

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

LOUISE NATÁLIA RIBEIRO

ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO APLICADO À GEOLOGIA MÉDICA DE POÇOS
PARA O ABASTECIMENTO HUMANO AO LONGO DA BR 290 EM CAÇAPAVA
DO SUL, RIO GRANDE DO SUL

Caçapava do Sul

2018

LOUISE NATÁLIA RIBEIRO

ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO APLICADO À GEOLOGIA MÉDICA DE POÇOS PARA
O ABASTECIMENTO HUMANO AO LONGO DA BR 290 EM CAÇAPAVA DO SUL,
RIO GRANDE DO SUL

Trabalho de conclusão de curso de
graduação de Geologia pela Universidade
Federal do Pampa, como requisito para
obtenção do Título de Bacharel em
Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Igor Magalhães
Clemente

Caçapava do Sul

2018

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

R484e Ribeiro, Louise Natália

Estudo hidrogeoquímico aplicado à geologia médica
de poços para o abastecimento humano ao longo da BR
290 em Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul / Louise
Natália Ribeiro.

78 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)--
Universidade Federal do Pampa, GEOLOGIA, 2018.
"Orientação: Igor Magalhães Clemente".

1. Hidrogeoquímica. 2. Geologia Médica. 3. Água
Subterrânea . I. Título.

LOUISE NATÁLIA RIBEIRO

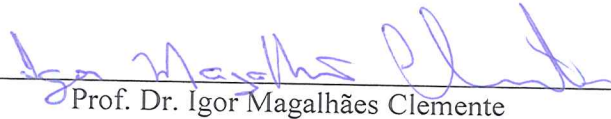
ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO APLICADO À GEOLOGIA MÉDICA DE POÇOS
PARA O ABASTECIMENTO HUMANO AO LONGO DA BR 290 EM CAÇAPAVA
DO SUL, RIO GRANDE DO SUL

Trabalho de conclusão de curso de
Graduação em Geologia pela
Universidade Federal do Pampa, como
requisito para obtenção do Título de
Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Igor Magalhães
Clemente

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 19/12/2018

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Igor Magalhães Clemente
Orientador
UNIPAMPA



Prof. Me. Luiz Delfino Teixeira Albarnaz
UNIPAMPA



Biomédica Cláudia Lopes Marques
Laboratório de Análise e Pesquisas Clínicas Santa Lúcia Ltda.

RESUMO

Água subterrânea é aquela de se encontra na zona de saturação do subsolo, limitada por uma camada selante basal e uma superfície freática no topo. Poços profundos são aqueles capazes de chegar até essas águas. Poços rasos chegam até a zona de aeração do subsolo, onde nem todos os poros estão preenchidos por água. Ambas situações podem abrigar elementos prejudiciais à saúde humana, seja devido interação antrópica ou geológica. O presente trabalho aborda sobre a hidroquímica de sete amostras de água, sendo uma delas coletada após passar pela caixa d'água, duas de poços rasos, e o restante de poços profundos, sendo todas estas voltadas ao consumo humano, com o intuito de garantir uma água não prejudicial à saúde dos consumidores. A área de estudo está limitada à região nordeste de Caçapava do Sul-RS, abrangendo as localidades de Vila Progresso, Água Boa e Durasnal, ao longo da BR 290, compreendendo aproximadamente 50 km². Esta se insere em dois tipos de terreno: as rochas sedimentares da Bacia do Camaquã; e as rochas metassedimentares do Terreno São Gabriel, ambas abrigadas no Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG). Versando entre trabalho de campo, análise do meio e análises laboratoriais, juntamente com a pesquisa bibliográfica, verificou-se que somente as amostras 2 e 5 podem ser classificadas dentro do padrão de potabilidade definido pelo Ministério da Saúde. As demais amostras apresentam bactérias do tipo coliforme, que podem indicar contaminação fecal. Mesmo estando dentro dos valores máximos permitidos para dureza e alcalinidade, cujos parâmetros estão relacionados diretamente com o conteúdo de Ca e Mg, quatro amostras (1, 1.1, 2, 3 e 6) apresentaram valores próximo dos máximos permitidos. Em contrapartida, as outras três amostras (3, 4 e 5) apresentaram valores baixos. Se ultrapassarem os valores propostos pela portaria, o primeiro grupo de amostras podem gerar sabor salobro e precipitar em forma de carbonatos, gerando incrustações nas tubulações; e o segundo grupo pode favorecer um dos inúmeros fatores que contribuem para doenças cardiovasculares.

Palavras-Chave: Hidrogeoquímica; Geologia Médica; Água Subterrânea

ABSTRACT

The groundwater is that which in the subsoil saturation zone, limited by a layer impermeable in the base, and water table in the top. Deep wells are that collecting this water. Shallow wells reach the subsurface aeration zone, where not all pores are filled with water. Both situations may harbor elements detrimental to human health, whether due to anthropogenic or geological interaction. The present work deals with the hydrochemistry of seven water samples, being one of them collected after passing through the water box, two of shallow wells, and the resting of groundwater, and all aimed at human consumption with the aim of ensuring water that is not harmful to consumers' health. Those who do not collect groundwater served as a counterpoint to the discussions. The area of study is limited to northeast region of Caçapava do Sul – RS, in length along the BR 290, approximately 50 km². It fits into two types of terrain: the sedimentary rocks of Camaquã Basin; and the metasedimentary rocks of São Gabriel Terrain. Both is located in Sul-Rio-Grandense shield (ESRG). Comparing field work, environmental analysis and laboratory analyzes, together with the bibliographic research, it was verified that only samples 2 and 5 can be classified within the standard of potability defined by the Ministério da Saúde. The other samples present coliform bacteria, which may indicate fecal contamination. Even being within the maximum values allowed for hardness and alkalinity, whose parameters are directly related to the Ca and Mg content, four samples (1, 1.1, 2, 3 e 6) presented values close to the maximum allowed. In contrast, the other three samples (3, 4 e 5) presented low values. If they exceed the values proposed by the concierge the first group of samples can generate salty flavor and precipitate in the form of carbonates, generating incrustations in the pipes; and the second group may favor one of the many factors that contribute to cardiovascular disease.

Keywords: Hydrogeochemistry; Medical Geology; Groundwater

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Gráfico ilustrando a porcentagem da população rural que possuía abastecimento via poços	14
Figura 02 - Gráfico de linhas que indica o quanto decresceu a população rural e o abastecimento via poço.....	15
Figura 03 – Mapa de localização e situação da área de estudo, com os poços P1-6 plotados sob os limites dos domínios hidrogeológicos.....	16
Figura 04 – Domínios tectônicos da Província da Mantiqueira com as principais estruturas.....	19
Figura 05 – Escudo Sul-Rio-Grandense indicando as principais unidades geotectônicas do sul do Brasil e Uruguai	20
Figura 06 – Situação geográfica da Bacia do Camaquã e Terreno São Gabriel justaposto à litologia circundante	22
Figura 07 – Províncias e subprovíncias hidrogeológicas do Brasil.....	23
Figura 08 – Sub-bacias Hidrográficas nas quais o município de Caçapava do Sul está inserido	24
Figura 09 – Representação do Ciclo Hidrológico	26
Figura 10 – Bacia hidrográfica como uma representação de sistema aberto.....	27
Figura 11 – Representação da distribuição vertical da água, destacando as zonas de umidade.....	28
Figura 12 – Representação dos diferentes tipos de aquíferos de acordo com a pressão das águas e as camadas limitantes	29
Figura 13 – Interação do ciclo hidrológico com o ciclo das rochas	33
Figura 14 – Diagrama de Venn ilustrando duas formas de conceituar geologia médica.....	35
Figura 15 – Fluxograma da metodologia utilizada.....	36
Figura 16 – Detalhe do poço 1, protegido por um tubo de cimento.....	57
Figura 17 – Meio em que o poço está inserido. A caderneta de campo ao pé do poço mede 20 cm de altura.....	58
Figura 18 – Caixa d’água de cimento com infiltrações e marcas de corrosão, a qual recebe a água do poço 1. A caixa d’água de plástico acima é aquela que recebe o tratamento com cloro e redistribui para outras caixas d’água na vila	59
Figura 19 – Ilustração do afloramento do tipo lajeado encontrado há 5m das torneiras que recebem água direto dos poços 1 e 2	59
Figura 20 – Amostras coletadas em afloramento do tipo lajeado, próximas ao P1.....	60
Figura 21 – Croqui da localização do poço 1 em relação ao meio em que está inserido	61
Figura 22 – Torneira onde foi realizada a coleta referente ao P2.....	63
Figura 23 – Vista do entorno do poço 2, protegido com uma cerca de madeira.....	63
Figura 24 – Vista detalhada da situação do poço	64
Figura 25 – Croqui referente à localização do P2	64
Figura 26 – Caixa d’água de tijolos e cimentos tampada, cuja qual recebe a água das nascentes	66
Figura 27 – Mesma caixa da imagem anterior, porém agora descoberta	67
Figura 28 – Caixa d’água de plástico, a qual está acoplada a bomba e é responsável por enviar a água para as caixas d’água particulares.....	68
Figura 29 – Ilustra a mata na qual as nascentes estão localizadas.....	68

Figura 30 – Espécie de lagostim encontrada dentro da caixa d’água de tijolos, medindo aproximadamente 10 cm.....	69
Figura 31 – Amostra de rocha encontrada nas proximidades das nascentes	69
Figura 32 – croqui ilustrando a disposição das nascentes em relação às caixas d’água.	70
Figura 33 – Imagem do P5, nos fundos da escola. O vazamento se encontra onde foi amarrado uma faixa preta no encanamento	72
Figura 34 – Croqui ilustrando a distância entre o P5 e o poço que não foi feita coleta, além do meio que os cerca.....	73
Figura 35 – Situação do P6.....	75
Figura 36 – Croqui representando a localização do P6	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Dados de localização dos poços estudados.....	17
Quadro 02 – Resultado das análises biológicas, onde + simboliza presença e – simboliza ausência.	45
Quadro 03 – Correlação entre os valores de cada parâmetro para cada amostra, e o respectivo valor máximo permitido. 1 – Valores Máximos Permitidos; 2 – Transparente; 3 – Avermelhada; 4 – Insípida; 5 – Ferruginoso; 6 – Ausente; 7 – Presente.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Valores para condutividade elétrica para as amostras de água.....	40
Tabela 02 – Valores de alcalinidade para amostras de água	41
Tabela 03 – Valores para cloretos nas amostras de água	42
Tabela 04 – Valores para dureza total em amostras de água.....	43
Tabela 05 – Valores de referência para quantidade de cálcio nas amostras de água	43
Tabela 06 – Valores de magnésio para amostras de água	44
Tabela 07 - Tabela temporal quanto ao número de residências abastecidas por poço ou nascente segundo a localidade	77
Tabela 08 - Tabela temporal quanto ao número de residências com esgotamento sanitário do tipo fossa rudimentar por localidade.....	77
Tabela 09 - Tabela temporal quanto ao número de residências em que o esgotamento sanitário se dá em rios, lagos ou mar, por localidade	77
Tabela 10 - Tabela temporal quanto ao número de residências com esgotamento sanitário do tipo fossa séptica por localidade	77
Tabela 11 - Tabela temporal quanto ao número de residências com rede geral de esgoto ou pluvial por localidade	78
Tabela 12 - Tabela temporal quanto ao número de habitantes por localidade	78

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. OBJETIVO GERAL.....	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. JUSTIFICATIVA.....	14
4. ÁREA DE ESTUDO	15
5. CONTEXTO GEOLÓGICO.....	17
5.1. GEOLOGIA REGIONAL	18
5.1.1. Província da Mantiqueira.....	18
5.1.2. Escudo Sul-Rio-Grandense.....	20
5.2. GEOLOGIA LOCAL	21
5.2.1. Terreno São Gabriel.....	21
5.2.2. Bacia Pós Colisional do Camaquã.....	21
5.3. HIDROGEOLOGIA REGIONAL.....	22
5.3.1. Províncias Hidrogeológicas.....	22
5.3.2. Bacias Hidrográficas	23
5.4. HIDROGEOLOGIA LOCAL	24
5.4.1. Província Hidrogeológica Escudo Meridional	24
5.4.2. Província Hidrogeológica Paraná	25
6. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
6.1. HIDROLOGIA.....	25
6.1.1. Ciclo Hidrológico.....	25
6.1.2. Bacia Hidrográfica	26
6.2. HIDROGEOLOGIA.....	27
6.2.1. Distribuição Vertical da Água no Subsolo	27
6.2.2. Geologia da Água Subterrânea	29

6.3. HIDROQUÍMICA	30
6.3.1. Coleta de Amostras	30
6.3.2. Características Físicas	31
6.3.3. Características Químicas	31
6.3.4. Características Biológicas	31
6.4. HIDROGEOQUÍMICA	31
6.4.1. Interação Água-Rocha	32
6.5. CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	33
6.5.1. Contaminação X Poluição	33
6.5.2. Padrões de Referência	34
6.6. GEOLOGIA MÉDICA	34
7. MATERIAIS E MÉTODOS	35
7.1. PLANEJAMENTO E INFRAESTRUTURA	36
7.2. OPERACIONAL E LABORATORIAL	37
7.3. INTERPRETAÇÃO E CONCLUSÃO	39
8. RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
8.1. ANÁLISE FÍSICA	39
8.2. ANÁLISE QUÍMICA	39
8.2.1. Condutividade Elétrica	39
8.2.2. Alcalinidade (HCO₃⁻)	40
8.2.3. Sulfatos (SO₄⁻)	41
8.2.4. Cloretos (Cl⁻)	41
8.2.5. Dureza	42
8.2.6. Cálcio (CaCO₃)	43
8.2.7. Magnésio (MgCO₃)	44
8.3. ANÁLISE BIOLÓGICA	44
8.4. COMPARAÇÃO ENTRE ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS	46

8.5. ANÁLISE DO MEIO.....	46
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
9.1. RELACIONAMENTO ENTRE OS DADOS LABORATORIAIS	48
9.2. IDENTIFICAÇÃO DOS CONTAMINANTES E SEUS IMPACTOS	48
9.3. DADOS LABORATORIAIS X ANÁLISE DO MEIO.....	50
10. REFERÊNCIAS	52
ANEXOS.....	56
APÊNDICES	77

1. INTRODUÇÃO

A água subterrânea é uma solução diluída de inúmeros elementos e compostos sólidos, líquidos e gasosos em proporções diversas, provenientes do ar (durante o processo de condensação e precipitação), dos solos e das rochas (nas quais circula ou é armazenada) e do contato com as atividades humanas (Manoel Filho, 2008). O município de Caçapava do Sul-RS abriga inúmeros tipos de litologias, tanto é que ganhou a designação de Capital da Geodiversidade. Considerando isto, não se é possível admitir uma única assinatura química para a água do município, tudo dependerá da região em que a amostra de água será coletada.

A área de estudo compreende a região nordeste do município de Caçapava do Sul, RS, que abrange as localidades de Vila Progresso, Água Boa e Durasnal. Ocorrem aquíferos do tipo poroso e do tipo fissural, associados respectivamente às litologias das rochas sedimentares da Bacia Pós-Colisional do Camaquã e as rochas metamórficas do Terreno São Gabriel. No decorrer deste projeto busca-se identificar quais os contaminantes presentes, o impacto que estes causam aos moradores, e sugerir a fonte dos mesmos.

A maior parte dos residentes na área de estudo são abastecidos por água de poço (sendo tubulares profundos a maioria). A prefeitura municipal de Caçapava do Sul fiscaliza a situação dos poços ao menos uma vez por ano, orientando os moradores caso haja necessidade de corrigir a química da água adicionando algum componente. Mesmo assim, estes demonstram-se preocupados em relação a qualidade da água que consomem, pois compreendem o impacto que pode causar à saúde.

Segundo relato dos moradores, em análises anteriores de um dos poços (P1), os resultados indicaram que a água tratada estava em piores condições do que a água coletada diretamente do poço (sem tratamento). Os moradores, preocupados com a problemática, sugeriram a análise das duas situações: coleta de amostras antes e depois do tratamento, afim de comprovar a contaminação no sistema de armazenamento. Isto justifica a amostra 1 e 1.1 ter as mesmas coordenadas, sendo a 1.1 coletada após passar pela caixa d'água/receber tratamento.

As principais atividades econômicas desenvolvidas na área de estudo são: agricultura, apicultura, e comércio em geral (posto de combustível, lojas de artesanato, oficina mecânica), além da criação de subsistência de bovinos, ovinos e suínos.

Se os poluentes puderem ser denominados como contaminantes, isto significa que possuem teores o suficiente para causarem riscos à saúde humana (CPRM, 2008). A presente pesquisa busca analisar cada uma destas prováveis fontes de poluentes, indicando se pode haver influência antrópica ou não, afim de garantir a saúde dos ruralistas.

A metodologia aplicada versa entre pesquisa de campo e pesquisas laboratoriais, onde, juntamente com a pesquisa bibliográfica, são confrontados os dados adquiridos afim de buscar correlação entre os mesmos. Ela é linear, porém não rígida, permitindo retornar à passos anteriores sempre que constatado a necessidade de um ponto de vista diferente.

O presente projeto está dividido em nove capítulos, que podem ser organizados em três enfoques diferentes: a primeira com carácter introdutório, onde é exposto o tema, explanado sobre seus objetivos e justificativas, e descrita a área de estudo; a segunda versando sobre a revisão bibliográfica, onde é trabalhado sobre o contexto geológico (geologia e hidrogeologia regional e local) e quanto a fundamentação teórica para o projeto (hidrogeoquímica, contaminação de águas subterrâneas e geologia médica); e a terceira onde são apresentados os resultados e conclusões, relatados os materiais utilizados e metodologias aplicadas, relevando toda a segunda e terceira parte deste projeto.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Verificar e relacionar alterações hidrogeoquímicas com fontes de contaminações das águas subterrâneas utilizadas pela população da região nordeste do município de Caçapava do Sul/RS, associando com problemas de saúde pertinentes à geologia médica.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar análises hidro físico-químicas de amostras de água subterrânea, coletadas em poços tubulares profundos, que vêm sendo utilizado para consumo humano;
- Identificar os poluentes de cada amostra embasado na legislação vigente;
- Analisar o meio em que as amostras estão inseridas e os resultados das análises hidro físico-químicas para as amostras, e compará-los.

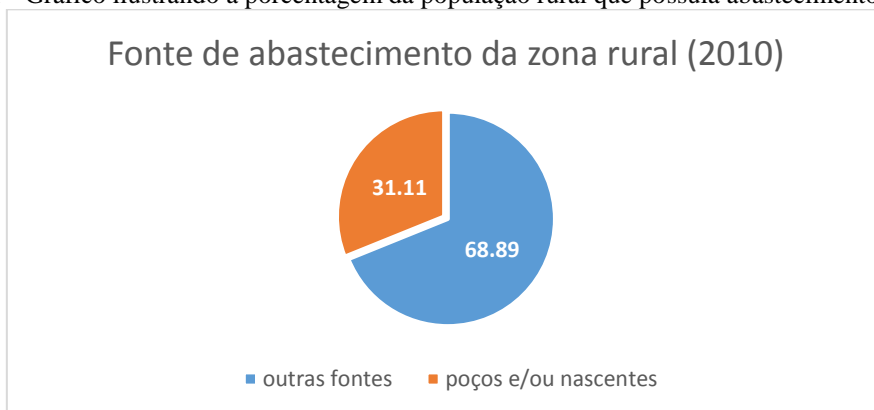
- Detectar possível origem dos poluentes e associá-los aos problemas de saúde que os moradores estão sujeitos a desenvolver por conta destes.

3. JUSTIFICATIVA

Tanto em ambientes com interação antrópica quanto os naturais, as águas subterrâneas podem ser contaminadas. São inúmeras as origens possíveis para tais contaminações. A área de estudo trabalhada neste projeto está inserida na zona rural de Caçapava do Sul. É da zona rural do município em questão que se tem dados estatísticos que justificam o presente projeto.

No município, conforme informações obtidas em FEEDADOS (<https://dados.fee.tche.br/>, acessado em 25/09/2018), 92,80% da população abastecida por poços e nascentes era da zona rural do município em 2010, o que corresponde a 31,11% da população rural total contabilizada no mesmo ano (Figura 01).

