

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**LADISLAU APARECIDO DA COSTA ARRUDA JUNIOR**

**ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E AMBIENTAIS NA  
CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA  
REGIÃO DAS MINAS DO CAMAQUÃ, RIO GRANDE DO SUL**

**Caçapava do Sul**

**2017**

**LADISLAU APARECIDO DA COSTA ARRUDA JUNIOR**

**ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E AMBIENTAIS NA  
CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA  
REGIÃO DAS MINAS DO CAMAQUÃ, RIO GRANDE DO SUL**

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

Orientador: Prof. Dr. Maximilian Fries

**Caçapava do Sul**

**2017**

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).

J773a Junior, Ladislau Aparecido da Costa Arruda  
ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E AMBIENTAIS NA  
CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA  
REGIÃO DAS MINAS DO CAMAQUÃ, RIO GRANDE DO SUL / Ladislau  
Aparecido da Costa Arruda Junior  
152 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade  
Federal do Pampa, GEOLOGIA, 2017.  
"Orientação: Maximilian Fries".

1. Vulnerabilidade. 2. Recursos Hídricos. 3. Método GOD.


LADISLAU APARECIDO DA COSTA ARRUDA JUNIOR

ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E AMBIENTAIS NA  
CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NA  
REGIÃO DAS MINAS DO CAMAQUÃ, RIO GRANDE DO SUL

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

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 05/12/2017

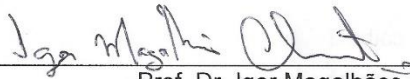
Banca examinadora:



Prof. Dr. Maximilian Fries

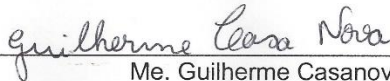
Orientador

(UNIPAMPA)



Prof. Dr. Igor Magalhães Clemente

(UNIPAMPA)



Me. Guilherme Casanova

(UNIPAMPA)



Dedico este trabalho a minha amada família. Somente com o apoio deles descobri que a fé, esperança e amor faz o homem ser sonhador.

## AGRADECIMENTO

Primeiramente agradeço a Deus por caminhar sempre ao meu lado nessa trajetória de cinco anos dedicado a realização de um sonho particular e familiar, transmitindo força, fé e perseverança.

A minha família na qual dedico toda a minha vida e conquistas. Aos meus pais Ladislau e Nucemar pelo amor, carinho, dedicação, incentivo para que eu pudesse viver longe de casa por um bem maior em minha vida, a vida sem vocês é um livro sem palavras. As minhas irmãs Suelen e Karize por mostrarem através de condições distintas de viver que pudemos sim, lutar e acreditar que Deus estará sempre zelando nosso caminho, a vida sem vocês é pouca, mas ao lado das duas tenho o mundo na palma da mão.

Agradeço em particular ao meu orientador/amigo, Maximilian Fries, pela paciência e atenção ao longo da minha trajetória acadêmica, sempre contribuindo de maneira constante com suas experiências de vida, profissional e acadêmica. Muitas dificuldades no meio acadêmico surgiram ao longo desses anos, mas os bons resultados e as conquistas adquiridas só foram possíveis graças a sua orientação.

Sou imensamente grato aos amigos/família que fiz nesse período no Rio Grande do Sul. Aos amigos da “zuerinha”: mino Marcos do magic, Issacson, Roni, Saulin, Pedrin, Jesus, Jorgera, Gilbs, Ijui, Razers, Tunico, e em especial ao Tio Nija que me mostrou ao longo de 5 anos de amizade que não tenho apenas um colega de residência, mas sim um irmão mais novo para toda vida. Muito obrigado galera por todas as histórias felizes e risadas que pude vivenciar ao lado de cada um.

Deixo parte de minha gratidão nessa trajetória as pessoas que me proporcionaram um pouco da experiência de trabalho na vida de um geólogo. A empresa AMANA em especial Diego, Filipe e Vinícius pela amizade e oportunidade. Aos integrantes do Projeto Caçapava do Sul: Samuel, Ram, Tereza, Lisandro, Cícero e todo pessoal do galpão, pelos ensinamentos e aprendizados no mundo da exploração mineral.

