, devendo apresentar valores até 5 mg/L O<sub>2</sub>.

### 6.2.9 Escherichia Coli e Coliformes Totais

As Tabelas 16 e 17 mostram os resultados obtidos na análise de Coliformes Totais e Escherichia Coli.

Tabela 16- Resultados da E. Coli (NTU/100ml) em Todas as Coletas.

	1º Coleta 01/07/2019	2º Coleta 16/08/2019	3º Coleta 06/09/2019	4º Coleta 18/11/2021	5º Coleta 09/12/2021	6º Coleta 20/01/2022	7º Coleta 16/02/2022
P1	2,0	4,5	4,5	4,0	0,0	0,0	0,0
P2	14	14	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0
P3	0,0	6,1	0,0	2,0	0,0	2,0	11
P4	0,0	13	7,8	0,0	0,0	0,0	11
B	-	-	-	-	-	-	2,0

Fonte: Autoral, 2022.

Tabela 17- Resultados dos Coliformes Totais (NTU/100ml) em Todas as Coletas.

	1º Coleta 01/07/2019	2º Coleta 16/08/2019	3º Coleta 06/09/2019	4º Coleta 18/11/2021	5º Coleta 09/12/2021	6º Coleta 20/01/2022	7º Coleta 16/02/2022
P1	10	12	17	11	6,0	3,6	24
P2	10	20	20	4,0	3,6	6,1	8,2
P3	12	6,8	6,8	7,8	6,1	11	6,1
P4	8,2	14	24	1,8	2,0	0,0	17
B	-	-	-	-	-	-	5,6

Fonte: Autoral, 2022.

Todas as normas que definem a qualidade da água especificam que os

Coliformes Totais e as bactérias E. Coli devem estar ausentes em todas as amostras de água, pois as mesmas estão associadas a grande parte das disenterias e doenças estomacais. No entanto, observa-se que em relação às coletas efetuadas esses valores foram diferentes de zero, indicando a contaminação por microrganismos e a necessidade de ações ou providências que irão mudar essa perspectiva.

### 6.2.10 Nitrato

Os valores encontrados em relação a presença de nitrato nas amostras serão ilustrados na Tabela 18.

Tabela 18- Resultados do Nitrato (mg/L) em Todas as Coletas.

	1º Coleta 01/07/2019	2º Coleta 16/08/2019	3º Coleta 06/09/2019	4º Coleta 18/11/2021	5º Coleta 09/12/2021	6º Coleta 20/01/2022	7º Coleta 16/02/2022
P1	-	-	-	5,92	21,73	19,8	20,42
P2	-	-	-	9,71	8,68	9,78	10,13
P3	-	-	-	6,16	4,89	3,86	5,43
P4	-	-	-	6,26	5,48	4,62	5,33
B	-	-	-	-	-	-	0,98

Fonte: Autoral, 2022.

A presença de nitrato na água pode ser advinda de vários fatores, tanto de forma natural, através da ação das bactérias, como também as ações antrópicas na utilização de fertilizantes para o solo. A região onde as amostras foram coletadas possui atividade agropecuária e se fez necessário analisar esse parâmetro, já que em concentrações altas no organismo humano afeta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea. De acordo com os resultados encontrados, pode-se observar alteração do nitrato no ponto 1, e no ponto 2 os valores se encontram acima e/ou próximo ao limite permitido pela legislação CONAMA 396 que é 10 mg/L podendo estar associado a atividade agrícola no ponto 2 e a lixiviação de fezes e urina de animais no ponto 1.

### 6.2.11 Fósforo

Os valores referentes ao fósforo estão ilustrados na Tabela 19.

Tabela 19- Resultados do Fósforo (  $\mu\text{mol/L}$ ) em Todas as Coletas.

	1º Coleta 01/07/2019	2º Coleta 16/08/2019	3º Coleta 06/09/2019	4º Coleta 18/11/2021	5º Coleta 09/12/2021	6º Coleta 20/01/2022	7º Coleta 16/02/2022
P1	-	-	-	0,0	0,06	0,0	0,0
P2	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0
P3	-	-	-	0,03	0,0	0,0	0,0
P4	-	-	-	0,19	0,36	0,0	0,0
B	-	-	-	-	-	-	0,0

Fonte: Autoral, 2022.