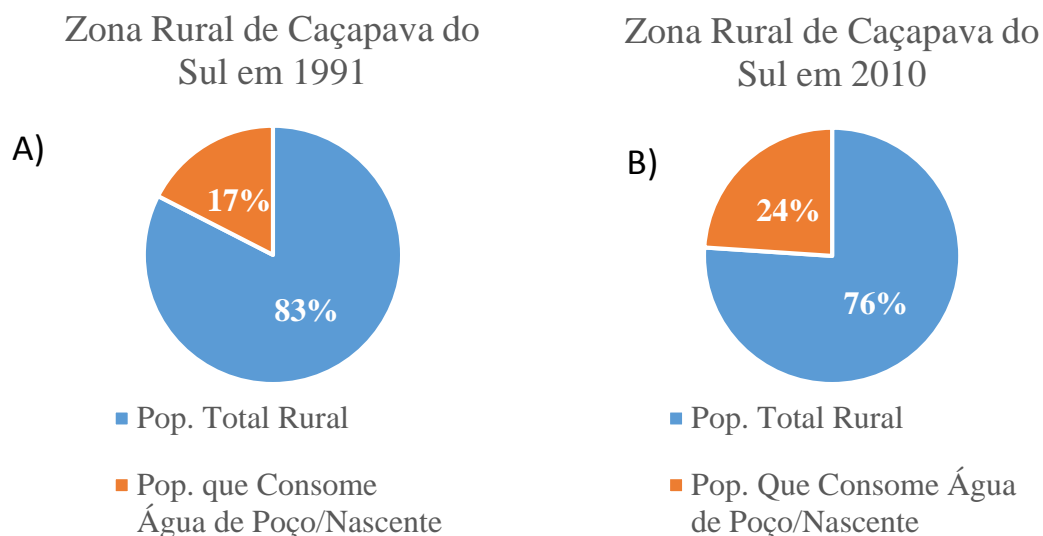
Figura 01 - Gráfico ilustrando a porcentagem da população rural que possuía abastecimento via poços.



Fonte: Adaptado de Feedados, 2010.

Segundo a mesma fonte, na zona rural do município, entre 1991 até 2010 houve uma evasão de 41,97% da população, assim como também houve diminuição, porém bem menos significativa, de pessoas com acesso a poços (14,70%). Isto, tomando uma visão geral, significa que neste período de tempo uma maior parcela da população rural de Caçapava do Sul passou a ter acesso a abastecimento via poços. Os gráficos 2 e 3 demonstram este aumento, onde em 1991 apenas 17% da população rural tinha acesso aos poços, enquanto que em 2010 aumentou para 24%.

Figura 02 - Gráficos que demonstram a porcentagem da população rural de Caçapava do Sul com acesso à poços/nascentes para abastecimento em 1991 (A) e 2010 (B).



Fonte: Adaptado de Feedados, 2010.

Isto é, mais pessoas tendo acesso ao abastecimento via poços e nascentes, ao passo que vem diminuindo o acesso ao esgotamento sanitário correto ambientalmente (-86,31% entre 1991 a 2010); o que equivale em 2010 a, apenas, 2,17% da população rural. Esta falta de esgotamento sanitário correto, somado ainda com o uso de agrotóxicos nas plantações desta zona e aos elementos adicionados à água subterrânea através das reações naturais com as rochas em que percolam, indicam que as águas subterrâneas podem estar propícias a conter contaminantes.

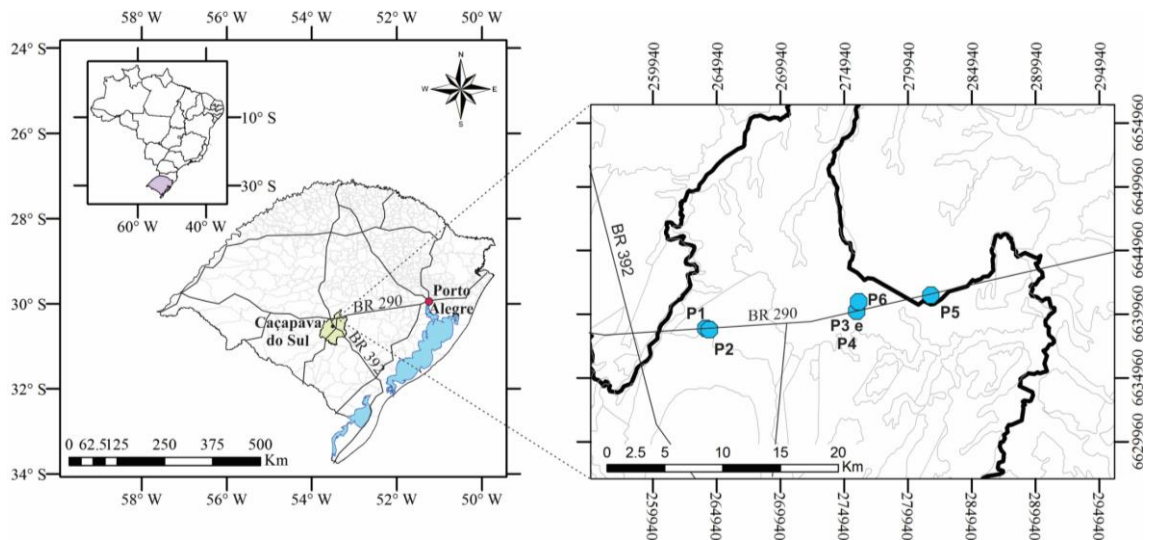
A fração da população rural com acesso ao abastecimento via poços e nascentes vem crescendo com o passar dos anos. Em 2010, segundo FEEDADOS (2010), essa fração era de 31,11%. Isto torna a pesquisa significativa, já que impacta uma relevante parcela da população rural total do município. A área delimitada a este estudo, segundo Telles (2016), é a porção da zona rural com o maior número de poços e com maior distribuição geográfica destes. Logo, esta área de estudo não é representativa de toda área rural do município, mas é capaz de oferecer mais informações a respeito de prováveis contaminações do que as outras localidades.

4. ÁREA DE ESTUDO

Localizada na porção central do Rio Grande do Sul, à nordeste do município de Caçapava do Sul/RS, porções das localidades da Vila Progresso, Água Boa e Durasnal

compõem a área de estudo, somando 50 km². Se encontra próxima da divisa territorial do município de Cachoeira do Sul, e fica distante aproximadamente 215 km da capital Porto Alegre e 20 km da malha urbana do município de Caçapava do Sul. O principal acesso à área de estudo se dá, partindo do perímetro urbano de Caçapava do Sul, através da BR 392 por 17 km – sentido Santa Maria, seguindo para a BR 290 por 2,5 km – sentido Porto Alegre (Figura 03).

Figura 03 – Mapa de localização e situação da área de estudo, com os poços P1-6 plotados sob os limites dos domínios hidrogeológicos.



Fonte: Adaptado de ABAS.

Tem por referência cinco pontos, seis poços e sete amostras de água, sendo dois poços no mesmo ponto (P3 e P4) e dois pontos com duas amostras (P1 e P1.1; e P3 e P4). Estes estão entre as coordenadas 0262480mL/6638717mS e 0281900mE/6641813mS, ao longo da Rodovia Osvaldo Aranha (BR 290), iniciando no Arroio Santa Bárbara e encerrando na Cooperativa Triticola Caçapavana Ltda./Cotrisul (Quadro 01).

Quadro 01 – Dados de localização dos poços estudados.

Nomenclatura poço	Nomenclatura de Pesquisas Anteriores	Referencial	Coordenada X	Coordenada Y
P1	P13 - Telles	Capela São João Batista	0264092	6638862
P2	20768 - SIAGAS	Sítio do Léo	0264369	6638759
P3 e P4	-	Posto da Fonte	0275909	6640211
P5	P37 – Telles	EEEM Antônio José Lopes Jardim	0281744	6641435
P6	P19 – Telles	Mecânica do Jocenir	0276084	6640949

Fonte: Autora.

A área possui três arroios (Arroio Santa Bárbara, Das Ilhas e Das Pedras) e diversas nascentes, sendo uma delas conhecida como Fonte Água Boa que servia como local de lazer e descanso para a população e caminhoneiros desde pelo menos 1969. Quanto à geologia, possui duas litologias: metapelito do Terreno São Gabriel e arenito da Bacia do Camaquã.

As principais atividades econômicas da área de estudo são agricultura, comércio e pecuária, onde o primeiro possui maior destaque principalmente com parreirais de uva, plantio de oliveiras e madeiras para corte (eucalipto e acácia). As residências não possuem sistema de tratamento esgoto.

Grande parte dos moradores são abastecidos por água de poço, onde a maioria destes é do tipo tubular profundo. Os poços P3 e P4 não são catalogados como sendo deste gênero, mas são utilizados como contraponto em discussões sobre a proveniência de contaminantes. A água destes últimos provém da zona de aeração do solo, enquanto que nos demais poços a água é proveniente da zona de saturação do solo.

5. CONTEXTO GEOLÓGICO

A Província da Mantiqueira pode ser dividida de acordo com três Orógenos Brasileiros, sendo o orógeno I aquele de maior relevância para este trabalho. Nele está inserido o Escudo Sul-Rio-Grandense (ESRG), que abriga diversas litologias. Naquelas

do Terreno São Gabriel e da Bacia Pós-Colisional do Camaquã é que estão alojados os poços estudados, sendo uma rocha metassedimentar de coloração esverdeada, com grau de metamorfismo variando entre baixo e mediano; e outra rocha, sedimentar com clastos bem selecionados, rica em quartzo e com duas bandas, as quais se diferenciam pela coloração (laranja-avermelhada e roxa escura-acinzentada).

5.1. GEOLOGIA REGIONAL

5.1.1. Província da Mantiqueira

Uma província geológica é uma região de escala regional que possui um ambiente geológico próprio ou ao menos uma história geológica similar, e a província da Mantiqueira se enquadra nesta definição por conta do seu período de formação: fechamento do supercontinente Gondwana (LOPES, 2012). A província em questão passou por um processo orogênico diacrônico, isto é, seu sistema de formação de montanhas se originou no mesmo evento geotectônico, porém não a região toda ao mesmo tempo. Um exemplo deste diacronismo seria os episódios de granitogênese de arco magmático pré colisional: enquanto que no orógeno São Gabriel (porção sul) ocorreu entre 880 Ma e 730 Ma, no orógeno Ribeira (porção central) ocorreu entre 790 Ma e 605 Ma.

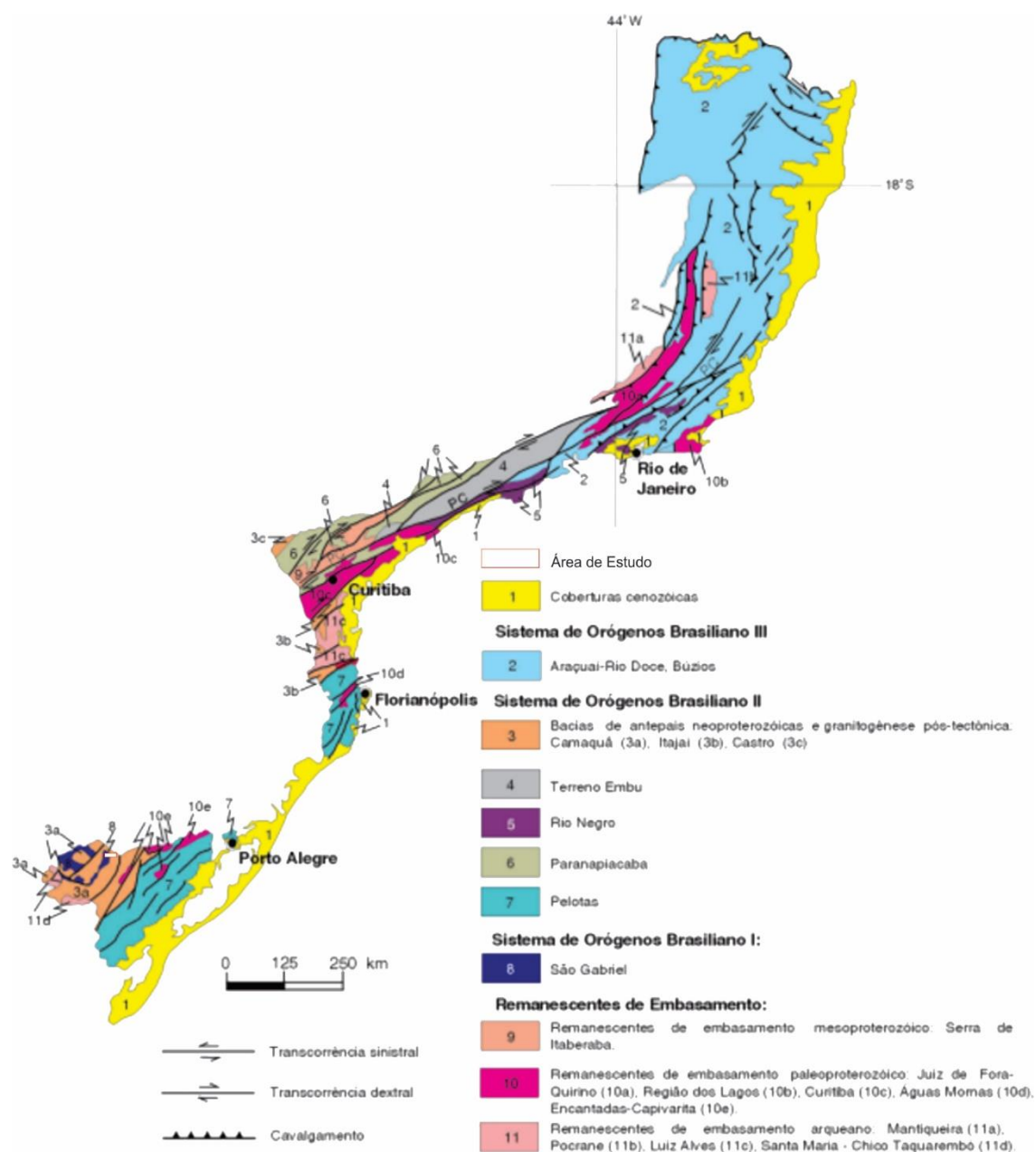
A província se localiza paralela à costa atlântica do sudeste e sul do Brasil, o que resulta numa faixa de orientação NE-SW, com comprimento de aproximadamente 3.000km que inicia no paralelo 15°S e encerra no Uruguai. A oeste faz limite com as províncias Tocantins, São Francisco e Paraná, enquanto que a leste é limitada pela margem continental e pelas bacias costeiras do Espírito Santo, Campos, Santos e Pelotas (HEILBRON, 2004).

Segundo mesma bibliografia, a Província da Mantiqueira trata-se de um sistema orogênico neoproterozóico-cambriano que engloba os orógenos Araçuaí, Ribeira, Dom Feliciano, São Gabriel e a zona de interferência entre os orógenos Brasília e Ribeira. Iniciou seu processo de formação com o que hoje presenciamos como sendo sequências metassedimentares, que foram depositadas em bacias intracontinentais paleoproterozóicas a mesoproterozóicas sob embasamento arqueano e/ou paleoproterozóico mais velho que 1,7 Ga; e encerra com coberturas neoproterozóico-cambrianas associadas a bacias tardi-orogênicas e magmatismo pós-colisional.

A colagem, que são os vários eventos orogênicos relacionados, já que abrange uma ampla faixa temporal (880–520 Ma), e como pode ser observado na figura 04, pode

ser dividida em três sistemas orogênicos: Brasiliano I, II e III. O Brasiliano I teve seu início no período Toniano e encerrou no início do Criogeniano, com seu ápice entre 880 e 700 Ma. Sua principal característica é a acreção de crosta juvenil, proveniente de colisão continente-arco de ilhas, formando o orógeno de São Gabriel. O Brasiliano II teve seu clímax 640 - 610Ma e é caracterizado pela colisão continente-continente, formando os terrenos Pelotas, Paranapiacaba/Rio Pien, Rio Negro. E, finalmente, o Brasiliano III com o pico entre 590 – 570 Ma, originando o orógeno de Araçuaí, e há 520 Ma que originou o orógeno Búzios (CPRM, 2003).

Figura 04 – Domínios tectônicos da Província da Mantiqueira com as principais estruturas.



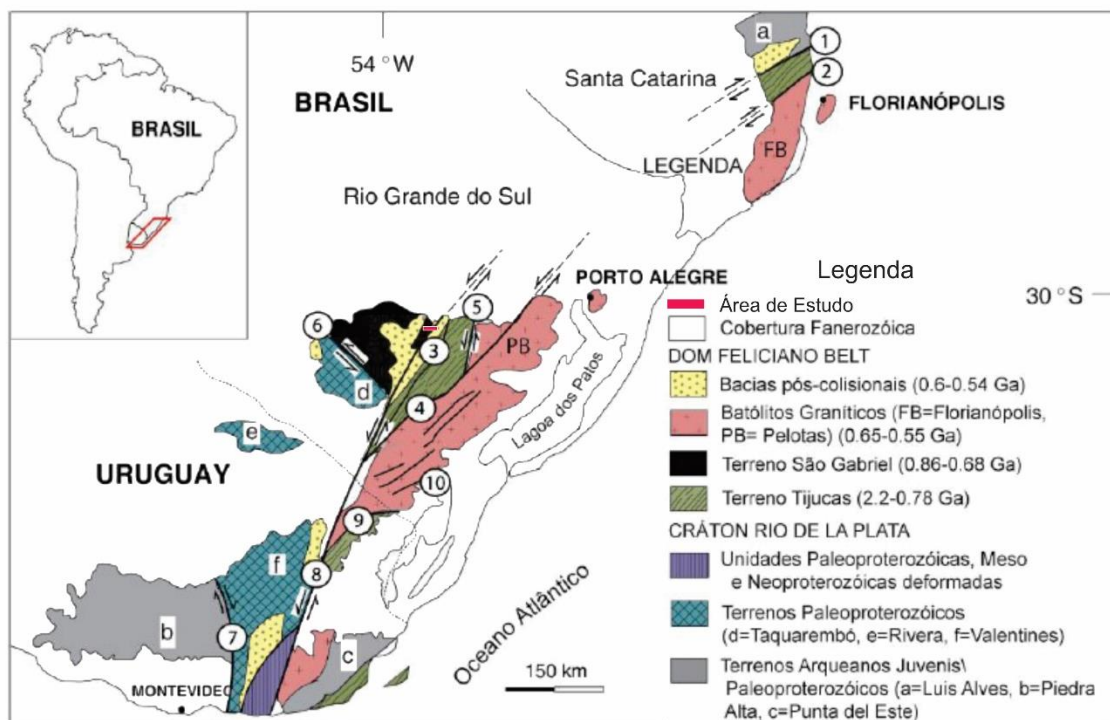
Fonte: Adaptado de CPRM, 2003.

5.1.2. Escudo Sul-Rio-Grandense

Escudo corresponde a uma parte cratônica da crosta continental, geralmente muito antigo, no entorno da idade pré-cambriana. Sua estrutura será complexa, a qual passou por diversos ciclos geológicos, e a composição é majoritariamente granítica. Se comporta de forma estável, apresentando pouca deformação, quando comparada com seu entorno, o qual geralmente é composto por faixas metamórficas mais jovens e com alto grau de metamorfismo. Servirão como embasamento e/ou área fonte de bacias sedimentares (WINGE, 2018). ESRG se encaixa nesta descrição.

Como pode ser observado na figura 05, ele corresponde à porção meridional da província da Mantiqueira. Abriga rochas ígneas, metamórficas e sedimentares pré-paleozóicas. Entre 900 e 500 Ma esta área era uma zona de acreção e retrabalhamento crustal, que é chamado de Cinturão Dom Feliciano. Este Pode-se dividir em quatro domínios: Taquarembó, São Gabriel, Santana da Boa Vista e Pelotas. Todos estes são diferenciados pela estrutura, petrotectônica e isotopia distintas (BORBA, 2006).

Figura 05 – Escudo Sul-Rio-Grandense indicando as principais unidades geotectônicas do sul do Brasil e Uruguai: 1- Itajaí-Perimbó; 2 – Major Gercino; 3 – Santana da Boa Vista; 4 – Dorsal de Canguçu; 5 – Passo do Marinheiro; 6 – Ibaré; 7 – Sarandi del Y; 8 – Sierra Ballena; 9 – Cerro Amaro; 10 – Arroio Grande.



Fonte: Adaptado de LOPES, 2012.

5.2. GEOLOGIA LOCAL

5.2.1. Terreno São Gabriel

O terreno São Gabriel está inserido no Escudo Sul-Rio-Grandense, e é bordado ao sul pelo terreno Taquarembó, a leste pelo terreno Tijucas, e a norte e noroeste pelas rochas da bacia do Paraná (SALVI, 2014). Na figura 05, está representado pela coloração preta, enquanto que na figura 06, por cinza sólido. Segundo Chemale Jr., 2000, este terreno também pode ser denominado de Cinturão Vila Nova.