Por fim agradeço aos professores, aos funcionários, aos motoristas que trabalham dia após dia para um futuro melhor da UNIPAMPA.

“Absorva o que é útil, descarte o que não é, acrescente o que for exclusivamente seu”.

Bruce Lee

## RESUMO

O estudo das águas superficiais e subterrâneas é de extrema importância, dado a relevância destes para a preservação e conservação dos aquíferos. Estes frequentemente vêm sendo utilizados em ampla escala nas mais diversas áreas da indústria, como importante meio de subsistência da população. O Brasil detém uma das maiores reservas de água subterrânea do mundo e aproximadamente 55% destas são utilizadas no abastecimento público e saneamento básico. Apesar disso problemas relacionados a qualidade, potabilidade e contaminação, impedem que todos esses recursos hídricos sejam totalmente utilizados. O objetivo geral desse trabalho foi realizar o diagnóstico ambiental através da vulnerabilidade dos aquíferos, bem como a avaliação de parâmetros físico-químicos das águas superficiais e subterrâneas na região das Minas do Camaquã. Para determinação da vulnerabilidade, inicialmente foram determinados parâmetros, como: i) a profundidade do aquífero; ii) tipo de ocorrência do aquífero e iii) características geológicas. Estabelecendo assim o grau de vulnerabilidade natural do aquífero pelo método GOD, originando mapas temáticos georreferenciados com o uso de processamento de imagens digitais. Os mapas gerados ao longo do estudo indicaram índices de médio a extremo grau de vulnerabilidade próximos a área de pesquisa mineral da Votorantim Metais. Em relação aos parâmetros físico-químicos foram avaliados o pH, Eh, a temperatura do ar e da água, os sólidos totais dissolvidos, e a condutividade elétrica. Na análise dos parâmetros, os valores obtidos foram comparados com os limites estabelecidos pela resolução do CONAMA 357/2005 e pela Portaria do Ministério da Saúde nº 2.9140/2011 para águas doces classe especial. A metodologia proposta, forneceu dados consistentes de monitoramento ambiental para uma região historicamente impactada pela mineração sem normativas ambientais. A integração de dados físicos, químicos e ambientais auxiliarão diretamente na determinação de viabilidade para atividades de prospecção mineral no local (Votorantim Metais). Além disso, os resultados gerados contribuirão no conhecimento científico hidrológico associado à implantação de um empreendimento mineiro. Proporcionará dados na otimização e preservação dos recursos hídricos, servindo como subsídio principalmente para futuros estudos ambientais e de mineração.

Palavras-Chave: Vulnerabilidade, Recursos Hídricos, Método GOD.

## ABSTRACT

The study of surface waters and groundwater is of extreme importance, given the relevance of these for the preservation and conservation of aquifers. These often are being used on a large scale in the most varied areas of industry, as an important means of livelihood of the population. Brazil has one of the largest reserves of subterranean water in the world, and approximately 55% of these are used in public supply and sanitation. Despite that issues related to quality, drinking water and contamination, prevent all these resources are fully utilized. The overall objective of this work was to perform the environmental diagnosis through the vulnerability of aquifers, as well as the evaluation of physico-chemical parameters of surface waters and groundwater in the region of the minas do Camaquã. For determination of the vulnerability, initially they were certain parameters, such as: (i) the depth of the aquifer; (ii) type of occurrence of the aquifer and (iii) geological features. Thus establishing the degree of natural vulnerability of the aquifer by the method GOD, resulting georeferenced thematic maps with the use of digital image processing. The maps generated throughout the study showed average indices of the extreme degree of vulnerability near the area of mineral research of Votorantim Metais. In relation to the physico-chemical parameters were evaluated the pH, Eh, the temperature of the air and water, total dissolved solids, and the electrical conductivity. In the analysis of the parameters, the values obtained were compared with the limits established by the CONAMA Resolution 357/2005 and by decree of the Ministry of Health no 2.9140/2011 for freshwaters special class. The proposed methodology, provided consistent data for environmental monitoring to a region historically impacted by mining without environmental regulations. The integration of physical, chemical and environmental will assist directly in the determination of viability for mineral prospecting activities on site (Votorantim Metais). Moreover, the results generated will contribute in hydrological scientific knowledge associated with the deployment of a mining venture. Provide data on optimization and preservation of resources, serving as a kilometeric allowance mainly for future environmental studies and mining.