O fósforo é um composto de extrema importância para o crescimento das plantas, fazendo com que seja um dos principais componentes dos fertilizantes agrícolas, porém a sua distribuição no ambiente é bastante irregular (KLEIN, C.; AGNE, S. A. A. 2012). No entanto, os padrões de qualidade da água superficial (CONAMA 357) estipulam uma concentração de 0,020 mg/L de P em ambientes lênticos, pois grandes quantidades de fósforo instigam a proliferação de algas causando a eutrofização dos corpos hídricos. Em águas não poluídas a sua concentração pode variar de 0,01 mg/L a 0,05 mg/L de acordo com a cartilha de Vigilância e Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano criada pelo Ministério da Saúde. Na 4ª e 5ª coleta para o P4 os valores estão acima do valor que normalmente se encontra em águas não poluídas, pois apresenta um nível freático com uma profundidade de 3,46 metros o que pode facilitar sua contaminação por fertilizantes.

### 6.2.12 Análise de Agrotóxicos

A Tabela 20 apresenta os resultados obtidos na análise de pesticidas.

Tabela 20- Resultados da Análise de Pesticidas na 7ª coleta.

	Tipo de Pesticida	Quantificação (µg/L)	Classificação	Valor Máximo Permitido (VMP)
P1	Diuron	<LOQ	Herbicida	90 µg/L
P2	Tebuconazol	0,048	Fungicida	180 µg/L
P3	-	-	-	-
P4	2,4-D	<LOQ	Herbicida	30 µg/L
	Fipronil	0,022	Inseticida	1,2 µg/L
	Tebuconazol	<LOQ	Fungicida	180 µg/L
B	Cianazina	<LOQ	Herbicida	
	Diuron	<LOQ	Herbicida	90 µg/L
	Metsulfurom-Metílico	0,020	Herbicida	60 µg/L
	Saflufenacil	<LOQ	Herbicida	

Fonte: Adaptado LARP, 2022; CONAMA 396

De acordo como resultado obtido podemos perceber que a maior parte dos pesticidas detectados nas amostras fazem parte do grupo dos herbicidas, isso se dá pela grande quantidade de plantas invasoras que afetam a produtividade nas grandes culturas, um exemplo disso é a buva, uma planta daninha na soja que possui extrema resistência contra esses agroquímicos, fazendo com que a concentração de aplicação seja cada vez maior além da mudança no princípio ativo mais frequente. Contudo a quantidade detectada é muito pequena, segundo a legislação, até mesmo nos poços que se encontram muito próximos a lavouras.

## 7 PROPOSIÇÕES DE MEDIDAS CORRETIVAS

Alguns parâmetros se encontram alterados e necessitam de ações para mitigar essa perspectiva, já que esses poços são a única fonte de captação de água para as famílias residentes no local. O pH é um parâmetro que se encontra fora dos limites exigidos pela legislação, no entanto, existem técnicas caseiras desenvolvidas para reverter essa situação, como a utilização de filtros neutralizadores.

Os coliformes totais é outro parâmetro que excede o limite permitido pelo Ministério da Saúde, mas pode ser modificado facilmente e garantindo a qualidade da água por meio de filtros de barro, acoplados diretamente na saída da água na torneira, ou simplesmente a fervura da água é capaz de matar as bactérias presentes. Outra opção importante é o clorador caseiro, um método desenvolvido para facilitar a vida das pessoas que vivem nas comunidades sem acesso à água potável e bastante eficiente para a desinfecção dela, para isso a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) desenvolveu uma cartilha onde explica o passo a passo de como montar seu clorador em casa.

Além disso, o nitrato é outro parâmetro de bastante preocupação, pois se encontra com valores elevados em alguns pontos. Existe a necessidade de mais estudo sobre o nitrato para analisar se essa concentração se mantém ao longo do ano ou somente na época em que é adicionado adubação nas grandes monoculturas. Porém, existem purificadores no mercado capazes de remover esse composto, como tantos outros (PEDRO, N. A. R. ; et al., 97).

O fósforo é um indicador que se encontrou com valores superiores ao valor máximo permitido pelo CONAMA 357, já que a Portaria do Ministério da Saúde e CONAMA 396 não limitam esse parâmetro. No entanto existe a necessidade de um monitoramento mais prolongado deste composto já que foi identificado em apenas duas coletas.