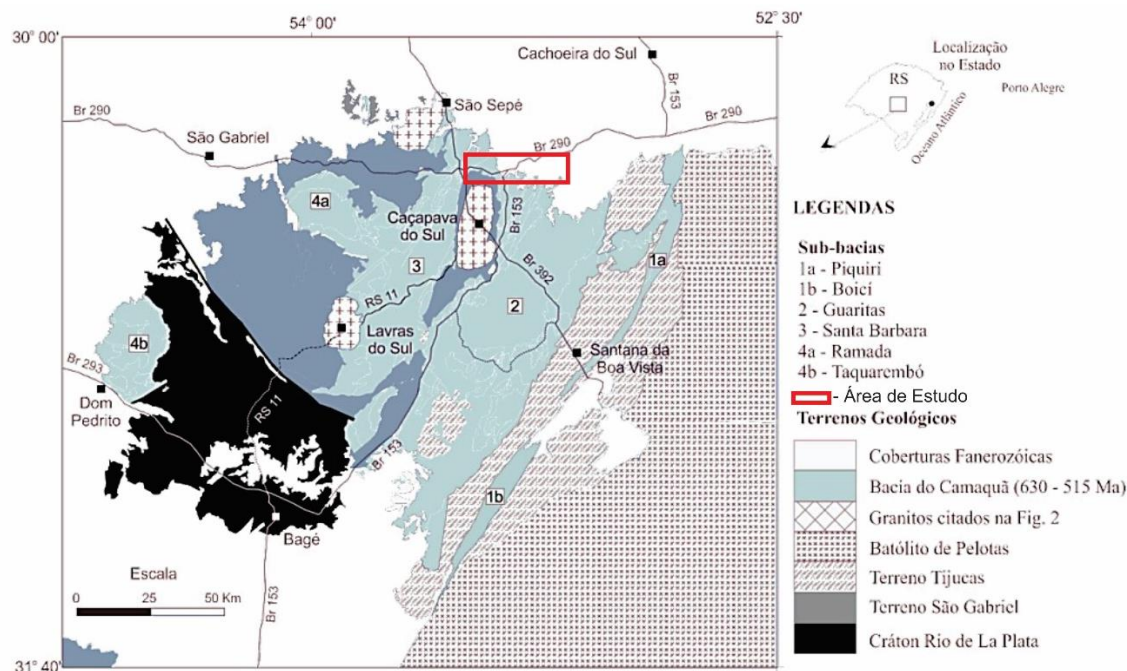
Este é o único terreno do ESRG que possui uma assinatura juvenil pertencente à era neoproterozóica (BORBA, 2006). As associações petrotectônicas se referem à cinco ambientes distintos: do tipo margem passiva e de retroarco, ofiolitos, arcos magmáticos vulcano-sedimentares e plutônicos (SALVI, 2014). Logo, sua geologia também varia conforme se examina diferentes porções. O complexo Cambaí, abrigado no terreno São Gabriel, por exemplo, é composto por gnaisses e granitoides com composição tonalítica-trondhjemitica-granodiorítica (TTG), que intercalam com rochas metavulcânicas e metassedimentares (BORBA, 2006). A litologia encontrada no entorno do P1 e P2 se encaixa como sendo as metassedimentares; metapelito.

5.2.2. Bacia Pós Colisional do Camaquã

A bacia do Camaquã, na imagem 06 representado pela coloração esverdeada, está situada no Rio Grande do Sul, e pode ser dividida em três sub-bacias: Camaquã Ocidental, Central e Oriental. O que limita essas sub-bacias são os altos de Caçapava do Sul e os da Serra das Esmeraldas. Todas elas são preenchidas pelo grupo Camaquã, e chegam a 6.000 metros de espessura. Estes sedimentos são divididos em três formações distintas: Formação Maricá na base, com composição clástica continental provenientes de planícies aluviais, onde mais ao topo se intercalam com clastos marinhos, devido as invasões marinhas; Subgrupo Crespos, com protólito de rochas vulcanossedimentares; e Formação Santa Bárbara no topo, com clastos provenientes de ambientes transicionais e marinhos (CPRM, 2003).

Segundo Borba, 2006, há uma escassez de dados sobre a petrografia, geoquímica, geocronologia e geologia isotópica da bacia, o que faz ter tanta divergência quanto modelos e interpretações sobre a evolução da mesma. Segundo mesmo autor, a idade do grupo Camaquã é entre 600 – 470 Ma, o que equivale do final do neoproterozóico até o ordoviciano.

Figura 06 – Situação geográfica da Bacia do Camaquã e Terreno São Gabriel justaposto à litologia circundante.



Fonte: Adaptado de PAIM, 2014.

5.3. HIDROGEOLOGIA REGIONAL

5.3.1. Províncias Hidrogeológicas

O sul do Brasil possui quatro províncias hidrogeológicas: Costeira, Paraná, Escudo Oriental – Sudeste, e Escudo Meridional. Isto é, quatro regiões com características gerais semelhantes em relação à ocorrência de águas subterrâneas (figura 07). E, esta ocorrência de águas está atrelada diretamente a um conjunto de seis fatores: geologia, morfologia, clima, hidrologia, vegetação e solos (CPRM, 2008).

Estes fatores, interligados, que formam condições específicas de ocorrências de águas subterrâneas por região. A geologia é o principal dos fatores, já que servirá de abrigo para estas águas. Também embasado em CPRM, 2008, no Rio Grande do Sul há diversos tipos de litologias, mas podemos agrupá-las em três grandes grupos: rochas porosas com importância hidrogeológica variando de alta a baixa; rochas fraturadas, de importância média a baixa para a hidrogeologia; e rochas porosas ou fraturadas, com importância hidrogeológica relativa muito baixa. Ora, definem três grupos fundamentais para a ocorrência de águas subterrâneas: formações permeáveis com permeabilidade primária, formações permeáveis com porosidade secundária, e formações impermeáveis, respectivamente.

Figura 07 – Províncias e subprovíncias hidrogeológicas do Brasil.

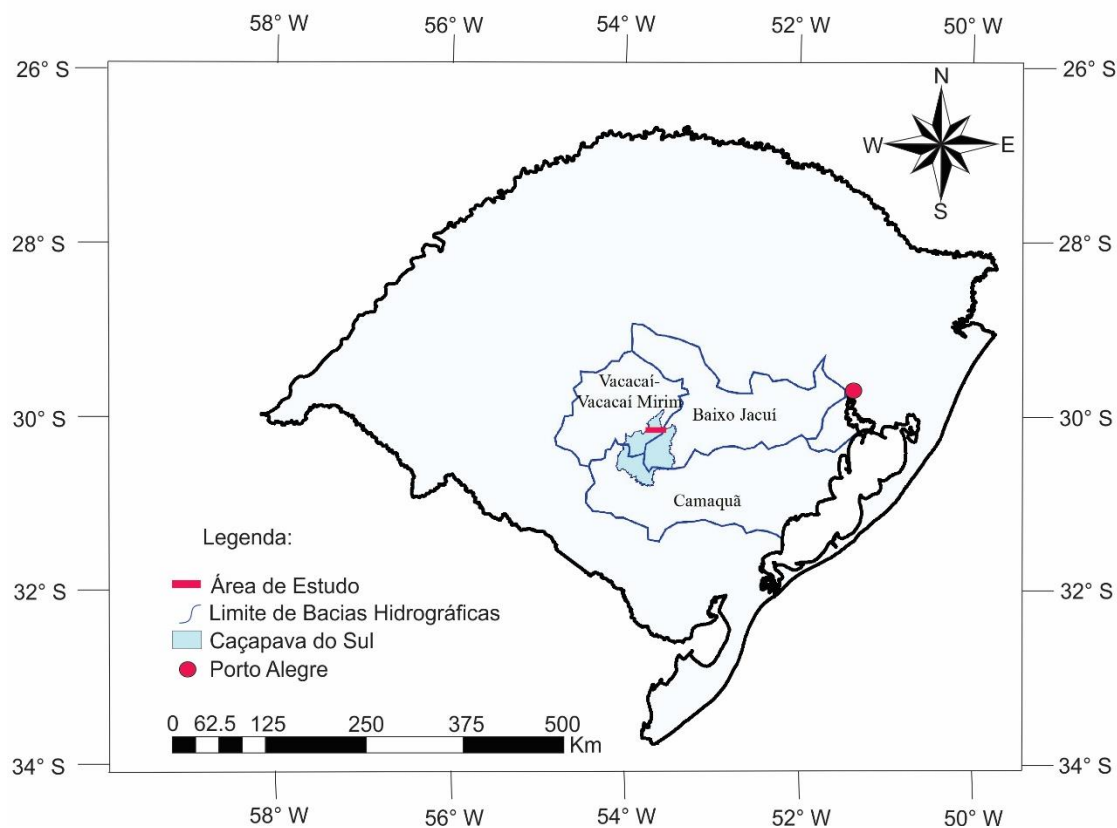


Fonte: CPRM, 2008.

5.3.2. Bacias Hidrográficas

O Rio Grande do Sul é muito abundante em água superficial, as quais estão agrupadas em três grandes bacias hidrográficas, a do Uruguai, a do Guaíba e a Litorânea. Essas três possuem repartições, abrigando diversas sub-bacias em cada uma delas. O município de Caçapava do Sul está inserido em duas bacias e três sub-bacias: Bacia Hidrográfica do Guaíba, nas sub-bacias Vacacaí-Vacacaí Mirim e Baixo Jacuí; e a Bacia Hidrográfica Litorânea, na sub-bacia Camaquã (figura 08). Os limites destes estão atrelados principalmente ao relevo (<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/bacias-e-sub-bacias-hidrograficas>, acessado dia 24/11/2018).

Figura 08 – Sub-bacias Hidrográficas nas quais o município de Caçapava do Sul está inserido.



Fonte: Adaptado de <http://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>, acessado 21/04/2018.

5.4. HIDROGEOLOGIA LOCAL

5.4.1. Província Hidrogeológica Escudo Meridional

Formada por rochas cristalinas de idades que variam entre o Arqueano e o Proterozóico Superior, esta província se limita à aquíferos do tipo fraturado. São altos os índices pluviométricos da região, garantindo com que as águas superficiais sejam abundantes e perenes, porém, devido ao tipo de aquífero, muitos poços são secos (CPRM, 2008). Esta é a província que abriga o P1, P1.1 e P2, que são os poços mais a oeste.

Segundo mesma bibliografia, os poços perfurados nesta província costumam ter uma média de 73 metros de profundidade e vazão de 1 a 36 m³/h, o que é característico de aquíferos fraturados. Geralmente a dureza das águas é muito baixa (230 mg/L em média), tornando-a útil para qualquer finalidade, exceto alguns casos pontuais, como na criação de certa espécie de peixes. Porém, são frequentes os casos de contaminação antrópica.

5.4.2. Província Hidrogeológica Paraná

Esta possui dimensões muito maiores quando comparada à província Escudo Meridional, chegando a cobrir parte da área de vários estados na porção meridional do país. É uma das províncias brasileiras de maior produtividade. Se aloja na bacia sedimentar do Paraná, que inclui de modo generalista sedimentos clásticos, intrusões e derrames básicos, em uma espessura máxima de 7.800 metros. São cinco os aquíferos que percolam pela província, logo, abrigam litologias distintas, assim como variam os valores de vazão e profundidade média dos poços perfurados.

O destaque desta província seria o aquífero Guaraní, antes denominado de Botucatu no Brasil. Este aquífero também percola por sobre território do Uruguai (conhecido por aquífero Taquarembó), Argentina e Paraguai (chamado de aquífero Misiones). Este é o maior aquífero da província, e desde 2005 cumpre com a licitação internacional com o Projeto Aquífero Guaraní, onde os quatro países estudam e protegem o mesmo (CPRM, 2008).

6. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

6.1. HIDROLOGIA

Segundo Tucci (2001), esta é a ciência que estuda a ocorrência de água na Terra, desde sua circulação e distribuição a propriedades físicas e químicas e como estas interagem com as formas vivas. É interdisciplinar e muito ampla, podendo ser dividida em várias áreas, como a hidrogeologia, hidroquímica e hidrogeoquímica, tratadas neste presente projeto. Desde sua criação vem sendo muito trabalhada a parte descritiva e qualitativa, mas continua a evoluir cada vez mais amplamente para a interdisciplinaridade, possibilitando um maior desenvolvimento da parte quantitativa também, que é muito significativa para várias áreas.

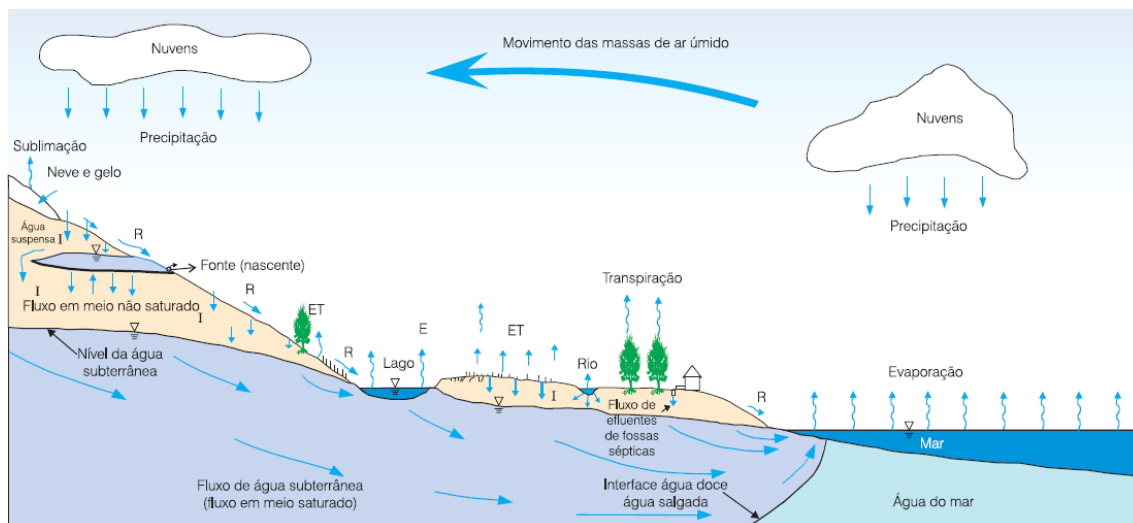
6.1.1. Ciclo Hidrológico

A grande maioria das águas subterrâneas provêm do ciclo hidrológico, isto é, o sistema cíclico natural que faz com que as águas do oceano circulem entre o ar, então para o continente, de onde retorna ao oceano de modo superficial ou subterrâneo (figura 09).

Vários elementos garantem este ciclo contínuo. No solo e subsolo, os principais agentes do ciclo são a gravidade e densidade da cobertura vegetal. No ar e em meios

líquidos, os responsáveis são os fatores climáticos, como a temperatura, ventos, umidade e insolação. Além destes, existem outros fatores que influenciam, porém com menor participação (CPRM, 2008).

Figura 09 – Representação do Ciclo Hidrológico, onde E = evaporação, ET = evapotranspiração, I = infiltração, R = escoamento superficial (deflúvio).



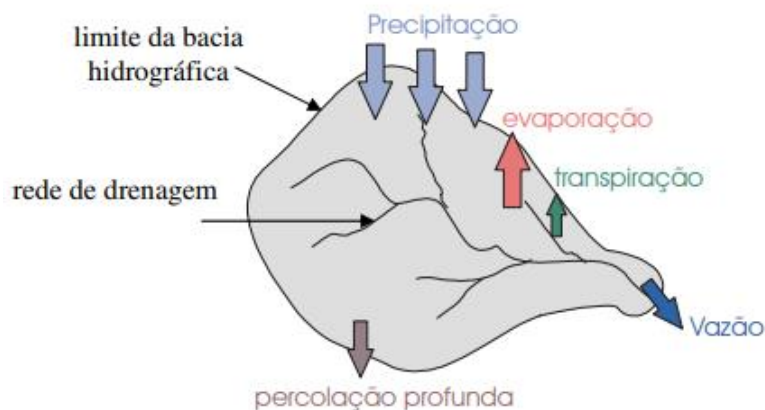
Fonte: CPRM, 2008.

6.1.2. Bacia Hidrográfica

Segundo Paz (2004), bacia hidrográfica é uma área que, de modo natural, capta a água de precipitação e faz convergir o fluxo em um único ponto de descarga, chamado de exutório. Ela pode ser dividida em duas partes superficiais: a rede de drenagens, que são os cursos d'água que confluem até formar um único leito no exutório; e superfícies vertentes, que são as superfícies por onde a água precipitada esco.

Pode ser considerada como um sistema aberto, ou seja, nem toda água que entra numa bacia será escoada no exutório. Isto, pois, há perdas no decorrer do sistema, como volumes evaporados, transpirados pela vegetação ou infiltrados (figura 10).

Figura 10 – Bacia hidrográfica como uma representação de sistema aberto.



Fonte: PAZ, 2004.

6.2. HIDROGEOLOGIA

Segundo CPRM (2008) hidrogeologia é o mesmo que hidrologia de água subterrânea, ou seja, o estudo da ocorrência, circulação, propriedades físicas e químicas das águas em subsuperfície. E este estudo é de extrema importância, já que o manancial subterrâneo abriga o maior volume de água doce na forma líquida na Terra (10,3 milhões de km³, enquanto que rios e lagos somam cerca de 104 mil km³).

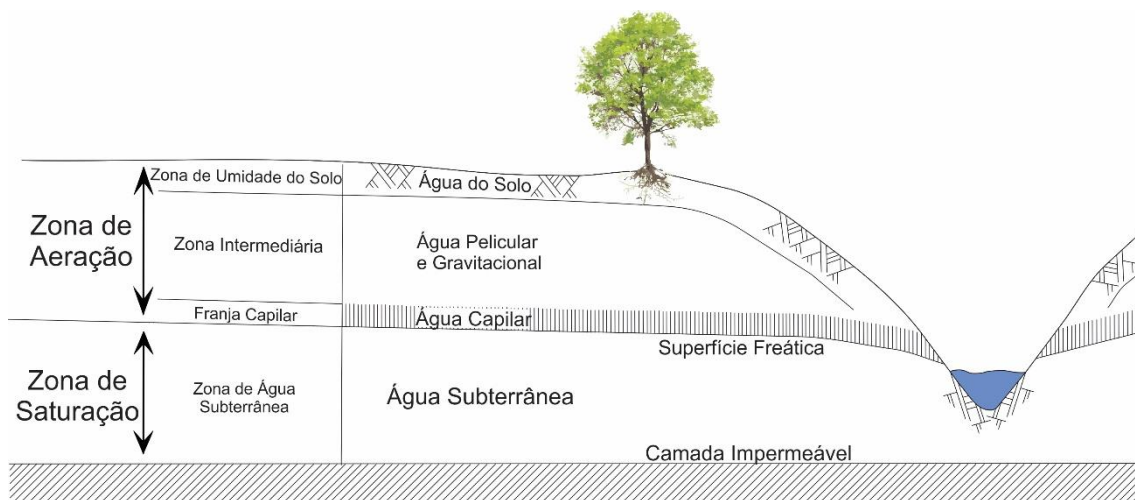
6.2.1. Distribuição Vertical da Água no Subsolo

Ao longo da vertical, em subsuperfície, são classificadas duas zonas que se estendem horizontalmente: zona de aeração ou zona não saturada, e zona de saturação ou zona saturada. Esta última se refere a porção em que todos os poros da rocha hospedeira estão preenchidos com água, neste caso chamada de água subterrânea. A superfície freática é aquela que limita as duas zonas; é a superfície na qual a pressão é $p = 0$ (figura 11).

A zona mais superficial, zona de aeração, pode ser dividida em três partes: zona de umidade do solo; zona intermediária e franja capilar. Esta última abriga a chamada água capilar, que ascende por capilaridade. O limite inferior desta porção coincide com a superfície freática, enquanto que o limite superior não é regular, já que inicia a partir do ponto em que 75% dos poros estão saturados, e isto dependerá da homogeneidade da litologia. Na zona intermediária a água é denominada de pelicular e gravitacional, e provém de água capilar isolada e água de retenção por forças não capilares. Está localizada entre o limite superior da franja capilar e a profundidade máxima que as raízes das árvores alcançam. Por fim, a porção mais próxima da superfície é a zona de umidade

do solo, também chamada de zona de evapotranspiração, que abriga a denominada água do solo. Se localiza entre a maior profundidade que as raízes das árvores podem alcançar e a superfície do terreno, logo, sua espessura varia de acordo com a vegetação local. São três as forças capazes de reter a umidade no solo: força de atração elétrica, forças capilares e forças gravitacionais. O valor do teor de umidade do solo pode ser obtido a partir de práticas laboratoriais, onde o teor é a quantidade total de água que pode ser extraída a partir de uma amostra de solo (CPRM, 2008).