Keywords: Vulnerability, Water resources, GOD method

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação de Climática de Köppen-Geiger (1900) adaptada por Setzer (1966).....	23
Figura 2 - Mapa de Localização da área de estudo, a) estado do Rio Grande do Sul e b) imagem de satélite da área de estudo.....	24
Figura 3 - Principais componentes do ciclo hidrológico. ....	26
Figura 4 - Movimentação da água em perfil do solo. ....	28
Figura 5 - Processos físico-químicos na atenuação de contaminantes nas águas subterrâneas.....	29
Figura 6 - Tipos de Aquíferos e suas respectivas porosidades. ....	31
Figura 7 - Tipos de aquíferos com relação a pressão da água.....	32
Figura 8 - Perfil do escoamento em rios e canais. ....	33
Figura 9 - Percurso para medição da vazão pelo método do flutuador. ....	35
Figura 10 - Dois modelos de molinetes hidrométricos, a) eixo horizontal (concha) e b) eixo vertical (hélice) acoplado a haste. ....	36
Figura 11 - Medição da descarga líquida, a) método com barco fixo e b) método a vau. ....	37
Figura 12 - Mapa Geotectônico do ESrg e as Zonas de Cisalhamento: 1 – Itajaí-Perimbó, 2 – Major Gercino, 3 – Santana da Boa Vista, 4 – Dorsal de Canguçu, 5 – Passo do Marinheiro, 6 – Ibaré, 7 – Sarandi Del Yi, 8 – Sierra Ballena, 9 – Cerro Amaro, 10–Arroio Grande. ....	44
Figura 13 - Esboço das unidades geológicas Neoproterozóico e Eopaleozóicas do Rio Grande do Sul, destaque para as unidades do Supergrupo Camaquã. Cidades: CS-Caçapava do Sul; LS-Lavras do Sul; SBV-Santana do Boa Vista (modificada de Fragoso-Cesar et al. 2000). ....	48
Figura 14 - Mapa Geológico regional, com destaque para a região das Minas do Camaquã, onde aflora o Grupo Santa Bárbara. A direita uma representação da estratigrafia das unidades da área de estudo (modificado de Fambrini, 2005). ....	50
Figura 15 - Imagem de satélite do Google Earth Pro da área de estudo com os pontos amostrados e os acessos aos locais para coleta dos dados. ....	53
Figura 16 - Equipamentos necessários para realização da coleta de dados dos parâmetros físico-químicos. a) o condutivímetro (1) com o eletrodo (2) e a solução de	

condutividade padrão (3), em b) pHmetro (1) com o eletrodo (2) e os tampões de pH (3). .....	54
Figura 17 - Utilização do Pna-300 para medição do nível d'água. ....	57
Figura 18 - Fluxograma dos parâmetros e índices de vulnerabilidade de um aquífero pela metodologia GOD.....	58
Figura 19 - Precipitação diária e mensal entre maio de 2016 a março 2017. ....	60
Figura 20 - Localização e quantificação das vazões nos cursos d'água de entorno da área do projeto. ....	61
Figura 21 - Medição dos pulsos captados pelo molinete fluviométrico, assim como a medição da seção transversal no Rio Camaquã. ....	63
Figura 22 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-08 (Rio Camaquã).....	64
Figura 23 - Medição da velocidade da água com molinete fluviométrico do ponto SM-VZ-13. ....	65
Figura 24 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-13. ....	66
Figura 25 - Medição velocidade do Rio João Dias com molinete fluviométrico em regime com alto fluxo de água.....	66
Figura 26 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-14. ....	67
Figura 27 - Medição dos pulsos obtidos pelo molinete fluviométrico no ponto SM-VZ-06.....	68
Figura 28 - Drenagem assoreada para passagem de animais localizada no ponto SM-VZ-09. ....	68
Figura 29 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-06. ....	69
Figura 30 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-09. ....	70
Figura 31 - Coleta dos dados para obtenção da vazão SM-VZ-01, a) contagem dos pulsos captados pelo molinete fluviométrico, b) medição da seção transversal com trena e régua. ....	71
Figura 32 - Obtenção dos dados de velocidade e tamanho da seção para determinar a vazão no ponto SM-VZ-15. ....	71
Figura 33 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-01. ....	72
Figura 34 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-15. ....	73
Figura 35 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-02. ....	74
Figura 36 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-04. ....	75