## **8 CONCLUSÃO**

Dentro dos parâmetros analisados que estavam fora dos limites estipulados pela legislação estão o pH, coliformes totais, *Escherichia coli* e nitrato.

Contudo, existe a capacidade de melhorar a qualidade da água nos pontos coletados, deixando-a ainda mais potável. Neste contexto, algumas medidas de controle devem ser implantadas, como filtros neutralizadores, cloradores e purificadores, além da limpeza e cuidados básicos constantes com os equipamentos utilizados para a captação da água. É de extrema importância que os poços sejam muito bem vedados e sem acesso aos animais, assim como a limpeza constante das caixas d'água, quando existirem. Ainda a comunidade pode se reunir e fazer convênios com a prefeitura local para facilitar o acesso às análises e levar mais informações para a população.

Apesar disso, a água subterrânea ainda é um meio de captação viável, principalmente em áreas que não possuem abastecimento de água potável. Durante a realização desse estudo, com a necessidade das pesquisas bibliográficas e amparo nas legislações, percebe-se a extrema necessidade da atualização das normas que definem os parâmetros de qualidade da água para consumo humano. Como a relação de agrotóxicos na água, onde Murilo Mendonça, representante da Associação Brasileira de Agroecologia, relata na publicação feita pela Fiocruz em 2019, que no Brasil os limites são apenas individuais e afrontam de forma exorbitante com o que é permitido na Europa e nos outros países, podendo chegar a 2706 vezes maior que o limite europeu.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA, Agência Nacional de Águas. **INDICADORES DE QUALIDADE - ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA)**. Portal Qualidade das Águas. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

ABREU, R. L. **Mapas do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RioGrandedoSul\\_MesoMicroMunicip.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RioGrandedoSul_MesoMicroMunicip.svg)>. Acesso em: 12 de agosto de 2021.

ALVES, M. G.; COSTA, A. N.; POLIVANOV, H.; SILVA JR, G. C.; COSTA, M. C. O. **Qualidade Das Águas De Poços Rasos Provenientes De Áreas Urbanas E Rurais De Campos Dos Goytacazes (RJ)**. 2010.

ALMEIDA, D. **HISTÓRIA DO MUNICÍPIO DE PIRATINI - Roteiro Histórico e Sentimental**. Gráfica Piratini, 1997. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Piratini>>. Acesso em: 27 de julho de 2021.

BÁRBARA, V. F. Using the model QUAL2E in the study of water quality and self-purification capacity of Rio Araguari-AP (Amazon). 2006. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

BRAGA, A, C, O. **Métodos geofísicos aplicados: módulo hidrogeologia, Apostila da Universidade Estadual Paulista – UNESP/campus Rio Claro**.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**, 2006.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador, Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano, 2016b.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de consolidação nº 5, de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 28 de setembro de 2017

BRASIL. **Vigilância E Controle Da Qualidade Da Água Para Consumo Humano.** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. 212 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde)– Brasília : Ministério da Saúde 2006.

BRASIL. **PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011.** Ministério da Saúde.

BRUNI, J. C. **A água e a vida.** Tempo Social; Rev. Sociol. USP, S. Paulo, 5(1-2): 53-65, 1993 (editado em nov. 1994).

COUTINHO, C. F. B. TANIMOTO, S. T. ; GALLI, A. ; GARBELLINI, G. S.; TAKAYAMA, M.; AMARAL, R. B.; MAZO, L. H.; AVACA, L. A.; MACHADO, S. A. S.

**Pesticidas: Mecanismo de Ação, Degradação e Toxidez.** Curitiba, v. 15, p. 65-72, jan./dez. 2005.

CHIARADIA, M. C.; COLLINS, C. H.; JARDIM, I. C. S. F. **O estado da arte da cromatografia associada à espectrometria de massas acoplada à espectrometria de massas na análise de compostos tóxicos em alimentos.** Revisão. Quím. Nova 31 (3), 2008.

COSTA, A. R. **O Rio Grande do Sul (Completo Estudo sobre o Estado).** Porto Alegre: Globo. p. 118. 1922.