Figura 11 – Representação da distribuição vertical da água, destacando as zonas de umidade.



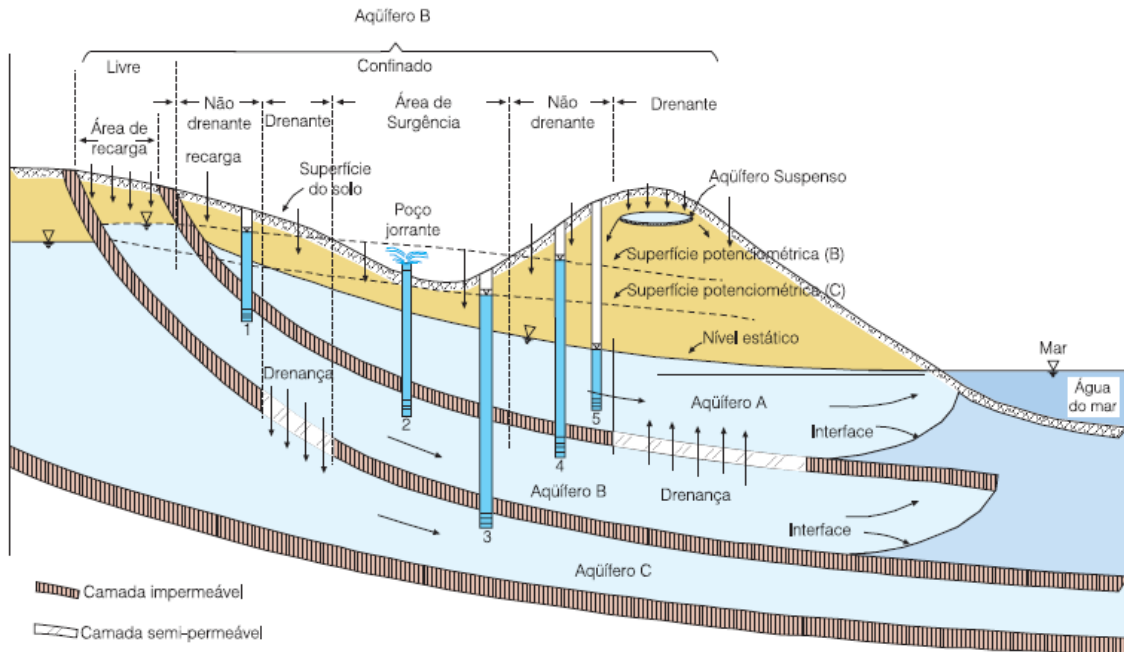
Fonte: Modificado de CPRM, 2008.

Independente da zona de saturação, toda formação geológica que abriga água em seus poros e permite naturalmente a circulação da mesma é chamada de aquífero. Já uma formação que, mesmo abrigando uma quantidade significativa de água, não permite a circulação natural desta, é chamada de aquíclode. Quanto aos aquítarados, são formações semipermeáveis delimitadas na base e/ou topo por formações com uma permeabilidade muito maior. E, quando a formação não é capaz nem de transmitir nem armazenar água, é denominada de aquífugo.

CPRM (2008) também afirma que os aquíferos podem ser classificados como confinados (drenantes e não drenantes), livres (drenantes, não drenantes e suspenso). Para serem classificados como confinados, a pressão da água no topo é maior do que a pressão atmosférica, enquanto que nos aquíferos livres a pressão da água no topo é igual à pressão atmosférica, ou seja, o topo coincide com a superfície freática. Se forem do tipo não drenantes, as duas camadas limítrofes são impermeáveis; se forem drenantes, pelo menos uma das camadas é semipermeável, permitindo a drenança. Para ser classificado como

um aquífero livre suspenso, necessita ter uma camada impermeável ou semipermeável na base, e se localizar entre a superfície freática e o nível do terreno (figura 12).

Figura 12 – Representação dos diferentes tipos de aquíferos de acordo com a pressão das águas e as camadas limitantes.



Fonte: CPRM, 2008.

6.2.2. Geologia da Água Subterrânea

De acordo com os conceitos explanados no item anterior e embasado em CPRM (2008), pode-se notar a importância da geologia para com o armazenamento da água subterrânea. Os aspectos geológicos mais significativos são a litologia, estratigrafia e estruturas. Neste trabalho serão abordados aspectos hidrogeológicos voltados à aquíferos abrigados em rochas sedimentares siliciclásticas e rochas metamórficas.

No domínio de rochas sedimentares siliciclásticas abrigando água subterrânea, a permeabilidade é o fator principal. Um aquífero com excelente produtividade deste domínio seria aquele com uma permeabilidade boa e regular. Quanto menor o tamanho do grão, menor a permeabilidade; logo, argilitos e folhelhos se comportam de modo praticamente impermeável, gerando aquícludes. Esta relação diretamente proporcional também pode ser notada comparando a porosidade com a permeabilidade.

Já quanto às águas subterrâneas em rochas metamórficas, as águas se abrigam em porosidade secundária, como as fraturas, já que a porosidade primária é basicamente nula e pouquíssimo interconectada. A porosidade secundária também permite a

permeabilidade, que seria o grau de facilidade com que a água se movimentaria. Esta também pode ser expressada como condutividade hidráulica (m/s). Deve-se atentar muito às fraturas neste domínio; o mapeamento destas poderá implicar significativamente a produtividade do poço. Quanto mais fraturas o poço perfurar, maior será a vazão.

6.3.HIDROQUÍMICA

Consiste no estudo da química da água, e pode ter princípios distintos dependendo do objetivo da pesquisa, como potabilidade, recreação, indústria, prospecção geoquímica, entre outros. Esta pesquisa está voltada às questões de potabilidade, que necessita de metodologias de coleta de amostras mais rigorosas, e de um conjunto de análises físico-químicas específica.

6.3.1. Coleta de Amostras

Segundo o Ministério da Saúde (2013), o procedimento de coleta de amostras de água se realiza de acordo com três etapas: Planejamento (elaborar plano de amostragem com cronograma, pontos de coleta seguindo um roteiro, definir frequência da amostragem, número de amostras, parâmetros que serão monitorados e volume das amostras), Infraestrutura (preparar frascos e bolsas a serem utilizados, definir procedimentos de conservação de amostras, verificar o prazo de validade da esterilização dos frascos de vidro ou bolsas de coleta, levar frascos extras, checar equipamentos verificando a calibração, existência de reagentes e prazo de validade, separar todo material de apoio, e confirmar a disponibilidade do transporte), e Operacional, que dependerá do tipo de sistema de distribuição de onde será coletada a amostra.

Quanto a etapa operacional, deve-se identificar junto ao proprietário no momento da coleta caso seja em imóveis particulares, e esclarecer o objetivo da coleta. Deve-se verificar se há torneira junto ao poço, ou em outro ponto. Necessário verificar se a água provém direto da rede de distribuição e não de caixas d'água particulares. Abrir a torneira, deixar escoar por dois ou três minutos (tempo suficiente para eliminar a água que estaria estagnada na tubulação). Se necessário, a torneira pode ser limpa com solução de hipoclorito de sódio 100 mg/L, sendo o excesso removido antes da coleta. Para isso, abrir a torneira com jato forte por dois ou três minutos. Identificar os frascos de amostras, ajustar a torneira em fluxo médio, usar luvas de procedimento e coletar na sequência: amostras para análise microbiológica, físico-química e medições de campo (pH, cloro

residual, turbidez). Atentar para não preencher todo o frasco de amostra; é necessário ter ¼ livre para homogeneização da amostra.

6.3.2. Características Físicas

As características físicas geralmente são de caráter estético, que podem causar repulsa aos consumidores. São características físicas: temperatura, cor, odor e sabor, turbidez, sólidos em suspensão, condutividade elétrica e salinidade. Geralmente águas subterrâneas não apresentam características que a impossibilitem de ser incolor, inodora, insípida e transparente. O mais comum para este tipo de águas seria apresentar sabor decorrente dos sais dissolvidos em grandes quantidades (CPRM, 2008).

6.3.3. Características Químicas

As características químicas aquelas que necessitam ser mensuradas utilizando algum procedimento laboratorial ou equipamento. Se enquadram neste quesito: pH, Eh, resíduo seco, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, acidez, dureza, demanda de oxigênio, carbono total orgânico, e íons dissolvidos (CPRM, 2008). Dependendo do objetivo e aprofundamento da pesquisa, algumas destas análises para potabilidade poderão ser feitas ou não.

6.3.4. Características Biológicas

Quanto as pesquisas de potabilidade para o consumo humano, as análises bacteriológicas possuem grande relevância. Bactérias, vírus e protozoários também se incluem como impureza das águas, e podem causar doenças ao homem. Geralmente são feitos dois tipos de análise: Coliformes Totais, que confirmaria ou não a presença de algum tipo de bactéria do grupo coliforme; e *Escherichia Coli*, que não é uma bactéria patogênica, mas que indica uma talvez contaminação fecal da água, pois se encontra em intestino de animais de sangue quente (CPRM, 2008).

6.4. HIDROGEOQUÍMICA

Foi somente na década de 90 que se iniciaram as pesquisas de hidrogeoquímica/hidrogeologia química. Tomando por referência CPRM (2008), embasada em hidrogeologia, a hidrogeoquímica por finalidade identificar e quantificar os constituintes das águas subterrâneas e suas propriedades, estabelecendo uma relação com o meio em que está inserida. Tanto é que tão importante quanto a quantidade de água

disponível, é a qualidade da mesma. E esta qualidade é o conjunto do saber reconhecer os elementos presentes e do saber os impactos destes elementos em cada uso. Com isso, é possível estabelecer padrões de qualidade da água e designar seu uso, como consumo humano, dessedentação animal, recreação, industrial, irrigação, piscicultura, entre outros.

6.4.1. Interação Água-Rocha

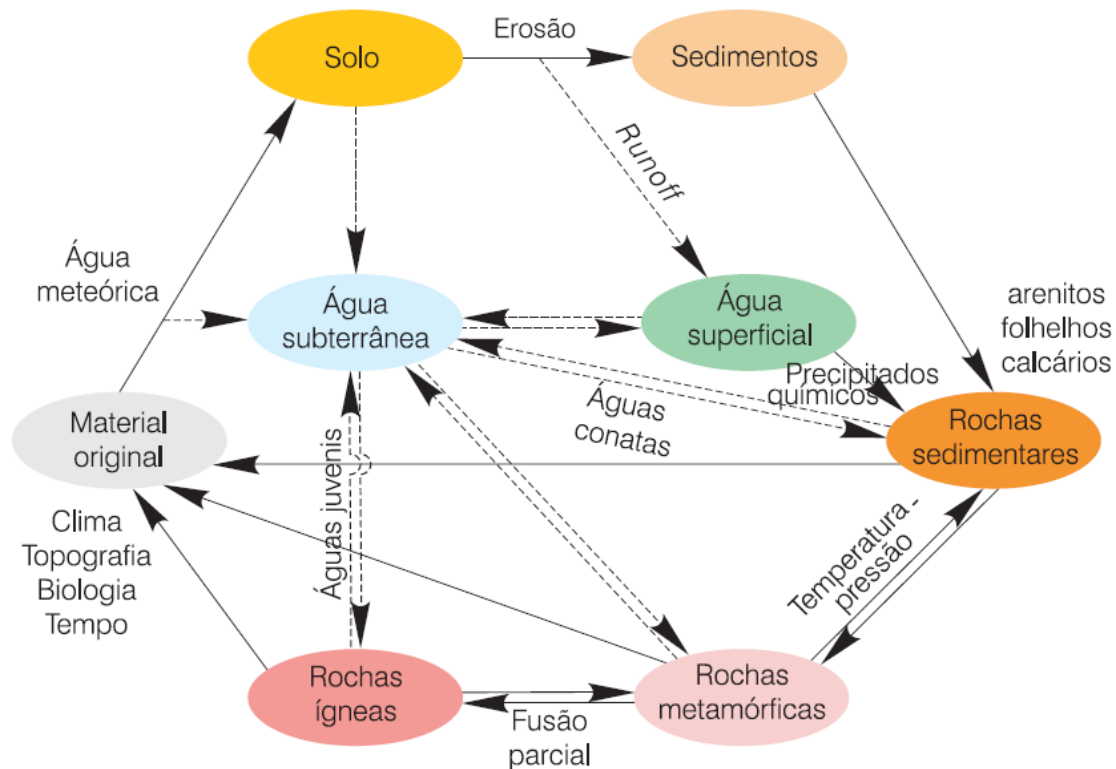
Há um ciclo entre as fases de uma rocha e as fases da água de subsuperfície. Todo material original, que depende do clima, topografia, biologia e tempo, com interação da água meteórica, irá gerar um tipo específico de solo. Esta mesma água meteórica poderá percolar verticalmente a partir do solo e/ou material original até ser uma água subterrânea.

O solo, passando por processos de erosão, irá gerar sedimentos inconsolidados. Durante o processo de erosão, poderá haver escoamento (*runoff*) da água, gerando a água superficial. Tanto os sedimentos quanto a água superficial (a partir de precipitados químicos), poderão gerar as rochas sedimentares (arenitos, folhelhos, calcários, entre outros). A água subterrânea também poderá interagir com as rochas sedimentares através das águas conatas, que são as águas fósseis, presentes nos poros e fissuras da rocha desde sua formação, assim como as rochas sedimentares também podem contribuir com a percolação de água até se tornar uma água subterrânea. Rochas sedimentares podem ser o material inicial do ciclo.

De acordo com a temperatura e pressão sob a qual a rocha for submetida, rochas sedimentares podem se tornar rochas metamórficas e vice-versa, com o auxílio da erosão/intemperismo. As rochas metamórficas também podem prover água subterrânea, assim como a água subterrânea poderá participar do processo de metamorfização. Rochas metamórficas também poderão ser o material inicial.

Por conta da fusão parcial, rochas metamórficas poderão gerar rochas ígneas, e estas também poderão voltar a ser rochas metamórficas dependendo da pressão e temperatura a que forem submetidas. Rochas ígneas poderão contribuir com as águas subterrâneas através das águas juvenis ou deutéricas, que são águas provenientes do magma, resultante da diferenciação magmática. O mesmo é válido para as águas subterrâneas, que podem auxiliar no processo de fusão parcial das rochas ígneas. As rochas ígneas também poderão ser o material inicial (figura 13).

Figura 13 – Interação do ciclo hidrológico com o ciclo das rochas.



Fonte: CPRM, 2008.

6.5. CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Desde a revolução industrial, cresce desenfreadamente os aglomerados urbanos e grandes indústrias. Isto acarretou em uma produção exacerbada de elementos poluentes, os quais são descartados muitas vezes de modo irresponsável. As águas subterrâneas fazem parte dos elementos naturais que sofrem consequências com isto, o que pode reverter em problemas de saúde para a população, já que a água compõe 70% do corpo humano e é responsável pelas funções fisiológicas (CPRM, 2008). Porém, nem toda contaminação é de origem antrópica. Ela pode se originar de modo natural, e dependerá de um referencial para ser considerada como tal, como explanado no próximo item.

6.5.1. Contaminação X Poluição

Segundo CPRM (2008), poluente pode ter significados variados que dependem de um referencial. Por exemplo, para um piscicultor, se a água de seu reservatório alterar significativamente a temperatura, tanto para mais quanto para menos, poderá acarretar na morte dos peixes. Logo, nesta situação o poluente é a temperatura inapropriada.

Já o conceito de água contaminada difere em partes. Esta irá conter qualquer poluente (patógenos, substâncias tóxicas e/ou radioativas) que afete diretamente a saúde humana. Logo, toda água contaminada é poluída, porém nem toda água poluída é contaminada, salvo a exceção daquela que prejudica a saúde do homem.

Quanto a distribuição espacial, a poluição e/ou contaminação podem ser classificados em três tipos: pontual, onde a fonte se apresenta numa pequena superfície; difusa, onde independente da concentração, alcançará grandes áreas; e a linear, quando a fonte é um rio

6.5.2. Padrões de Referência

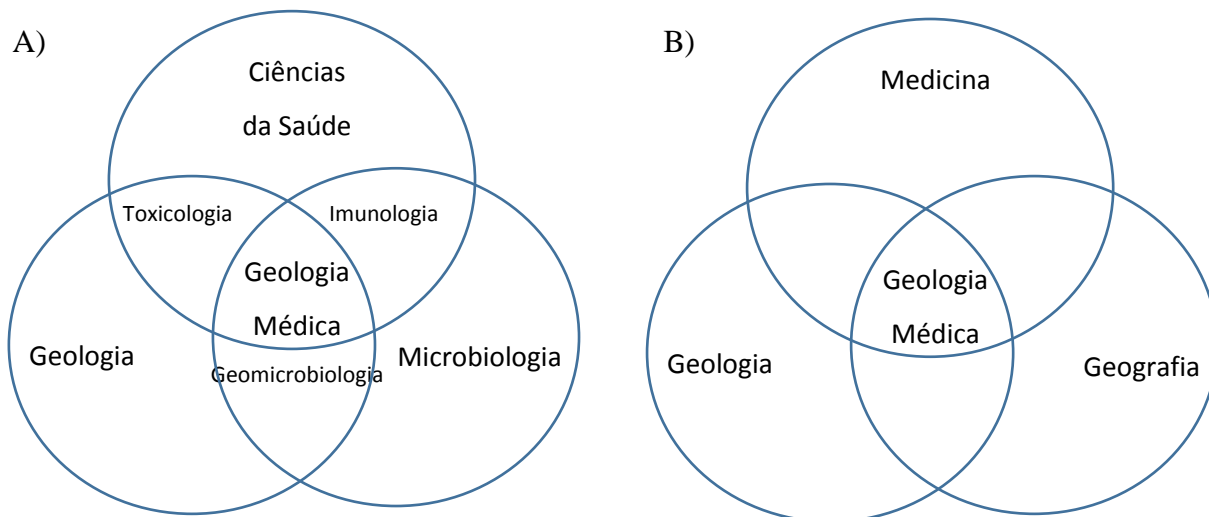
Assim como é subjetivo o conceito de poluição e contaminação, também é o padrão de referência. Como o objetivo desta pesquisa é o padrão de qualidade para águas voltadas ao consumo humano, o padrão de referência utilizado é a PRC nº 5, de 28 de setembro de 2017, Anexo XX, que é a consolidação da Portaria nº 2914/2011. Consolidação é quando é feita a revisão de uma portaria, por exemplo, e nenhum item é alterado.

6.6. GEOLOGIA MÉDICA

Desde 1931 usa-se este termo, porém somente a partir de 1996 é que se aplica o conceito como hoje é conhecido. Segundo CPRM, 2006, tem-se como caracterização do termo a influência dos fatores geológicos ambientais relacionado com a distribuição geográfica das doenças humanas e dos animais. Como as pesquisas mais significativas na área têm sido feitas a partir do ano de 2000, alguns conceitos ainda possuem divergência. A figura 14 compara dois conceitos diferentes sobre Geologia Médica.

Para Centeno (2016), geologia médica é uma ciência multidisciplinar que necessita, principalmente, da relação da comunidade científica biomédica e geocientífica. Nesta linha de pensamento, esta disciplina complementar a área da saúde ambiental. CPRM, 2006, complementa justificando a necessidade do estreitamento entre a relação das comunidades científicas pelo fato do ambiente em que vivemos ser uma rede de interações geológicas e biológicas, caracterizadas pelas relações entre a vida e a Terra.

Figura 14 – Diagrama de Venn ilustrando duas formas de conceituar geologia médica.