Figura 37 - Aquisição dos dados fluviométricos para obtenção da vazão, a) ponto SM-VZ-02, b) ponto SM-VZ-04. ....	75
Figura 38 - Relação mensal da vazão com a precipitação nos pontos SM-VZ-05, SM-VZ-07 e SM-VZ-12. ....	77
Figura 39 - Medição dos dados de velocidade para o cálculo da vazão no ponto SM-VZ-12. ....	78
Figura 40 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-03. ....	79
Figura 41 - Modelo Digital de Elevação (MDE) demonstrando o fluxo hídrico dos altos para os baixos topográficos. ....	80
Figura 42 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-16. ....	81
Figura 43 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-10. ....	82
Figura 44 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-10. ....	83
Figura 45 - Distribuição dos valores médios de pH através da interpolação dos dados na área de estudo. ....	86
Figura 46 - Evolução dos valores do pH ao longo do ano nas dezesseis drenagens. ....	88
Figura 47 - Distribuição dos valores médios de Eh através da interpolação dos dados na área de estudo. ....	91
Figura 48 - Evolução dos valores do Eh ao longo do ano nas dezesseis drenagens. ....	92
Figura 49 - Distribuição dos valores médios de STD através da interpolação dos dados na área de estudo. ....	95
Figura 50 - Evolução dos valores do STD ao longo do ano nas dezesseis drenagens. ....	96
Figura 51 - Distribuição dos valores médios de CE através da interpolação dos dados na área de estudo. ....	99
Figura 52 - Evolução dos valores de CE ao longo do ano nas dezesseis drenagens. ....	100
Figura 53 - Distribuição dos valores médios da Temperatura do Ar através da interpolação dos dados na área de estudo. ....	103
Figura 54 - Distribuição dos valores médios da Temperatura da Água através da interpolação dos dados na área de estudo. ....	103
Figura 55 - Evolução dos valores de temperatura do ar e da água ao longo do ano nas dezesseis drenagens. ....	105



Figura 56 - Localização geográfica dos treze poços de monitoramento do nível d'água próximos a área do projeto.....	107
Figura 57 - Bloco diagrama do modelo conceitual do aquíferos na região das minas do Camaquã. ....	113
Figura 58 - Vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero livre durante o mês de março de 2016 na área de estudo. ....	114
Figura 59 - Vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero livre durante o mês de junho de 2016 na área de estudo.....	115
Figura 60 - Vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero livre durante o mês de julho de 2016 na área de estudo. ....	115
Figura 61 - Vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero livre durante o mês de agosto de 2016 na área de estudo. ....	116
Figura 62 - Vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero livre durante o mês de setembro de 2016 na área de estudo.....	116
Figura 63 - Vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero livre durante o mês de novembro de 2016 na área de estudo.....	117
Figura 64 - Vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero livre durante o mês de dezembro de 2016 na área de estudo.....	117
Figura 65 - Vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero livre durante o mês de fevereiro de 2017 na área de estudo.....	118
Figura 66 - Vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero livre durante o mês de abril de 2017 na área de estudo.....	118
Figura 67 - Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno no entorno da área de estudo .....	119