COOPER, J.; DOBSON, H. **Os benefícios dos pesticidas para a humanidade e o meio ambiente.** Cropro.2007.03.022.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Poluição das águas subterrâneas.** Disponível em: <<https://tratamentodeagua.com.br/artigo/poluicao-das-aguas-subterraneas-2/>>. Acesso em: 22 de julho de 2021.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Apêndice C - Índices de Qualidade das Águas.** Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Ap%C3%AAndice-C-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas-.pdf>>. Acesso em: 24 de setembro de 2021.

CORSAN, Companhia Riograndense de Saneamento. **Fontes de Água**. Disponível em: <<https://www.corsan.com.br/fontesdeagua>>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

COELHO, S. et al. **Monitoramento da água de poços como estratégia de avaliação sanitária em Comunidade Rural na Cidade de São Luís, MA, Brasil**. Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v. 12, n. 1, p. 156, 2017.

CUNHA, N. G.; SILVEIRA R. J. C.; SEVERO, C. R. S.; NUNES, M. L.; COSTA, F. A.; SOARES, M. J.; COSTA, C. N. **Estudo dos solos do município de Piratini**. Pelotas:EMBRAPA-CPACT; Ed. UFPel,90 p. 1997.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Como montar e usar o clorador de pastilhas em residências rurais**. Embrapa Gado de Leite. Brasília-DF, 2014.

FREITAS, M. B.; FREITAS, C. M. **A vigilância da qualidade da água para consumo humano: desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde**. Ciênc. Saúde Colet. 2005; 10(4):993-1004.

GARCEZ, L. N. **Manual de Procedimentos e Técnicas Laboratoriais Voltado para Análises de Águas e Esgotos Sanitário e Industrial**. São Paulo. 2004.

GOOGLE EARTH PRO. Acesso em: 02 de agosto de 2021.

HERRÁIZ, A. S. **La importancia de las aguas subterráneas**. La Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, v. 103, n. 1, p. 97-114, 2009.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Embrapa Soja, Documento 283. Londrina, PR. Junho de 2007.

KLEIN, C. e AGNE, S. A. A. **Fósforo: de Nutriente à Poluente!**. Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (REGET/UFSM), v(8), no 8, p. 1713-1721. 2012.

LIBÂNO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2º Edição, 2008.

LUCAS, A.A.T.; FOLEGATTI, M.V.; DUARTE, S.N. **Qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do Rio Piracicaba, SP**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, 2010.

MENDES, B.; OLIVEIRA, J.F.S. **Qualidade da água para o consumo humano**. Lisboa: Lidel. 640 p.(2004).

MESTRINHO, Suely Schuartz Pacheco. **Qualidade e classificação das águas subterráneas**. In: GIAMPÁ, Carlos Eduardo Quaglia; GONÇALES, Valter Galdiano

(Org.). Águas subterrâneas e poços tubulares profundos. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. Cap. 14. p. 18-496.

MONTEIRO, M.C.H. ; TORRENT, J. (2010) - Dinâmica do fósforo no solo : perspectiva agronômica e ambiental. Castelo Branco : IPCB. ISBN 978-989-8196-10-1. 97 p.

MURPHY, J. e RILEY, J. P. **A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters.** Departamento de Oceanografia, Universidade, Liverpool Grande Grã-Bretanha, 1962.

NETO, B. F. da C. **Benefícios da Água Com pH Alcalino: Saúde ou Doença, Você Decide.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA. Revista E.T.C. Educação, tecnologia e cultura, n. 14 . 2016.

ORELLANA, E. **Prospeccion Geoelectrica en corriente continua.** 2. ed.

España: Paraninfo, 1972. 545 p.

OSÓRIO, Q. S. **Vulnerabilidade Natural de Aquíferos e Potencial de Poluição das Águas Subterrâneas.** Dissertação de Mestrado PPGG, UFSM. Santa Maria, RS. 2004.

PÁDUA, H. B. **Temperatura (água/ar) em sistemas aquáticos.** Disponível em: <<https://www.abrappesq.com.br/materia2.htm>>. Acesso em: 20 de julho de 2021.

PEDRO, N. A. R.; BRÍGIDO, B. M.; BADOLATO, M. I. C.; ANTUNES, J. L. F. e OLIVEIRA, E. **Avaliação de Filtros Domésticos Comerciais para Purificação de Águas e Retenção de Contaminantes Inorgânicos.** Química Nova, 1996.