Fonte: modificado de: A) HARRINGTON, 2018 e B) CENTENO, 2016

7. MATERIAIS E MÉTODOS

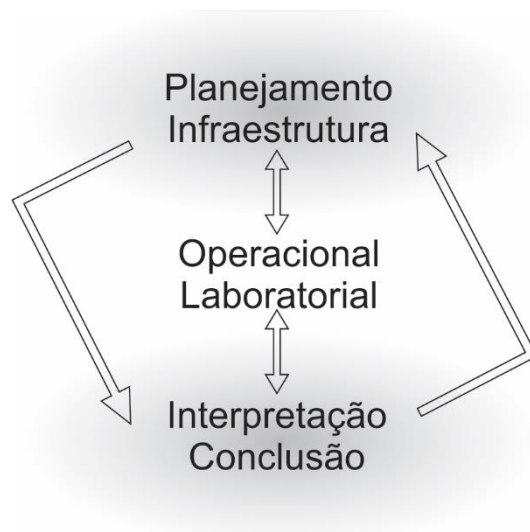
A metodologia utilizada é linear e inter-relacionada em todos os aspectos (figura 15). Dividida em três sessões, inicia-se com o planejamento e infraestrutura, seguindo sugestões da MS, 2013. Faz-se nesta etapa um plano de amostragem, definindo quais as formas de abastecimento que serão monitoradas, frequência, número e volume de amostras, assim como os parâmetros que serão monitorados; define-se um cronograma para análise das amostras, assim como os laboratórios de análises; e organiza-se um roteiro de coleta, demarcando em quais os pontos serão feitas as coletas. A área da infraestrutura refere-se à confirmação do transporte aos pontos a serem analisados, preparação dos materiais essenciais em campo, como frascos apropriados para coleta das amostras, e à confirmação de todos os roteiros de procedimentos, tanto de coleta como de armazenamento das amostras, e material de apoio para o campo, como frascos extras, luvas de procedimento, álcool 70°, entre outros, além da confirmação da disponibilidade dos laboratórios em que serão feitas as análises posteriormente.

A segunda etapa da metodologia é a operacional e laboratorial. É nesta que serão adquiridos os primeiros dados de campo. Operacional se refere aos procedimentos adotados em trabalho de campo. Isto inclui desde aquisição de amostras de água à análise descritiva do meio e geologia local. Quanto ao aspecto laboratorial, refere-se às metodologias adotadas em laboratório de análise físico-química, e aos procedimentos de transporte e armazenamento das amostras para análise bacteriológica. Interpretação e

conclusões sobre os dados adquiridos em etapa operacional e laboratorial compõem a terceira etapa da metodologia utilizada neste trabalho.

Apesar de ser linear, o fluxograma permite o relacionamento entre etapas não consecutivas. Isto é, por exemplo, ao observar as possíveis interpretações dos dados adquiridos e ser feitas as primeiras conclusões, pode-se retornar a etapa primária de planejamento caso se verifique alguma lacuna de conhecimento, ou ainda algum assunto que complementaria interdisciplinarmente a pesquisa em desenvolvimento. Dependendo deste acréscimo de conhecimento ao retomar à primeira etapa, é possível descartar nova etapa operacional e laboratorial.

Figura 15 – Fluxograma da metodologia utilizada.



Fonte: Autora.

7.1. PLANEJAMENTO E INFRAESTRUTURA

Nesta etapa foi desenvolvida a organização do projeto. Foram utilizadas bibliografias como Telles (2016), dados do Portal SIAGAS, e dados da Secretaria de Agropecuária, Indústria e Comércio de Caçapava do Sul.

Tendo este embasamento, foi possível verificar que a região rural do município era aquela que mais dependia da água subterrânea, e que a região da Vila Progresso era a porção da zona rural com maior número de poços ativos cadastrados. Logo, se delimitou a área de estudo a esta localidade, bem como obteve-se as coordenadas dos poços cujas informações moldam todas as etapas do projeto. Como se trata de uma área rural com uma densidade demográfica relativamente alta quando comparada às demais localidades

rurais, logo pensou-se em analisar parâmetros de potabilidade da água, visando o bem-estar daquelas pessoas.

Analisar potabilidade requer análises físicas, químicas e biológicas das águas segundo as normas previstas na legislação vigente no Anexo XX da PRC n° 5, de 28 de setembro de 2017. Com o intuito de estreitar os laços entre a universidade e demais órgãos públicos, foi optado por realizar as análises biológicas à equipe do laboratório da CORSAN – Caçapava do Sul, enquanto que as análises físicas e químicas foram executadas pela autora nos laboratórios da Unipampa.

A lista de materiais necessários nesta etapa coincide com alguns dos materiais da segunda fase, já que esta se estende até momentos antes de ir à campo : GPS, pilhas, mapa de localização, planilha de pontos, material gráfico, fichas descritivas para preencher a respeito dos poços (a exemplo do anexo 1 ao 5), perneiras, escala, câmera fotográfica, sacos plásticos, martelo petrográfico, fita crepe, caneta permanente, lupa de mão, dez frascos de vidro, doze frascos de plástico, caixa de isopor, gelo, gelo ecológico, álcool 70°, luvas de procedimento e descrição das metodologias de coleta e armazenamento de amostras.

7.2. OPERACIONAL E LABORATORIAL

A parte operacional, consiste na coleta das amostras de água e análise do meio em que o poço está inserido, seguindo a metodologia descrita no segundo parágrafo do item 6.3.1. Para esta parte, a lista de materiais utilizados são os mesmos da primeira etapa da metodologia.

Os exames laboratoriais seguiram duas bibliografias quanto aos procedimentos de análise: USP (2004) e FUNASA (2013). Analisou-se:

- Sulfetos e cloretos de modo qualitativo, para verificar a possibilidade de análise quantitativa; destes, somente a análise de cloreto foi positiva, inferindo que havia cloretos nas amostras. Foi então feita análise quantitativa titulométrica utilizando os procedimentos de USP (2004). Para isto, necessitou de: bureta, pipeta volumétrica, Erlenmeyer de 250mL, solução padrão de cloreto de sódio (NaCl) 0,01N, solução indicadora de cromato de potássio (K_2CrO_4) 0,05M, e solução padrão de nitrato de prata ($AgNO_3$) 0,01N.
- Dureza: Foi realizada análise quantitativa titulométrica, segundo metodologia de FUNASA, 2013, utilizando os seguintes materiais: bureta, frasco Erlenmeyer de

250mL, pipeta volumétrica, solução padrão EDTA 0,01M com fator de correção de 0,9709, solução tampão pH 10 (33,76g de cloreto de amônio e 285mL de hidróxido de amônio), e indicador negro de ericromo de 0,5%.

- Alcalinidade: Metodologia utilizada para a análise quantitativa titulométrica foi FUNASA, 2013. Os materiais necessários para este procedimento foram: pipeta volumétrica, bureta, frasco Erlenmeyer de 250mL, fenolftaleína, mistura indicadora vermelho de metila, e solução ácido sulfúrico 0,2N.
- Cálcio: esta metodologia seguiu o proposto em USP (2004) para a análise quantitativa titulométrica, utilizando como material: bureta, pipeta volumétrica, frasco Erlenmeyer de 250mL, espátula de inox, solução padrão de carbonato de cálcio (CaCO_3) 0,02N, solução padrão EDTA 0,02N com fator de correção de 1,0204, solução de hidróxido de sódio (NaOH) 6N e indicador murexida.
- Condutividade: Utilizou-se um condutivímetro calibrado (Condutivímetro marca GEHAKA, modelo CG-1800) e frasco Becker de 250mL.
- Coliformes Totais e E. coli: estas metodologias foram executadas pelo laboratório da CORSAN, a qual segue a risca o proposto na PRC n° 5, de 28 de setembro de 2017.
- Íon MgCO_3 : foi quantificado a partir de cálculos embasados nas análises de dureza, alcalinidade e cálcio. O aumento da dureza da água está relacionado com a presença de carbonatos e de não carbonatos, sendo que este último se conceitua como sendo o módulo da diferença da dureza com alcalinidade. Subtraindo a dureza de não carbonatos da dureza total, tem-se a dureza por carbonatos, que basicamente se conceitua a partir da presença de íons de CaCO_3 e MgCO_3 . Subtraindo a quantidade de CaCO_3 da dureza de carbonatos, tem-se a quantidade de MgCO_3 .
- Cor e Odor: estes parâmetros não necessitaram de material, pois foram apenas qualificados de modo descritivo através da visão e do olfato

7.3. INTERPRETAÇÃO E CONCLUSÃO

Nas considerações finais os dados foram interpretados e correlacionados entre si, afim de encontrar correlação entre os mesmos. Os dados seriam: resposta à análise física, química e biológica das amostras, análise do meio em que o poço está inserido e legislação vigente (PRC n° 5, de 28 de setembro de 2017, Anexo XX). Com estes, é possível classificar quais são os poluentes presentes. Tomando por base os conceitos de geologia médica, pode-se concluir quais dos poluentes são contaminantes, e qual seria seu impacto na saúde dos moradores da Vila Progresso.

8. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao todo, foram realizados quatro tipos de análises: física, química, biológica e do meio. Nos tópicos abaixo tem-se o resultado de cada uma destas, assim como discussões embasadas na legislação vigente.

8.1. ANÁLISE FÍSICA

Foram analisados dois fatores físicos: cor e odor. Ambas características estão descritas conforme sua norma no Anexo 10 do Anexo XX da PRC n° 5, de 28 de setembro de 2017, a qual define que a água potável não poderá conter cheiro e coloração, salvo a exceção do cloro livre, já que este é desejável em águas tratadas.

Não foram utilizados equipamentos para quantificar estes parâmetros, apenas análise visual e olfativa. Os resultados das análises apenas indicaram a amostra 6 como sendo alterada, já que possuía odor ferruginoso leve e, depois do período de homogeneização da amostra, apresentou coloração avermelhada leve.

Durante a elaboração do planejamento deste projeto, no primeiro semestre de 2017, foi coletada e analisada neste mesmo ponto uma amostra, a qual apresentava-se com odor e coloração com as mesmas características, porém mais acentuadas.

8.2. ANÁLISE QUÍMICA

8.2.1. Condutividade Elétrica

Segundo CPRM (2006), a condutividade elétrica pode ser convertida em termos de sólidos totais dissolvidos, já que é indicativa da facilidade em que o material pode transmitir energia, sendo que somente a molécula de H₂O não é capaz. Logo, já indica uma possível poluição. O valor, medido em µS/cm, fica maior à medida que aumenta a

concentração de sólidos com elevada condutividade elétrica. De acordo com a Portaria da Saúde, não há um valor máximo permitido para este parâmetro. Valores altos de condutividade indicam a necessidade de se fazer outras análises que justifiquem estes valores, como a análise quantitativa dos prováveis metais de serem encontrados em tal contexto. Nas amostras coletadas, somente a amostra 5 de água subterrânea apresentou um baixo valor de condutividade elétrica e as duas amostras coletadas em poço raso (Tabela 01).

Tabela 01 – Valores para condutividade elétrica para as amostras de água.

Condutividade Elétrica	
Amostra	Valor ($\mu\text{S/cm}$)
1	487,8
1.1	463,8
2	454,8
3	32,6
4	34,5
5	29,8
6	384,8

Fonte: Autora.

8.2.2. Alcalinidade (HCO_3^-)

CPRM (2008) define alcalinidade como sendo a capacidade da água em neutralizar ácidos, isto é consequência direta da presença de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, principalmente HCO_3^- . A unidade de medida mais utilizada para esta metodologia é mg/L de CaCO_3 . Segundo a legislação, o valor máximo permitido é de 400mg/L de CaCO_3 . Os resultados da alcalinidade acompanham os da condutividade elétrica, formando dois grupos, onde a maioria das águas subterrâneas apresentaram altos valores de alcalinidade e apenas a amostra 5 e as águas superficiais apresentaram valores baixos (Tabela 02).

Tabela 02 – Valores de alcalinidade para amostras de água.

Alcalinidade (mg/L)	
Amostra	Valor
1	340
1.1	348
2	350
3	10
4	16
5	6
6	210

Fonte: Autora.

8.2.3. Sulfatos (SO_4)

Se origina a partir da oxidação do enxofre presente na litologia e lixiviação de compostos sulfatados, como a gipsita e anidrita. É comum rochas subterrâneas apresentarem teores menores do que 100 mg/L. Os principais sulfatos são na forma de SO_4^{2-} e HSO_4^- , que são muito comuns em águas com pH muito baixo (< 2). O valor máximo permitido segundo a legislação é de 250 mg/L. Não foram detectados sulfatos no teste qualitativo, dispensando análise quantitativa.

8.2.4. Cloretos (Cl^-)

Cloretos possuem alta solubilidade e se movimentam lentamente nos aquíferos, isto causa com aumento gradativo e constante de teores destes nas águas subterrâneas na direção do fluxo. Sua origem está interligada com a lixiviação de, principalmente, rochas evaporíticas. Há cloretos em todas as águas naturais, sendo que nas subterrâneas este valor é geralmente inferior a 100 mg/L. Cloretos são bons em indicar poluição de aterros sanitários e lixões (CPRM, 2006). Não há valores limitantes para cloretos na legislação para águas potáveis, porém é comum se encontrar em águas naturais valores entre 10 e 250 mg/L. De todas as amostras analisadas, não se pode dizer que há mais do que um comportamento, já que todas apresentaram valores baixos, próximos de 10mg/L (Tabela 3).

Tabela 03 – Valores para cloretos nas amostras de água.

Cloretos (mg/L)	
Amostra	Valor
1	16,95
1.1	15,41
2	12,33
3	7,70
4	7,70
5	10,79
6	7,70

Fonte: Autora.

8.2.5. Dureza

É conceituada como o conteúdo de íons metálicos capazes de reagir com sabões de sódio e produzir sabões sólidos ou resíduo espumoso. Estes íons metálicos também reagem com ânions quando a solução em que estão dissolvidos ferve, produzindo resíduos incrustantes como produto da reação (FREEZE e CHERRY, 2017). Há a dureza permanente e a temporária, sendo que o que as diferencia é que a última evapora após a ebulição da água, pois é formada por diferentes íons. Dureza total é a soma destas duas durezas (CPRM, 2008). O valor máximo permitido para dureza em amostra de água potável é de 500 mg/L de CaCO_3 . Pode-se afirmar que todas as amostras estão dentro do padrão de qualidade, e formam dois grupos: assim como na condutividade e alcalinidade, a maioria das águas subterrâneas apresentam valores altos, enquanto que só a amostra 5 se comporta como as águas superficiais.

A partir dos valores de dureza e alcalinidade, pode-se encontrar o valor de dureza referente somente a não carbonatos. Para isto, basta encontrar o quanto o valor da dureza é maior do que a da alcalinidade. Subtraindo este valor do valor inicial de dureza, tem-se o valor de dureza de carbonatos. Deste último resultado, se subtrair a quantificação de CaCO_3 encontrada na análise de cálcio, obtém-se o valor de MgCO_3 (Tabela 04).

Tabela 04 – Valores para dureza total em amostras de água.

Amostra	Dureza (mg/L)		
	Valor	Dureza por carbonatos	Dureza por não carbonatos
1	283,50	283,50	0
1.1	275,74	275,74	0
2	271,85	271,85	0
3	23,30	23,30	0
4	19,41	16,01	3,41
5	19,41	19,41	0
6	221,37	210,00	11,36

Fonte: Autora.

8.2.6. Cálcio (CaCO₃)

O cálcio é um dos principais constituintes das águas naturais. De moderada à alta solubilidade, pode precipitar em forma de carbonato de cálcio ou tornar-se mais solúvel caso aumente a presença de sais de Na⁺ e K⁺. Ele provém principalmente da lixiviação de minerais ricos em cálcio, como calcita, aragonita e dolomita. Nas águas subterrâneas, a concentração de cálcio é comum entre 10 e 100 mg/L (CPRM, 2008). Não há nas normas de potabilidade algum valor de referência para o cálcio, pois este já está implícito no valor de referência da dureza.

Assim como na alcalinidade, condutividade e dureza, o poço 5 se comporta mais próximo do valor dos poços rasos do que dos profundos, onde os profundos são valores altos, e os poços rasos, valores baixos. (Tabela 05).

Tabela 05 – Valores de referência para quantidade de cálcio nas amostras de água.

Cálcio (mg/L)	
Amostra	Valor
1	174,49
1.1	92,86
2	170,41
3	6,12
4	10,20
5	4,08
6	143,88

Fonte: Autora.

8.2.7. Magnésio (MgCO₃)

Este parâmetro não foi mensurado através de análise química, mas sim a partir de cálculos entre dureza, alcalinidade e cálcio. Magnésio apresenta propriedades parecidas com as do cálcio, apenas é mais solúvel e precipita com mais dificuldade. É produto da lixiviação de rochas carbonatadas, e os principais minerais fontes são magnesita, biotita, granada e hornblenda. Junto com o cálcio, é responsável pela dureza das águas. Acrescenta gosto salobro às águas. A média de teores esperada para águas subterrâneas é de 1 a 40 mg/L (CPRM, 2008). Assim como o cálcio, o magnésio também não possui um valor limitante em águas para estas serem consideradas potáveis. Sua contribuição à potabilidade também se releva através do parâmetro de dureza.

Comparando os resultados obtidos para cada amostra, pode-se definir três comportamentos distintos, onde as amostras mais a oeste apresentam valores altos, amostras centrais apresentam valores baixos, e uma amostra ao leste apresenta valor mediano. O valor de quatro amostras (1, 1.1, 2, 3 e 6) se apresentou muito alto em relação ao valor esperado para águas subterrâneas, o que indica uma contaminação de uma fonte de magnésio nas águas subterrâneas (tabela 06).

Tabela 06 – Valores de magnésio para amostras de água.

Magnésio (mg/L)	
Amostra	Valor
1	109,01
1.1	182,88
2	101,45
3	17,18
4	9,21
5	15,34
6	77,49

Fonte: Autora.

8.3. ANÁLISE BIOLÓGICA

Foram realizadas duas análises biológicas: Coliformes Totais e *Escherichia Coli* (E. coli). A primeira análise é feita para identificar se há contaminação por dejetos humanos ou de outros animais de sangue quente. Este grupo dos coliformes abrange vários gêneros, como: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, entre outros.

Estes são bacilos gram-negativos que podem ser tanto aeróbicos quanto anaeróbicos, não formam esporos, e se desenvolvem em sais biliares ou em agentes que são capazes de fermentar a lactose a partir da produção de ácido, gás e aldeído em uma temperatura aproximada de 35°C e num período entre 24 e 48 horas.

Há um subgrupo das bactérias do grupo coliformes que são capazes de fermentar a lactose em torno de 44,5°C num período de 24 horas; estes são chamados de coliformes termotolerantes, e o principal representante é a *Escherichia coli*. Esta bactéria é considerada como sendo a mais específica para indicar contaminação fecal recente, ou presença de organismos patogênicos, já que muitos destes organismos são descartados junto com o bolo fecal.

Portanto, ambas análises indicam contaminação de dejetos de animais de sangue quente, mas é a análise de *E. coli* que indica contaminação por dejetos fecais. Os coliformes em geral não são patogênicos, ou seja, não causam doenças, mas como os patógenos são liberados através de bolos fecais, como a *E. coli*, a presença desta pode indicar uma contaminação de patógenos. É analisada a presença de coliformes e não de patógenos pois o número de coliformes é muito superior ao número de patógenos eliminados por dia, logo, é mais fácil identificar a presença da *E. coli* do que a presença de uma série de patógenos (CPRM, 2008).

Estas duas análises foram executadas pelo laboratório da CORSAN de Caçapava do Sul/RS, e os resultados podem ser conferidos no quadro 02. Analisando estes, nota-se que apenas nos poços rasos (3 e 4) foi detectada contaminação por *E. coli*, o que era esperado já que as nascentes estavam expostas em meio a mata nativa. Quanto às amostras P1, P1.1 e P6, foi detectado a presença de bactérias do tipo coliformes, mas não daquela mais representativa de contaminação fecal. Logo, a probabilidade destas três amostras estarem contaminadas por dejetos fecais é muito menor do que quando comparado aos poços P3 e P4.

Quadro 02 – Resultado das análises biológicas, onde + simboliza presença e – simboliza ausência.

Análise Biológica		
	Coliformes Totais	E. coli
P 1	+	-
P 1.1	+	-
P 2	-	-
P 3	+	+
P 4	+	+
P 5	-	-
P 6	+	-

Fonte: CORSAN, 2018.

8.4. COMPARAÇÃO ENTRE ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS

Confrontando todas as análises químicas realizadas, nota-se poucas irregularidades para com a legislação vigente. Estes seriam os parâmetros físicos de cor e odor para a amostra 6, e presença de coliformes totais e E. coli em algumas amostras. Somente as amostras 2 e 5 estão dentro de todos os parâmetros de potabilidade. As amostras 3 e 4 são as únicas que indicam presença de E. coli, indicativo de contaminação fecal de animais de sangue quente. (Quadro 03).

Quadro 03 – Correlação entre os valores de cada parâmetro para cada amostra, e o respectivo valor máximo permitido. ¹ – Valores Máximos Permitidos; ² – Transparente; ³ – Avermelhada; ⁴ – Insípida; ⁵ – Ferruginoso; ⁶ – Ausente; ⁷ – Presente.