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média representativa dos parâmetros coletados ao longo do trabalho. ...	60
Tabela 2 - Relação das drenagens com o grau de relevância em que estão inseridas. .....	62
Tabela 3 - Média representativa dos parâmetros coletados ao longo do trabalho. ...	84
Tabela 4 - Valores mínimos, máximos e médios do pH para cada drenagem. ....	85
Tabela 5 - Valores mínimos, máximos e médios do Eh para cada drenagem. ....	90
Tabela 6 - Valores mínimos, máximos e médios do STD para cada drenagem. ....	94
Tabela 7 - Valores mínimos, máximos e médios do CE para cada drenagem. ....	98
Tabela 8 - Valores mínimos, máximos e médios da temperatura do Ar e Água para cada drenagem. ....	102
Tabela 9 - Dados para determinação da vulnerabilidade do aquífero no mês de março de 2016.....	108
Tabela 10 - Dados para determinação da vulnerabilidade do aquífero no mês de junho de 2016.....	108
Tabela 11 - Dados para determinação da vulnerabilidade do aquífero no mês de julho de 2016.....	109
Tabela 12 - Dados para determinação da vulnerabilidade do aquífero no mês de agosto de 2016.....	109
Tabela 13 - Dados para determinação da vulnerabilidade do aquífero no mês de setembro de 2016. ....	110
Tabela 14 - Dados para determinação da vulnerabilidade do aquífero no mês de novembro de 2016. ....	110
Tabela 15 - Dados para determinação da vulnerabilidade do aquífero no mês de dezembro de 2016. ....	111
Tabela 16 - Dados para determinação da vulnerabilidade do aquífero no mês de fevereiro de 2017. ....	111
Tabela 17 - Dados para determinação da vulnerabilidade do aquífero no mês de abril de 2017.....	112
Tabela 18 - Parâmetros coletados nas drenagens – 1ª campanha. ....	133
Tabela 19 - Parâmetros coletados nas drenagens – 2ª campanha. ....	134
Tabela 20 - Parâmetros coletados nas drenagens – 3ª campanha. ....	135
Tabela 21 - Parâmetros coletados nas drenagens – 4ª campanha. ....	136

Tabela 22 - Parâmetros coletados nas drenagens – 5ª campanha. ....	137
Tabela 23 - Parâmetros coletados nas drenagens – 6ª campanha. ....	138
Tabela 24 - Parâmetros coletados nas drenagens – 7ª campanha. ....	139
Tabela 25 - Parâmetros coletados nas drenagens – 8ª campanha. ....	140
Tabela 26 - Parâmetros coletados nas drenagens – 9ª campanha. ....	141
Tabela 27 - Parâmetros coletados nas drenagens – 10ª campanha. ....	142
Tabela 28 - Parâmetros coletados nas drenagens – 11ª campanha. ....	143
Tabela 29 - Parâmetros coletados nas drenagens – 12ª campanha. ....	144
Tabela 30 - Parâmetros coletados nas drenagens – 13ª campanha. ....	145
Tabela 31 - Parâmetros coletados nas drenagens – 14ª campanha. ....	146
Tabela 32 - Parâmetros coletados nas drenagens – 4ª campanha. ....	147
Tabela 33 - Parâmetros coletados nas drenagens – 16ª campanha. ....	148
Tabela 34 - Parâmetros coletados nas drenagens – 17ª campanha. ....	149
Tabela 35 - Parâmetros coletados nas drenagens – 18ª campanha. ....	150
Tabela 36 - Parâmetros coletados nas drenagens – 19ª campanha. ....	151
Tabela 37 - Parâmetros coletados nas drenagens – 20ª campanha. ....	152

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas  
APVSS - Associação Plutono Vulcano-Sedimentar Seival  
CC – Complexo Cambaí  
CE – Condutividade Elétrica  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
Eh – Potencial Oxirredução  
ESrg – Escudo Sul-rio-grandense  
GOD - Groundwater Overall Depth  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
INA – Indicador do Nível D'água  
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
OMS - Organização Mundial da Saúde  
ORP - Potencial Oxidação/Redução  
pH – Potencial hidrogeniônico  
PI - Ponto Inicial  
PF - Ponto Final  
SEMA - Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável  
SIG – Sistema de Informações Geográficas  
SIU – Sistema Internacional de Unidades  
STD - Sólidos Totais Dissolvidos  
SRTM – Shuttle Radar Topography Mission  
SV – Supercomplexo Vacacaí  
TMAP - Terreno Metamórfico de Acreção da Palma  
USGS - United States Geological Survey