PINTO, L. G. R.; OLIVEIRA, C. E. S.; FARIA, B. M.; ANDRADE, J. B. F. **Estudos Geométricos (Sondagem Vertical e Caminhamento Elétrico) em Sedimentos Aluvionares do Rio Madeira - Município de Porto Velho-RO.** CPRM, Porto Velho, 2013.

Portal da Qualidade das Águas (PNQA) - **INDICADORES DE QUALIDADE - ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA).** Disponível em :

<<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>> acessado em 02/05/2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PIRATINI-RS. **Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB).** Disponível em:

<[http://www.prefeiturapiratini.rs.gov.br/yZ730prefE0/sistema/uploads/documentos/pm\\_sb\\_versao\\_final\\_outubro.pdf\\_consulta\\_publica\\_on-line\\_\(1\).pdf](http://www.prefeiturapiratini.rs.gov.br/yZ730prefE0/sistema/uploads/documentos/pm_sb_versao_final_outubro.pdf_consulta_publica_on-line_(1).pdf)>. Acesso em: 23 de agosto de 2021.

RAMILIO, N.; TEIXEIRA, A. C. F.; MARTENDA, A. **ANÁLISE DE ALCALINIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE -**

**CAMPUS** **CAMBORIÚ.** Disponível em:  
<L3<http://eventos.ifc.edu.br/micti/wp-content/uploads/sites/5/2015/10/AN%C3%81LISE-DE-ALCALINIDADE-DAS-%C3%81GUAS-SUBTERR%C3%82NEAS-DO-INSTIUTO-FEDERAL-CATARINENSE-CAMPUS-CAMBORI%C3%9A.pdf>>. Acesso em: 06 de julho de 2021.

ROSEN, G. **Uma história da saúde pública.** São Paulo: Hucitec; Unesp; 1994.

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

SCHWARZBACH, M. S. R.; MORANDI, I. C. **Avaliação Da Variabilidade Temporal Das Características Físicoquímicas Das Águas Subterrâneas Dos Poços Tubulares Profundos Do Município De Porto Alegre, Rio Grande Do Sul, Brasil.** 1 st Joint World Congress on Groundwater, 2000.

SCORSAFAVA, M. A.; SOUZA, A.; ALVES, G. L. **Método espectrofotométrico na região UV a 205 nm para determinação de íon nitrato em água: validação.** Revista do Instituto Adolfo Lutz, 2017.

SANTOS, F. M. **Aplicação de Métodos Geofísicos no Estudo da Contaminação de Águas Subterrâneas no Lixão de Cuiabá-MT.** Cuiabá-MT, 2005.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos (SiBCS).** Embrapa Solos, 5º edição, 2018.

SATO, H. K. **Métodos Elétricos.** Universidade Federal Da Bahia, Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia Instituto de Geociências. Salvador, 2002.

SECRETARIA ESTADUAL DA SAÚDE – RS (SES/RS). **Portaria SES RS nº 320, de 28 de abril de 2014. Estabelece parâmetros adicionais de agrotóxicos ao padrão de potabilidade para substâncias químicas, no controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano no RS.** Diário Oficial [do] Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 24 abr. 2014. Disponível em: . Acesso em 22 de fevereiro de 2022.

SEMA, Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul.** Disponível em:<<https://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>> Acesso em: 07 de julho de 2021.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento. **Painel de Indicadores 2019.** Disponível em:  
<<http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/>>. Acesso em: 01 de setembro de 2021.

SPERLING, E. V., JARIDIM F. A., GRANDCHAMP, C.; **Water quality during the filling of deep mining lakes: case study of Águas Claras pit lake -MG**, Eng. Sanit. Ambient. V.9 n.3 Rio de Janeiro jul./set. 2004.

Sperling, Marcos Von. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. v. 1, 4 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

TEIXEIRA, J. B. **Saneamento Rural no Brasil. Cadernos temáticos para o Panorama do saneamento no Brasil**. Brasília: Ministério das Cidades, 2014.

TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: impacto das atividades agropecuárias na contaminação do solo e da água**. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI), Campus Frederico Westphalen, 181 p., 2017.

VASCONCELOS, M.B. **Poços para Captação de Águas Subterrâneas: Revisão de Conceitos e Proposta de Nomenclatura**, XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas SUPLEMENTO - Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2014.

World Health Organization – WHO. **Guidelines for drinking water quality**. 4th ed. Geneva: World Health Organization; 2011.