Análise	VMP ¹	Amostras							
		1	1.1	2	3	4	5	6	
Cor	T ²	T	T	T	T	T	T	Averm. ³	
Odor	I ⁴	I	I	I	I	I	I	Ferrug. ⁵	
Condutividade Elétrica	-	487,8	463,8	454,8	32,6	34,5	29,8	384,8	
Alcalinidade (HCO₃⁻)	400	340	348	350	10	16	6	210	
Sulfatos (SO₄⁻²)	250mg/L	0	0	0	0	0	0	0	
Cloretos (Cl⁻)	250mg/L	17	15,4	12,3	7,7	7,7	10,8	7,7	
Dureza	500mg/L	283,5	275,7	271,9	23,3	19,4	19,4	221,4	
CaCO₃	-	174,5	92,9	170,4	6,1	10,2	4,1	143,9	
MgCO₃	-	109	182,9	101,4	17,2	9,2	15,3	77,5	
Coliformes Totais	A ⁶ /100ml	P ⁷	P	A	P	P	A	P	
Escherichia coli	A/100ml	A	A	A	P	P	A	A	

Fonte: Autora.

8.5. ANÁLISE DO MEIO

Ao todo, foram cinco locais visitados para coleta de amostras de água, e cada um deles apresentou particularidades quanto ao meio inserido. No primeiro local, que corresponde as amostras P1 e P1.1, o poço foi locado em meio a uma vegetação de gramíneas secas, próximo de diversas casas e locais sociais, como igreja, escola e posto

de saúde. Ele é protegido por um tubo de cimento, mas não há impermeabilização do solo ao redor do poço, nem algo que vede a abertura do tubo. O terreno é plano, mas todas as casas que o circundam possuem fossa negra/sumidouros como meio de descarte de resíduos produzidos. A litologia é metassedimentar de médio a alto grau de metamorfismo. O solo é claro, e possui muitos clastos de coloração verde piscina e de baixa dureza (provável malaquita). Próximo do entorno do poço há cultivo de oliveiras e desenvolvimento de apicultura. Não foi constatado nenhuma fonte direta de poluição do solo/águas.

O segundo local é muito próximo deste descrito anteriormente, cerca de 500 m. Necessita somente atravessar a BR 290 e andar alguns metros a sudeste. O entorno do poço é úmido e possui pasto rasteiro como vegetação. Fica locado dentro de uma propriedade privada, e há gado solto que pode circular no entorno do poço. Fica mais próximo da BR 290 tomando P1 como parâmetro. O terreno fica mais abaixo do que o nível da BR, e o declínio é suave. A proteção do poço é idêntica ao do P1, também por um tubo de cimento, porém recentemente este tubo havia sido retirado.

O terceiro local abriga o P3 e P4. Fica relativamente próximo ao posto de gasolina da Fonte, em uma propriedade privada. Se trata de duas nascentes, nas quais foi adaptado dois poços rasos que desaguam em uma mesma caixa d'água. O entorno destas nascentes é mata nativa densa, com árvores de grande porte, cipós, líquens e musgos. Não há nenhum tipo de proteção nas nascentes quanto o acesso à animais, e inclusive dentro da caixa d'água vivia uma espécie de lagostim. Tinha uma tampa na caixa d'água, mas não era vedada, o que permitia que animais e vegetais pudessem entrar em contato com a água. A única residência próxima das nascentes possuía fossa negra como meio para descarte dos dejetos. Neste ponto notou-se a troca de litologia, onde passou a predominar uma rocha sedimentar bem selecionada com bandas delimitadas pela coloração, onde uma era avermelhada e outra de tom mais acinzentado. Rocha rica em quartzo.

Próximo ao terceiro local se encontra o P6, nos fundos de uma oficina mecânica. O poço estava perfurado em uma área de plantio de laranjeiras, possuía um encanamento muito oxidado e com vazamento. Havia ervas daninhas altas no entorno do poço. Tem casas locadas próximas do poço, e estas também possuem fossa negra para descarte de resíduos, assim como a mecânica. O poço não possui nenhum tipo de selo sanitário.

O quinto local fica próximo do quarto, e abriga o P5. Fica nos fundos de uma escola estadual de ensino médio, num pátio com pouco trânsito de pessoas. Este pátio possui cerca, o que impede que animais de médio e grande porte tenham acesso ao local.

Este poço também não possuía nenhum tipo de selo sanitário, e também haviam vazamentos na tubulação. No entorno do poço estão localizadas duas escolas, um posto de gasolina, uma casa e um restaurante. O posto de gasolina seguia as normas ambientais da legislação, porém tanto ele quanto as demais construções possuíam fossa negra.

Descrições mais específicas de todas estas localidades, seus poços e seu entorno podem ser encontradas entre os anexos 1 e 5.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais estão embasadas principalmente na comparação entre os resultados obtidos através das análises. Esta comparação permite a identificação de prováveis contaminantes na área de estudo, seus possíveis impactos na saúde humana, e origem.

9.1. RELACIONAMENTO ENTRE OS DADOS LABORATORIAIS

Correlacionando todos os parâmetros obtidos em laboratório, pode-se observar duas classes distintas de água: amostras 1, 1.1, 2 e 6 que se comportam linearmente e conforme esperado para águas subterrâneas; amostras 3, 4 e 5, que também se comportam de modo linear entre si, porém seguindo parâmetros esperados para amostras de água pelicular e gravitacional (Quadro 03).

Somente a amostra 6 apresentou alterações quanto às características físicas (cor e odor). Como os demais resultados dos parâmetros para esta amostra ficaram próximos dos respectivos parâmetros para as amostras 1, 1.1 e 2, e estes valores são aceitáveis para águas subterrâneas potáveis, conclui-se que a alteração das características físicas na amostra 6 deveriam ser corrigidos apenas por padrão estético de potabilidade. As alterações são inofensivas à saúde humana.

Outra alteração relativa às amostras tomando por base a legislação é quanto a contaminação por bactérias do grupo coliformes. Somente as amostras 2 e 5 não apresentaram nenhum sinal desta contaminação. Quanto as demais amostras, a 3 e a amostra 4 confirmaram presença de *E. coli*, e as restantes somente indicaram como positiva a presença de coliformes totais.

9.2. IDENTIFICAÇÃO DOS CONTAMINANTES E SEUS IMPACTOS

A alteração nos padrões de cor e odor da amostra 6, como explanado no item anterior, não causam danos à saúde dos moradores locais que consomem desta água.

Porém, se estes parâmetros atingirem altos valores, como uma água muito turva e odor forte, poderão gerar intolerâncias àqueles mais sensíveis, como crianças, idosos e outras pessoas que não costumam consumir desta água. Esta intolerância poderia se manifestar como vômitos, diarreia e mal-estar.

Os valores de condutividade elétrica estão relacionados diretamente aos sólidos dissolvidos nas amostras. Como não há distinção quanto quais os sólidos que estão dissolvidos, teriam que ser feitas análises mais detalhadas para detectá-los e verificar se há ou não risco à saúde por parte destes. Este parâmetro não possui um valor máximo permitido justamente por conta disso. Quanto à saúde, a condutividade elétrica não pode ser relevada diretamente.

O parâmetro de alcalinidade das amostras apresentou valores semelhantes ao da condutividade elétrica, com as mesmas amostras representando altos e baixos valores. A alcalinidade está diretamente relacionada com a presença/ausência de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, o que é expresso em termos de mg/L de CaCO_3 . Teria que se analisar parâmetros como MgCO_3 e CaCO_3 para saber quais são os principais íons responsáveis pelo valor da alcalinidade. De modo geral, águas alcalinas (amostras 1, 1.1 e 2) têm seus prós e contras: favorece a absorção de complexos iônicos nos organismos, mas também facilita a dissolução de íons da rocha reservatório, podendo agregar valores muito altos de alguns íons à água, tornando-a suscetível a prejudicar a saúde humana (CORTECCI, 2010). As amostras 3, 4 e 5 são de baixa alcalinidade, corroborando com efeitos contrários. Já a amostra 6 se encontra em um nível de alcalinidade mediano, não podendo ser classificada como básica ou alcalina. Independente dos valores das amostras, todas elas estão dentro do permitido para serem consideradas potáveis, diminuindo seus impactos na saúde humana.

A dureza também é controlada principalmente pelos íons de CaCO_3 e MgCO_3 , e este parâmetro atua de forma semelhante à alcalinidade. Também segundo Cortecchi (2010), a dureza influencia de modo sensível na biodisponibilidade, já que pode aumentar o nível de toxicidade de alguns metais em águas pouco duras ($< 75\text{mg/L}$). Este é o caso das amostras 3, 4 e 5. Porém, um elevado nível de dureza ($> 500\text{mg/L}$) pode acarretar na precipitação de carbonatos na água, aumentando as chances de os consumidores desenvolverem pedras nos rins e vesícula, que são os órgãos mais atingidos por estes compostos. Nenhuma das amostras se encontra acima do nível permitido, porém as três amostras de água pelicular se encontram com índices mais baixos do que o recomendado, aumentando a toxicidade de metais que estão dissolvidos nestas águas.

Os valores para cálcio e o magnésio não estão relacionados diretamente entre si, mas obedecem a ideia de que as águas subterrâneas apresentam valores mais altos, enquanto que águas peliculares apresentam valores mais baixos. Os valores de cálcio comum para águas subterrâneas é entre 10 e 100mg/L, porém, conforme Quadro 03, a amostra 1, 2, e 6 apresentam valores acima de 100, e a amostra 1.1, que completa o grupo das amostras com os valores mais altos, está próxima disso (92,86mg/L). Para o magnésio ocorre o mesmo, onde o valor esperado para as amostras de água subterrânea é entre 1 e 40mg/L, e todas as amostras do grupo de mais alto valor (amostras 1, 1.1, 2, e 6) estão acima disto.

Segundo Cortecci (2010), os dois elementos são essenciais para a manutenção da vida humana, e a quantidade consumida destes, seja alta ou baixa, acarreta em problemas de saúde. Cortecci também apresenta o exemplo das doenças cardiovasculares que estão inversamente proporcionais relacionadas aos teores destes elementos. Todas as amostras se mostraram dentro do proposto pela legislação, porém, três delas (3, 4 e 5) indicaram índices baixos, para Cortecci. Como as amostras estão dentro da norma, a população não corre risco de saúde. Porém é indicado o acompanhamento destes índices, já que o valor pode flutuar, aumentando ou diminuindo assim um dos inúmeros fatores que podem contribuir para que um ser humano desenvolva este tipo de problema de saúde

9.3. DADOS LABORATORIAIS X ANÁLISE DO MEIO

A cor e o odor característicos da amostra 6 não se repete em nenhuma outra amostra, indicando uma poluição pontual. Este poço está locado nos fundos de uma mecânica, a qual reserva seus resíduos para coleta mensal por uma empresa especializada. A tubulação do poço 6 está muito danificada, com vazamentos e canos oxidados. Como, segundo os consumidores deste poço, estes parâmetros oscilam frequentemente, induz-se que a contaminação se dá a partir da tubulação. Como se trata de uma água subterrânea, tendo o poço uma profundidade de 141 metros, se a contaminação fosse a partir da mecânica, a oscilação destes parâmetros físicos não era esperada.

Quanto a condutividade elétrica e a alcalinidade, são distinguíveis valores altos (centenas de $\mu\text{S}/\text{cm}$) e valores baixos (dezenas de $\mu\text{S}/\text{cm}$). A condutividade está diretamente relacionada com a quantidade de sólidos dissolvidos, enquanto que a alcalinidade está associada à carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos dissolvidos. Todos estes são facilmente agregados à composição da água através do equilíbrio químico entre rocha e água subterrânea, pode-se dizer que aqueles com alto valor estão a mais tempo

buscando este equilíbrio químico com o meio do que os de baixo valor. Isto leva a conclusão de que aqueles com valores mais baixos (amostras 3, 4 e 5) são referentes às águas peliculares, enquanto que os de valores altos (1, 1.1, 2 e 6), às águas subterrâneas.

Todos estes resultados estão diretamente relacionados ao meio natural em que estão inseridos. O poço 5, que possui 46 metros de profundidade, está muito próximo do poço 6, com 141 metros. O resultado para a análise de condutividade elétrica e de alcalinidade do poço 5 é muito mais próximo do resultado das amostras 3 e 4 do que da amostra 6. Analisando isto, pode-se inferir que o poço 5, mesmo com registro original como sendo abrigo às águas subterrâneas, se trata de um poço que abriga água pelicular. Dentre os valores altos de condutividade e alcalinidade, a amostra 6 se difere com um valor de uma centena mais baixo do que as amostras 1, 1.1 e 2. Isto pode inferir que seja fruto da litologia distinta do poço 6 em relação aos 1 e 2. Logo, a origem para estes valores de condutividade elétrica e alcalinidade das amostras se deve à litologia e à profundidade em que estão abrigadas as águas.

A dureza, o cálcio e magnésio, assim como a alcalinidade e a condutividade elétrica, também estão relacionados à litologia em que as águas estão abrigadas, pois são fruto da dissolução de minerais. Porém, o cálcio e o magnésio apresentam para algumas amostras (1, 1.1, 2 e 6) valores mais altos do que o esperado para as águas subterrâneas em geral. Não foi identificada alguma contaminação que pudesse atingir toda a área de estudo, já que estas amostras se encontram nos extremos desta. Então, mesmo o resultado sendo maior do que para a maioria das águas subterrâneas, conclui-se a origem natural devido a litologia.

10. REFERÊNCIAS

ATSDR – AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES & DISEASE REGISTRY.
<https://www.atsdr.cdc.gov/>, acessado em dezembro de 2018.

BORBA, A. W. **Evolução Geológica da “Bacia do Camaquã” (Neoproterozoico e Paleozoico Inferior do Escudo Sul-Rio-Grandense, RS, Brasil): uma visão com base na integração de ferramentas de estratigrafia, petrografia e geologia isotópica.** Porto Alegre – RS: UFRGS, 2006

CENTENO, J. A.; FORCADA, E. G.; BÚA, P. P.; **La Geología Médica> uma disciplina emergente.** Rev. Salud Ambient: 2016; p 164 – 168.

CHEMALE JR., F. **Evolução Geológica do Escudo Sul-rio-grandense,** In HOLZ M. **Geologia e Estratigrafia do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre – RS: Editora Gráfica da UFRGS, 2000 p 03-44. 2000.

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

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. CPRM. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul.** Escala 1:750.000. Porto Alegre RS. 2008.

CORTECCI, G. **Geologia e saúde.** Trad. Wilson Scarpelli. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/pgagem/artigoind.htm>. Acessado em novembro de 2018, v. 10, 2010.

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

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

CPRM: SILVA, C. R.; **Geologia Médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente**. Rio de Janeiro – RJ: CPRM, 2006.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA SIEGFRIED EMANUEL HEUSER – FEEDADOS. <http://feedados.fee.tche.br/feedados/>. Acessado em 16 de setembro de 2018.

FREEZE, A. R.; CHERRY, J. A.; trad. Everton de Oliveira [et al.]. **Água Subterrânea**. São Paulo – SP: Everton de Oliveira, 2017.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. **Importância da Análise de Água para a Saúde Pública em Duas Regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio**. Rio de Janeiro – RJ: Rev. Análise de Água e Saúde Pública, 2001.

FZB: CHOMENKO, L. **Nosso Pampa Desconhecido**. Fotografias Adriano Becker. – Porto Alegre – RS: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZB), 2016.

HARRINGTON, A. D.; ZEIGLER, R. A.; McCubbin, F. M. **The Need for Medical Geology in Space Exploration – implications for the journey to mars and beyond**. NASA: Astromaterials Research and Exploration Sciences (ARES)

HEILBRON, M.; et al. **Província Mantiqueira. Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**, p. 203-235, 2004

LINDENBERG, M. T. **Caracterização das Zonas de Alteração Hidrotermal e do Minério de Cu – Pb – Zn na Área 3 (Jazida Santa Maria) e Mina Uruguai, Minas do Camaquã – RS**. Porto Alegre – RS: UFRGS, 2014

LOPES, C. G. **Proveniência das Rochas Metassedimentares Detríticas do Complexo Passo Feio – Terreno São Gabriel, Caçapava do Sul – RS.** – Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2012.

MMA: CAMPANILI, M.; SCHAFFER, W. B. **Mata Atlântica: manual de adequação ambiental.** Brasília: MMA/SBF, 2010

MS: VIANA, D. B. [et al.] **Orientações Técnicas para Coleta, Acondicionamento e Transporte de Amostras de Água para o Consumo Humano.** Brasília: MS, 2013.

NEGRON, A. C. V. **Síntese, Caracterização e Investigação da Potencialidade Biológica de Carboxilatos Dinucleares de Ru, Rh e Cu com Nitroimidazóis.** São Paulo – SP: USP, 2005.

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

PAIM, P. S. G.; CHEMALE JR., F.; WILDNER, W. **Estágios Evolutivos da Bacia do Camaquã (RS).** Santa Maria: Rev. Ciência e Natureza, v. 36, ed. Especial: 2014, p 183 - 193

PAIM, P. S. G, LOPES, R. C., CHEMALE JR., F. **Aloestratigrafia, sistemas deposicionais e evolução paleogeográfica da Bacia do Camaquã – Vendiano superior/ordoviciano inferior do RS.** 6º Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia / 1º Encontro de Geologia do Cone Sul. p 39-50. 1995.

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

PRC nº 5, de 28 de setembro de 2017 anexo XX

SALVI, M. M. **Geologia e Significado Tectônico do Complexo Batoví, Terreno Taquarembó, Cinturão Dom Feliciano, São Gabriel – RS.** Porto Alegre – RS: UFRGS, 2014

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

SILVA, V. B. **Geoquímica e Ambiente Geotectônico dos Metabasitos da Região de Caçapava do Sul.** Porto Alegre – RS: UFRGS, 2018.

TELLES, P. N. **Mapeamento Hidrogeoquímico do Município de Caçapava o Sul, RS.** Caçapava do Sul: Unipampa, 2016.

WINGE, M.; et. al. **Glossário Geológico Ilustrado:** <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/> acessado em novembro, 2018.

WEBELEMENTS. **Rhodium.** <https://www.webelements.com/rhodium/biology.html>, acessado em dezembro de 2018.

ANEXOS

ANEXO 01: Ficha Catalográfica das amostras 1 e 1.1.

AMOSTRAS 1 E 1.1.

REFERENCIAL: Capela São João Batista

ENDEREÇO: BR 290, Km 326

PROPRIETÁRIO/RESPONSÁVEL: Joel

CONTATO: (51) 9 9696-4110

Nº DE POÇOS NO LOCAL: P2 à ± 500m

CONSTRUÇÃO: ± 25 anos

COORDENADAS UTM: N/S (x): 0264126

COTA: 172 m

22 J

L/O (y): 6638884

PRECISÃO: 17 m

TIPO DE POÇO: tubular

FINALIDADE DA PERFURAÇÃO: exploração de água

USO DA ÁGUA: abastecimento, doméstico

ESTADO DO POÇO: equipado

AQUÍFERO EXPLORADO:

PROFUNDIDADE DO POÇO (m): 35

DIÂMETRO (mm): 8

PERÍODO DE BOMBEAMENTO:

24 horas/dia

30 dias/mês

12 meses/ano

ANOTAÇÕES:

- Poço público, construído pelo estado e acompanhado pela prefeitura municipal.
- Por conta de relatos de contaminações anteriores na caixa d'água, a AMOSTRA 1 foi coletada diretamente do poço, enquanto que a AMOSTRA 1.1. foi coletada após passar pela caixa d'água.
- Ambas amostras deram positivo em análise de coliformes totais e negativo para E. coli.
- São abastecidas 24 casas, um posto de saúde, uma capela com salão de festas e uma escola de ensino fundamental.
- Não foram relatados casos de viroses atualmente.

-
- Todos os moradores no entorno do poço possuem fossa negra/sumidouro como destino aos dejetos.
 - A cada 30 dias é posto cloro em quantidades especificadas pela Secretaria do Município/Setor Agropecuário.
 - O poço possui alta pressão, o bombeamento é manual, e a cada um ano costuma queimar a bomba. Apesar do poço ter um responsável legal, todos daquela comunidade se preocupam com o poço. Cada família paga R\$25/mês a um rapaz que fica responsável por ligar e desligar a bomba, fazer o tratamento com cloro e avisar o responsável legal se houver algum problema.
 - O poço fica protegido com um tubo de cimento, o que não impede o trânsito de alguns pequenos animais. Fica em um pátio com gramíneas secas, e tem uma árvore grande a \pm 6m do poço, mas os galhos ainda não chegam próximo da boca do tubo de cimento.
 - A água do poço primeiro enche uma caixa d'água de cimento, já muito intemperizada, depois segue para uma caixa menor de plástico, onde recebe tratamento, e de lá abastece as demais caixas d'água das 24 famílias que são beneficiadas, além da escola, capela e posto de saúde.
 - A rocha encontrada in situ próximo do poço (afloramento do tipo lajeado) se trata de uma rocha extrusiva leucocrática, de coloração verde-acinzentado. Possui capa de intempérie que varia de marrom até uma tonalidade de roxo. É possível observar grãos de feldspato alcalino de até 1mm de diâmetro e veios de carbonato (a orientação preferencial destes, devido ao afloramento pequeno e o grau de intemperismo, não foi possível de ser identificada). Em pequenos trechos, nota-se leve foliação, chegando a formar faces de toque sedoso (rocha metamórfica).

FOTOS:

Figura 16 – Detalhe do poço 1, protegido por um tubo de cimento, onde haviam teias de aranha.



Figura 17 – Meio em que o poço está inserido. A caderneta de campo ao pé do poço mede 20 cm de altura. A) vista para NE, ilustrando as gramíneas secas no pátio antes da Capela São João Batista. B) Vista para NO, ilustrando a distância entre o poço e a árvore e casa mais próxima.

A)



B)



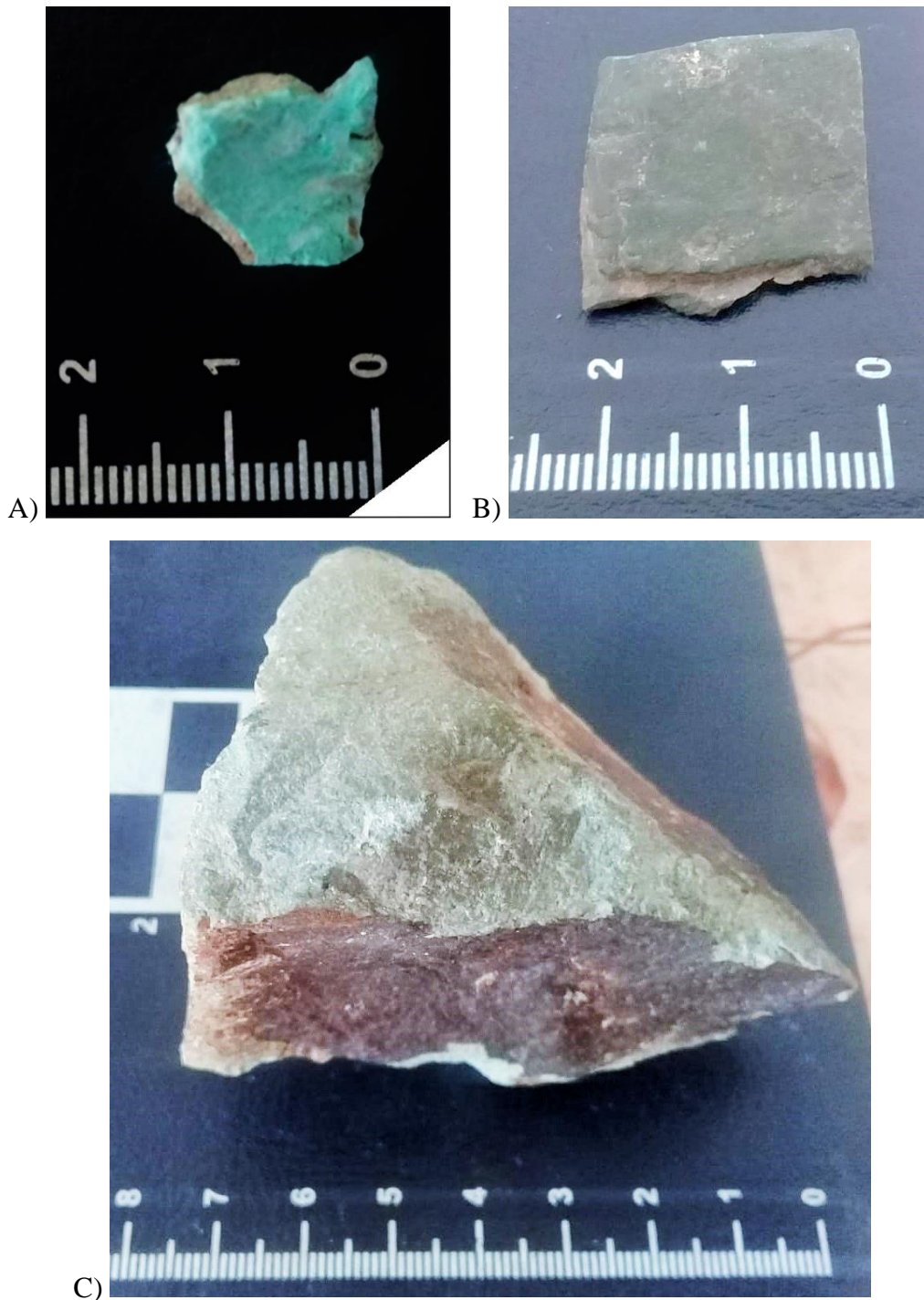
Figura 18 – Caixa d'água de cimento com infiltrações e marcas de corrosão, a qual recebe a água do poço 1. A caixa d'água de plástico acima é aquela que recebe o tratamento com cloro e redistribui para outras caixas d'água na vila.



Figura 19 – Ilustração do afloramento do tipo lajeado encontrado há 5m das torneiras que recebem água direto dos poços 1 e 2. Caderneta de campo serve como escala de 20cm.

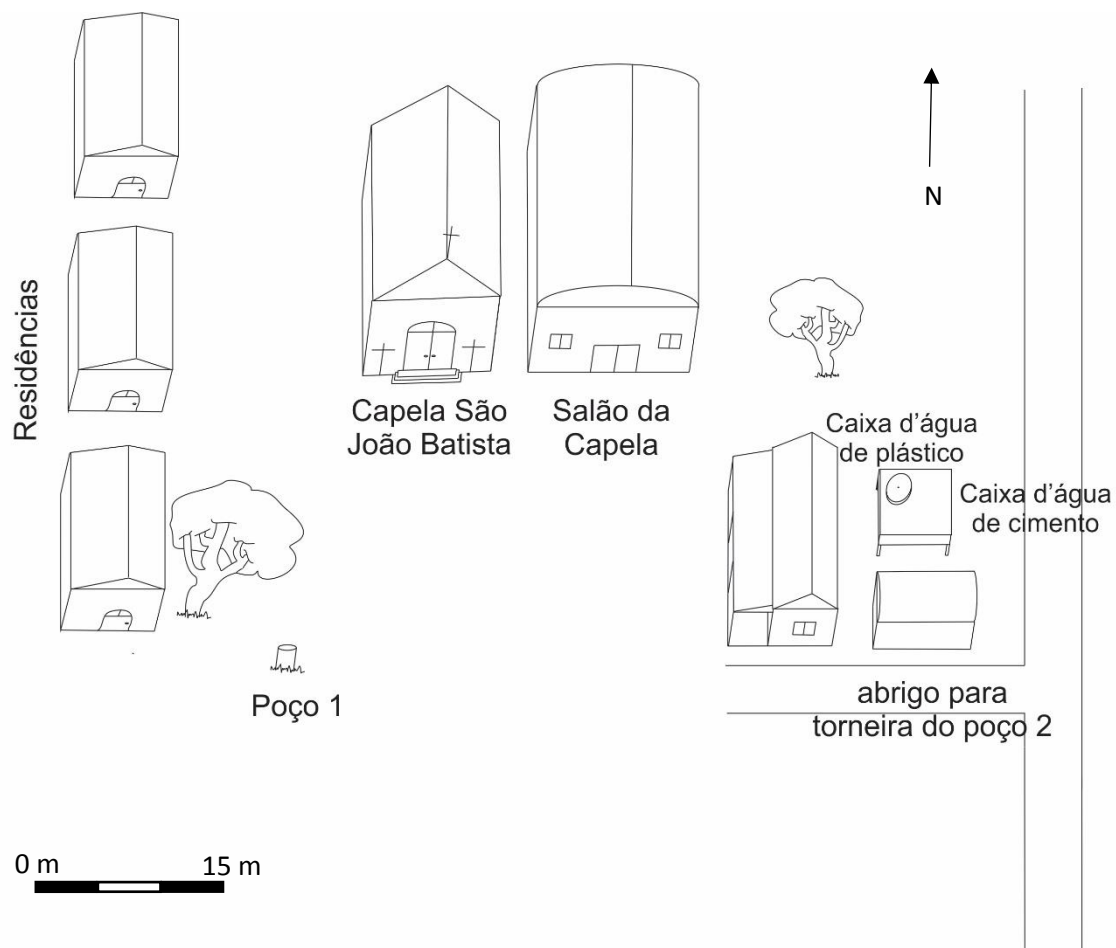


Figura 20 – Amostras coletadas em afloramento do tipo lajeado, próximas ao P1. A) Sobre rocha C, crosta de provável malaquita: $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$. B) Possui a mesma química da rocha C, porém pós metamorfismo. A face do plano preferencial para fraturas possui toque sedoso. C) Rocha metassedimentar progredindo de baixo à alto grau de metamorfismo; de cloração verde-acinzentado e faces alteradas avançando do marrom ao roxo intenso/preto.



CROQUI:

Figura 21 – Croqui da localização do poço 1 em relação ao meio em que está inserido. A torneira para coleta antes e pós a caixa d'água ficava ao pé da caixa d'água de cimento, próximo do canto em que ficava a de plástico.



ANEXO 02: Ficha catalográfica da amostra 2

AMOSTRA 2

REFERENCIAL: Sítio do Léo

ENDEREÇO: BR 290, Km 325

PROPRIETÁRIO/RESPONSÁVEL: Joel

CONTATO: (51) 9 9696-4110

Nº DE POÇOS NO LOCAL: P1 a ± 500m

CONSTRUÇÃO: ± 25 anos

COORDENADAS UTM: N/S (x): 0264418

COTA: 180m

22 J

L/O (y): 6638783

PRECISÃO: 31m

TIPO DE POÇO: tubular

FINALIDADE DA PERFURAÇÃO: exploração de água

USO DA ÁGUA: abastecimento, doméstico

ESTADO DO POÇO: equipado

AQUÍFERO EXPLORADO:

PROFUNDIDADE DO POÇO (m): 80

DIÂMETRO (mm): 4

PERÍODO DE BOMBEAMENTO:

24 horas/dia

30 dias/mês

12 meses/ano

ANOTAÇÕES:

- Poço público, construído pelo estado e acompanhado pela prefeitura municipal.
 - Este poço complementa o abastecimento dos alvos do poço 1 e abastece as casas entre ele e o Posto da Fonte.
 - Não apresentou a presença de coliformes nem pela análise de coliformes totais, nem E. coli.
 - Todos os moradores no entorno do poço possuem fossa negra/sumidouro como destino aos dejetos.
 - Moradores relataram que a água tem se apresentado mais salobra quando comparada com a do P1, mesmo assim recebe o mesmo tratamento.
 - A cada 30 dias é posto cloro em quantidades especificadas pela Secretaria do Município/Setor Agropecuário.
-

-
- O poço possui alta pressão, ao ponto de, quando coletada a água, esta se apresentou esbranquiçada, porém em instantes ela se tornou transparente novamente.
 - O bombeamento é manual, e a cada um ano costuma queimar a bomba. O responsável pelos cuidados com o poço e o responsável legal são os mesmos do poço 1.
 - O poço fica em meio ao pasto de uma área particular, com alguns bovinos soltos podendo ter acesso a ele. Inclusive, por recomendação da prefeitura, foi construído uma cerca de madeira para impedir o trânsito das vacas na área, o que já causou transtornos envolvendo uma delas. Havia um tubo de cimento protegendo o poço como no P1, mas foi retirado após o episódio. O entorno próximo do poço é muito úmido, formando barro e poças, atraindo animais sedentos.
 - Único modo de coleta da água do poço sem passar pela caixa d'água, onde recebe tratamento, é através de uma torneira que fica em uma peça semelhante à uma garagem, retratado no Croqui do P1 (Figura 21) como sendo “Abrigo para a torneira do poço 2”.
 - Não há rocha aflorante próxima ao P2, mas devido à proximidade com o afloramento do P1, admite-se a mesma litologia.
-

FOTOS:

Figura 22 – Torneira onde foi realizada a coleta referente ao P2.



Figura 23 – Vista do entorno do poço 2, protegido com uma cerca de madeira.

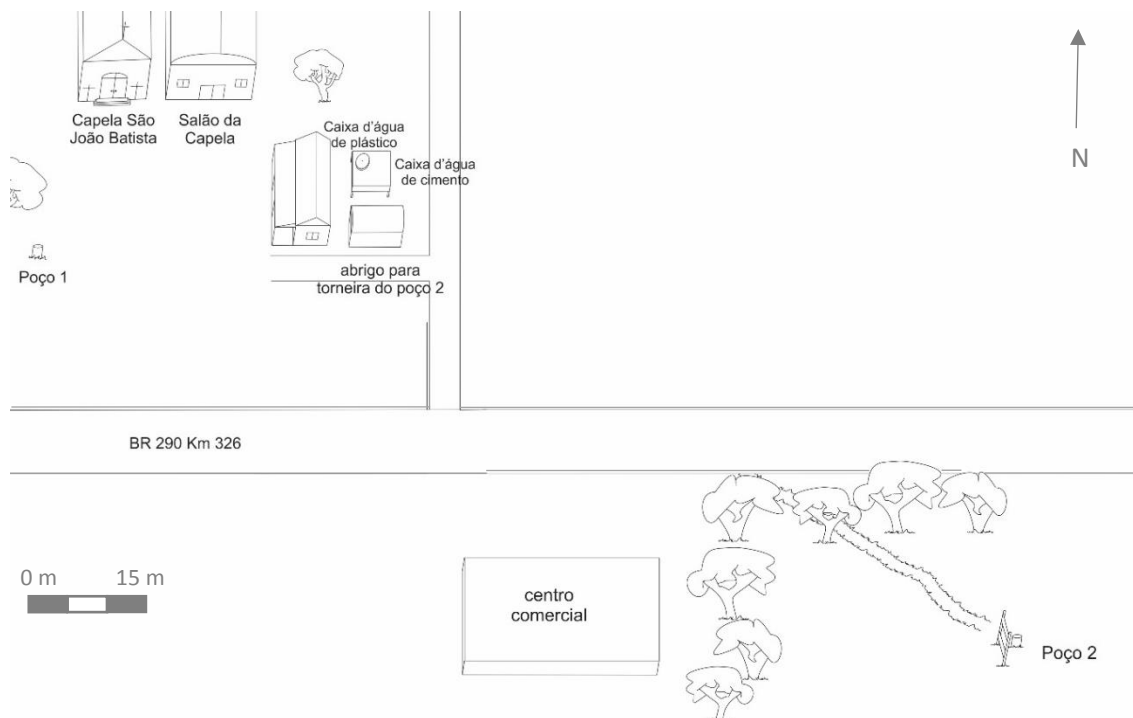


Figura 24 – Vista detalhada da situação do poço.



CROQUI:

Figura 25 – Croqui referente à localização do P2.



ANEXO 03: Ficha catalográfica das amostras 3 e 4

AMOSTRAS 3 E 4

REFERENCIAL: Posto da Fonte

ENDEREÇO: BR 290, Km 325

PROPRIETÁRIO/RESPONSÁVEL: Daniel

CONTATO:

Nº DE POÇOS NO LOCAL: 2

CONSTRUÇÃO: ± 10 anos

COORDENADAS UTM: N/S (x): 0260425

COTA: -

22 J

L/O (y): 6627926

PRECISÃO: -

TIPO DE POÇO: raso

FINALIDADE DA PERFURAÇÃO: exploração de água

USO DA ÁGUA: industrial, abastecimento, doméstico

ESTADO DO POÇO: equipado

AQUÍFERO EXPLORADO:

PROFUNDIDADE DO POÇO (m): superficial

DIÂMETRO (mm): -

PERÍODO DE BOMBEAMENTO:

24 horas/dia

30 dias/mês

12 meses/ano

ANOTAÇÕES:

- Dois poços particulares no mesmo ponto, com os gastos repartidos por àqueles que o fazem uso.
- Abastece a parte industrial de um posto de gasolina, e a parte doméstica e abastecimento de 2 casas e um restaurante. Somente o posto de gasolina não trata a água com cloro antes de consumir; as demais fazem o uso de cloro como tratamento.
- Ambas amostras deram positivo em análise de coliformes totais e para E. coli.
- Não foram relatados casos de viroses atualmente.
- Todos os moradores no entorno do poço possuem fossa negra/sumidouro como destino aos dejetos.
- O bombeamento é automático, e a bomba queimou duas vezes em dez anos.
- Os poços estão instalados em uma área verde nativa preservada. Pode-se notar a presença de ar com baixíssima taxa de poluição, pois há presença do líquen chamado por

Herpothallon rubrocinctum, que atua como sendo um bioindicador de poluição.

- As duas nascentes, das quais são coletadas água, ficam próximas uma da outra numa distância aproximada de 20 m. As duas tubulações das nascentes desembocam na mesma caixa d'água (construída de tijolos e cimento), a qual é mal vedada e é favorável a abrigar algumas espécies de animais, como constatado no momento da coleta. Esta caixa, além das duas entradas, possui duas saídas para a água: uma é o ladrão, por onde escoar a água caso a caixa ficar muito cheia; e a outra é um encanamento que liga para uma segunda caixa d'água, esta de plástico. Nesta última, há um ladrão e a bomba que transporta a água para as demais caixas d'água particulares. Cada um faz o seu tratamento na água.

- Logo após sair da parte mais densa de árvores grandes, havia um afloramento de rocha sedimentar do tipo lajeado. Apresenta duas bandas, que são diferenciadas a olho nu apenas pela coloração: uma banda laranja-avermelhada; outra, roxo escuro-acinzentada. A rocha é bem selecionada, sendo visíveis grãos de quartzo de, no máximo, 2mm de diâmetro, unidos por um cimento rico em ferro. Os grãos são angulares, de alta esfericidade. O grau de intemperismo é mediano.

FOTOS:

Figura 26 – Caixa d'água de tijolos e cimentos tampada, cuja qual recebe a água das nascentes A (amostra 3) e B (amostra 4).



Figura 27 – Mesma caixa da imagem anterior, porém agora descoberta. A) Indica o local da nascente d'água A, da qual foi coletada a amostra 3. B) Indica o local da nascente B, de onde foi coletada a amostra 4. C) Caixa mostrando as duas entradas de água e duas saídas, onde, no sentido horário partindo do cano superior: entrada de água da nascente A; saída para caixa d'água de plástico; ladrão; e entrada de água da nascente B.



Figura 28 – Caixa d'água de plástico, a qual está acoplada a bomba e é responsável por enviar a água para as caixas d'água particulares. A) Caixa vista a partir da caixa de tijolos como referencial. B) Caixa vista a 90° em relação a foto A, ilustrando o ladrão e a bomba.



Figura 29 – Ilustra a mata na qual as nascentes estão localizadas. A) Palmeira com o fungo vermelho (*Herpothallon rubrocinctum*), indicativo de um baixo grau de poluição do ar. B) Entrada da mata que abriga as nascentes.

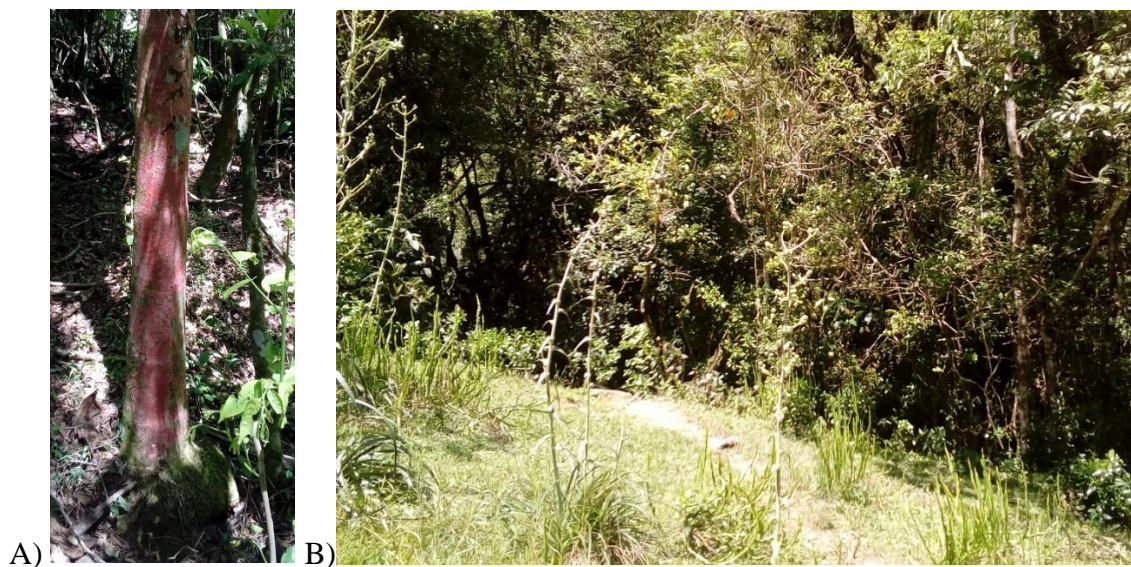


Figura 30 – Espécie de lagostim encontrada dentro da caixa d'água de tijolos, medindo aproximadamente 10 cm.

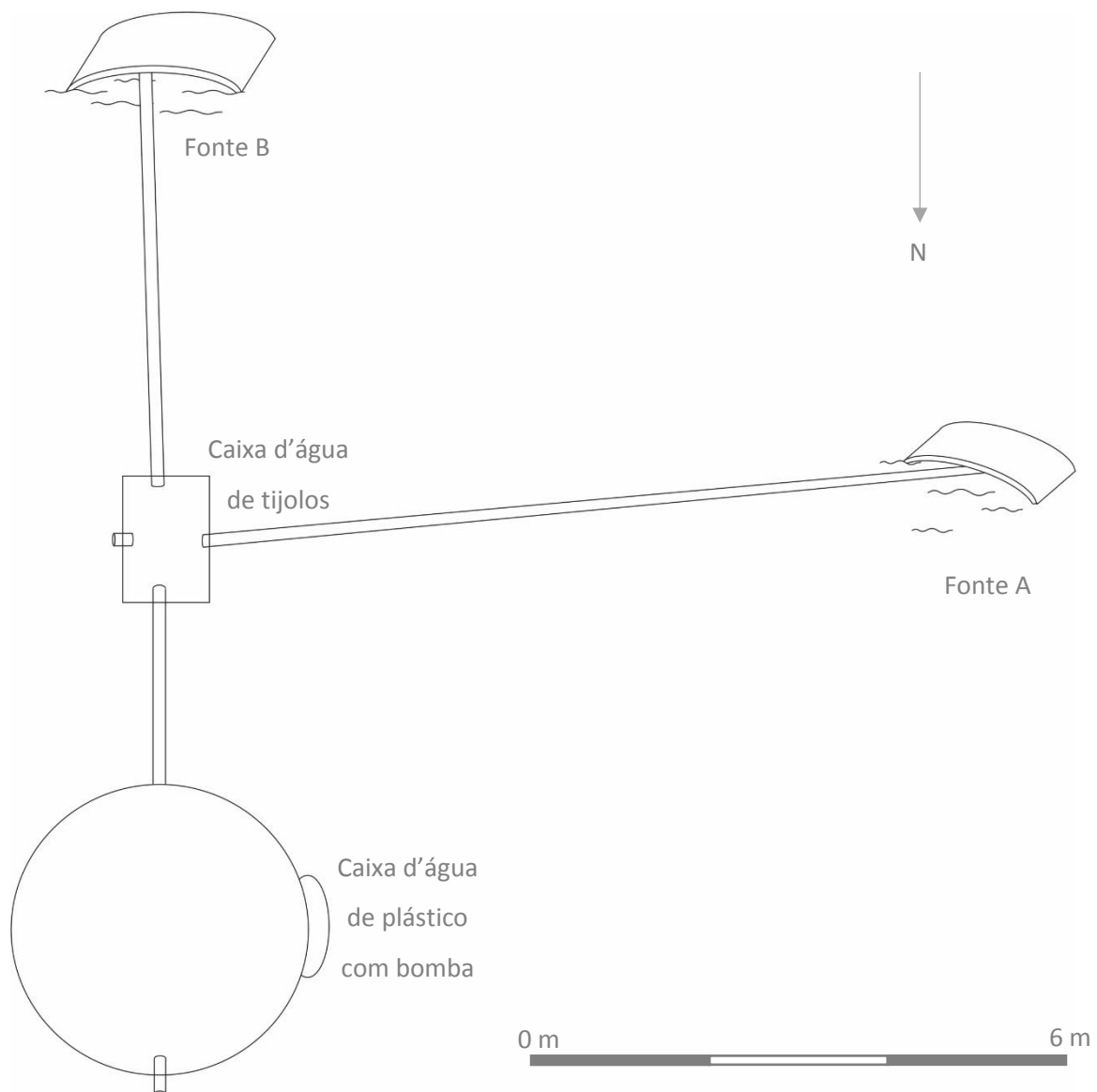


Figura 31 – Amostra de rocha encontrada nas proximidades das nascentes.



CROQUI:

Figura 32 – croqui ilustrando a disposição das nascentes em relação às caixas d'água.



ANEXO 4: Ficha catalográfica da amostra 5.

AMOSTRA 5

REFERENCIAL: Escola Estadual de Ensino Médio Antônio José Lopes Jardim

ENDEREÇO: BR 290, Km

PROPRIETÁRIO/RESPONSÁVEL: Iozara M. Cassol CONTATO: (55) 9 9654-7296

Nº DE POÇOS NO LOCAL: outro à 50 m CONSTRUÇÃO:

COORDENADAS UTM: N/S (x): 0281744 COTA: 158 m

22 J L/O (y): 6641435 PRECISÃO: 5 m

TIPO DE POÇO: tubular

FINALIDADE DA PERFURAÇÃO: exploração de água

USO DA ÁGUA: abastecimento, doméstico

ESTADO DO POÇO: equipado

AQUÍFERO EXPLORADO:

PROFUNDIDADE DO POÇO (m): 46

DIÂMETRO (mm):

PERÍODO DE BOMBEAMENTO:

24 horas/dia 30 dias/mês 12 meses/ano

ANOTAÇÕES:

- Há um segundo poço na propriedade do lado, pertencente à dona do restaurante que fica em frente à escola. Não se obteve autorização para coletar amostra, pois a responsável estava ocupada. Porém, Seu Jocenir, responsável pelo poço 6, declarou as seguintes informações sobre este poço: vazão de 2.700l/h; 46m de profundidade; o poço pertence ao restaurante e só é utilizado cerca de 2x/mês para regar horta.

- A amostra deu negativo tanto para coliformes totais quanto para E. coli.

- O poço particular abastece a escola em questão, outra escola municipal de ensino fundamental que se localiza do lado, mais a casa do senhor Valmir Vedoinha, o qual cedeu o terreno de acesso à escola estadual em troca de abastecimento através do poço.

- Não foram relatados casos de viroses atualmente.

- Ao menos uma vez ao ano a vigilância sanitária fiscaliza o posto e, dependendo do resultado das análises, é feito tratamento com cloro diretamente na caixa d'água da escola,

que é a responsável por distribuir a água para os demais consumidores. Depois de toda fiscalização é feita a limpeza da caixa d'água; a última limpeza foi feita há quatro meses.

- Não havia proteção ao poço, e ficava em um pátio com gramíneas secas. Não é usual o trânsito de pessoas e animais de médio e grande porte no local. O poço possui bomba automática, e não há torneira que possibilite coletar água antes de passar pela caixa d'água. Há um vazamento no encanamento próximo à boca do poço, e foi por onde foi coletada a água.

- Não foi encontrado afloramento rochoso próximo ao poço.

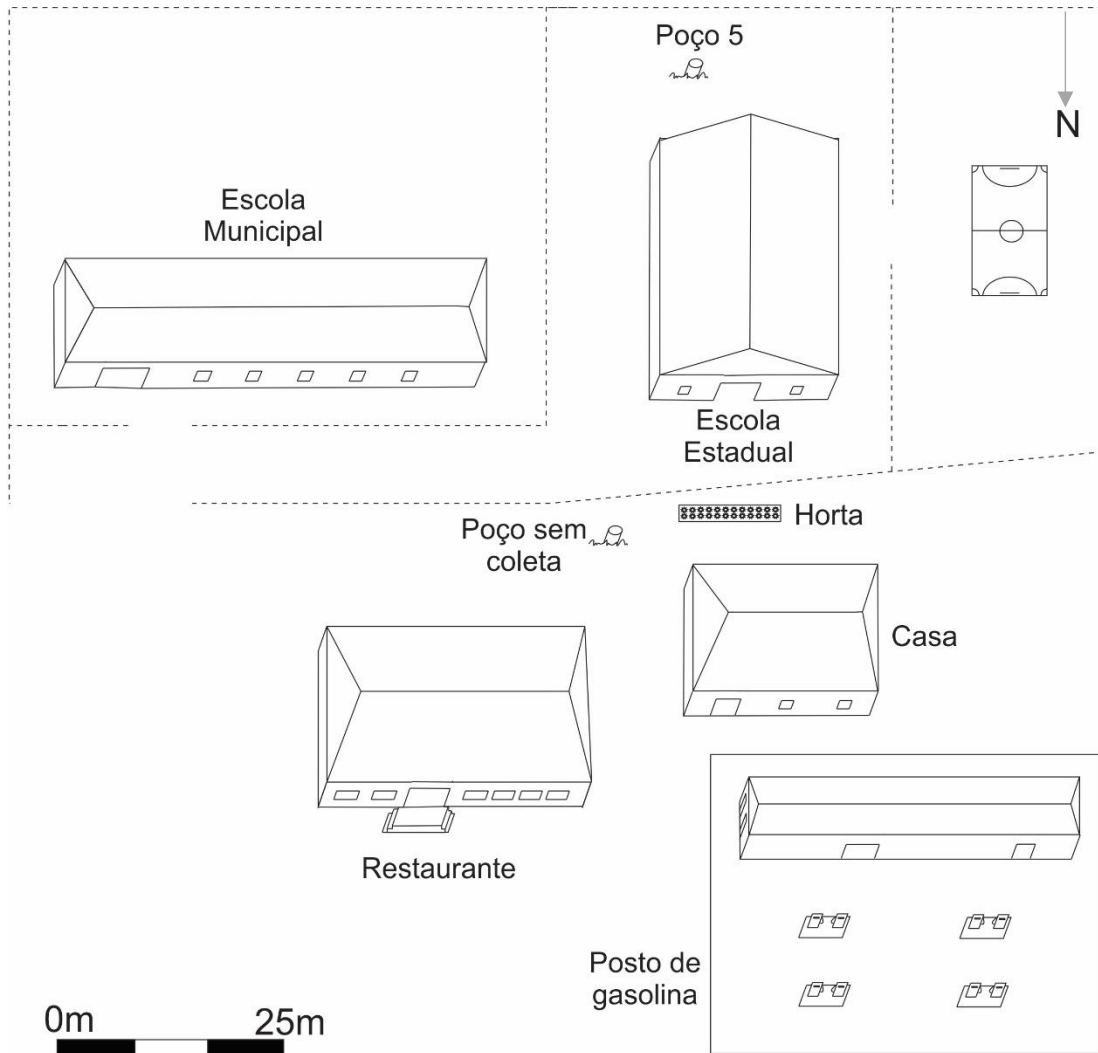
FOTOS:

Figura 33 – Imagem do P5, nos fundos da escola. O vazamento se encontra onde foi amarrado uma faixa preta no encanamento.



CROQUI:

Figura 34 – Croqui ilustrando a distância entre o P5 e o poço que não foi feita coleta, além do meio que os cerca.



BR 290 Km 313

ANEXO 05: Ficha catalográfica da amostra 6

AMOSTRA 6

REFERENCIAL: Mecânica do Jocenir

ENDEREÇO: BR 290, Km

PROPRIETÁRIO/RESPONSÁVEL: Jocenir

CONTATO:

Nº DE POÇOS NO LOCAL: 2

CONSTRUÇÃO: 8 anos

COORDENADAS UTM: N/S (x): 0276084

COTA: 185 m

22 J

L/O (y): 6640949

PRECISÃO: 8 m

TIPO DE POÇO: tubular

FINALIDADE DA PERFURAÇÃO: exploração de água

USO DA ÁGUA: abastecimento, doméstico, indústria

ESTADO DO POÇO: equipado

AQUÍFERO EXPLORADO:

PROFUNDIDADE DO POÇO (m): 141

DIÂMETRO (mm):

PERÍODO DE BOMBEAMENTO:

24 horas/dia

30 dias/mês

12 meses/ano

ANOTAÇÕES:

- O segundo poço do local se trata de um poço raso, o qual fica mais próximo da BR e da mecânica do que o poço profundo em questão.
 - A amostra deu positivo em análise de coliformes totais e negativo para E. coli.
 - Abastece todas as residências entre ele e o Posto da Fonte.
 - Todos os moradores no entorno do poço possuem fossa negra/sumidouro como destino aos dejetos.
 - Quem perfurou o poço foi a Secretaria do Estado, e quem fiscaliza e auxilia na manutenção é a prefeitura.
 - Possui uma vazão de 5150 l/h.
 - Em oito anos, a bomba, que é automática, só queimou duas vezes.
 - A água geralmente possui odor e paladar férreo, possuindo coloração mais avermelhada.
- Todas estas características oscilam frequentemente sem seguir um padrão. Foi relatado

ainda que, quanto mais avermelhada a água, maior é o número de casos de diarreia entre idosos e crianças. Quando isto ocorre, os moradores fervem a água antes de consumi-la como sendo uma medida remediadora.

- O poço raso que se localiza próxima deste costuma ser translúcida, insípida e inodora.
- O poço se localiza no meio de uma área rural, e não é comum o tráfego de animais de grande porte na área. Não há proteção no poço, e um dos encanamentos se encontra muito oxidado.
- Não foram encontrados afloramentos próximo ao ponto, mas tomando como base mapeamentos geológicos anteriores à esta pesquisa, a rocha sedimentar encontrada no ponto 3 e 4 se estende também a este ponto.

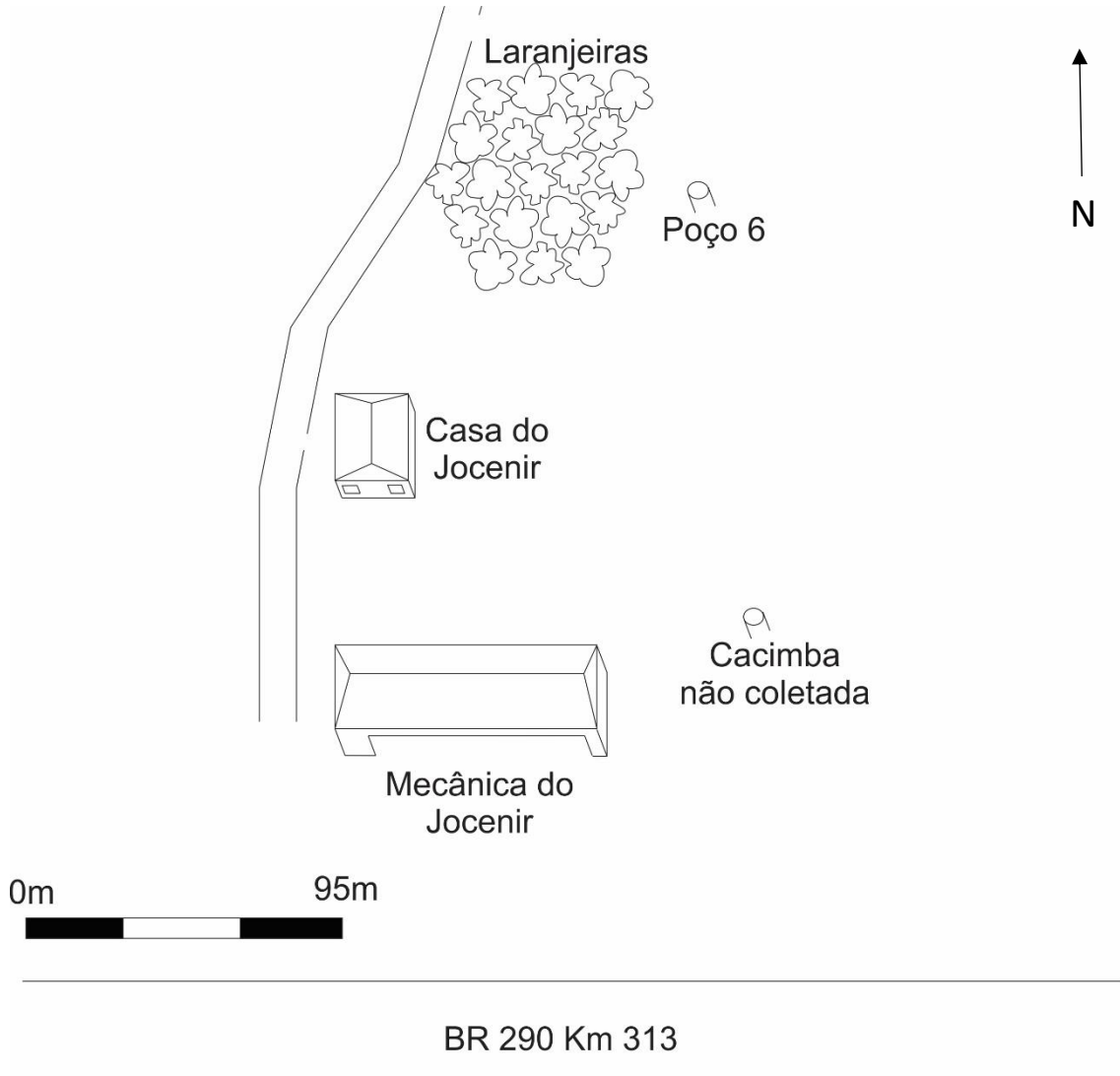
FOTOS:

Figura 35 – Situação do P6. A) Notar ervas-daninhas altas inclusive ao redor do poço. B) Detalhe para o encanamento muito oxidado e com vazamento.



CROQUI:

Figura 36 – Croqui representando a localização do P6 e do poço raso que fica próximo.



APÊNDICES

APÊNDICE 01:

Tabela 07 - Tabela temporal quanto ao número de residências abastecidas por poço ou nascente segundo a localidade

Feedados abastecimento por poço ou nascente			
Localidade	1991	2000	2010
Rural	3.020	2.828	2.576
Urbano	660	73	200
Total	3.680	2.901	2.776

Fonte: Adaptado de Feedados, 2010.

APÊNDICE 02:

Tabela 08 - Tabela temporal quanto ao número de residências com esgotamento sanitário do tipo fossa rudimentar por localidade

Feedados esgotamento sanitário fossa rudimentar			
Localidade	1991	2000	2010
Rural	1.224	3.331	2.448
Urbano	943	1.357	2.716
Total	2.167	4.688	5.164

Fonte: Adaptado de Feedados, 2010.

APÊNDICE 03:

Tabela 09 - Tabela temporal quanto ao número de residências em que o esgotamento sanitário se dá em rios, lagos ou mar, por localidade

Feedados esgotamento sanitário em rio, lago ou mar		
Localidade	2000	2010
Rural	55	15
Urbano	73	29
Total	128	44

Fonte: Adaptado de Feedados, 2010

APÊNDICE 04:

Tabela 10 - Tabela temporal quanto ao número de residências com esgotamento sanitário do tipo fossa séptica por localidade

Feedados esgotamento sanitário fossa séptica			
Localidade	1991	2000	2010
Rural	890	178	170
Urbano	1.888	1.003	675
Total	2.778	1.181	845

Fonte: Adaptado de Feedados, 2010

APÊNDICE 05:

Tabela 11 - Tabela temporal quanto ao número de residências com rede geral de esgoto ou pluvial por
localidade

Feedados rede geral de esgoto ou pluvial			
Localidade	1991	2000	2010
Rural	425	365	10
Urbano	2.320	3.545	5.477
Total	2.745	3.910	5.487

Fonte: Adaptado de Feedados, 2010

APÊNDICE 06:

Tabela 12 - Tabela temporal quanto ao número de habitantes por localidade

Feedados Censo Demográfico			
Localidade	1991	2000	2010
Rural	14.269	15.315	8.280
Urbano	20.349	19.328	25.410
Total	34.618	34.643	33.690

Fonte: Adaptado de Feedados, 2010