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>20</b>
2.1 GERAL.....	20
2.2 ESPECÍFICOS .....	20
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>21</b>
<b>4 LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>22</b>
<b>5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>25</b>
5.1 CICLO HIDROLÓGICO .....	25
5.1 ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS.....	26
5.2.1. AQUÍFEROS .....	29
5.3 HIDROMETRIA .....	32
5.3.1 MÉTODOS PARA MEDIÇÃO DO VAZÃO.....	33
5.3.2 MÉTODO POR FLUTUADORES .....	34
5.3.3 MÉTODO PELO MOLINETE HIDROMÉTRICO .....	35
5.4 PARÂMETROS DA QUALIDADE DA ÁGUA .....	38
5.5 CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFEROS .....	40
5.5.1 <i>Vulnerabilidade a Contaminação Natural</i> .....	40
5.5.2 <i>Potencial Risco a Contaminação</i> .....	40
5.5.2 <i>Mineração Como Fonte de Contaminação</i> .....	41
<b>6 CONTEXTO GEOLÓGICO</b> .....	<b>42</b>
<b>6.1 GEOLOGIA LOCAL</b> .....	<b>48</b>
6.1.1 <i>Grupo Santa Bárbara</i> .....	48
<b>7 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>51</b>
7.1 LEVANTAMENTO DE DADOS BIBLIOGRÁFICOS .....	51
7.2 BASE CARTOGRÁFICA E SENSORIAMENTO REMOTO.....	51
7.3 COLETA DE DADOS EM CAMPO.....	52
7.3.1 <i>Obtenção dos Parâmetros Físico-químicos</i> .....	54
7.3.2 <i>Medição das Vazões nas Drenagens</i> .....	55
7.3.3 <i>Indicativo da Vulnerabilidade Natural do Aquífero Livre</i> .....	55

7.4 ANÁLISE E PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	58
<b>8 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>59</b>
8.1 CARACTERIZAÇÃO DAS VAZÕES EM CURSOS D'ÁGUA.....	59
8.1.1 <i>Vazões Altas – acima de 200 m<sup>3</sup>/h</i> .....	62
8.1.2 <i>Vazões Médias – 100 a 200 m<sup>3</sup>/h</i> .....	73
8.1.3 <i>Baixas Vazões - 0 a 100 m<sup>3</sup>/h</i> .....	78
8.2 QUALIDADE DA ÁGUA .....	83
8.2.1 <i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i> .....	84
8.2.2 <i>Potencial de Oxirredução (Eh)</i> .....	89
8.2.3 <i>Sólidos Totais Dissolvidos (STD)</i> .....	93
8.2.4 <i>Condutividade Elétrica (CE)</i> .....	97
8.2.5 <i>Temperatura (C°) do Ar e da Água</i> .....	101
8.3 ESTIMATIVA DO VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO .....	106
<b>9 CONCLUSÕES.....</b>	<b>119</b>
<b>10 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>120</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>133</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Através do fato das águas superficiais serem visíveis, muitas pessoas imaginam que os rios, barragens e lagos devem ser a maior fonte de atendimento das necessidades do homem. Porém um pouco mais de 97% da água doce disponível no planeta terra encontra-se no subsolo e, portanto, menos de 3% da água potável disponível no planeta provem de águas em superfície (FEITOSA e MANOEL FILHO, 2000).

Sendo assim os corpos hídricos superficiais e subterrâneos, representam recursos naturais indispensáveis para a manutenção dos ecossistemas, subsistência da humanidade e meio ambiente. Apresenta grande importância na retenção de umidade no solo, garantindo um fluxo de base dos cursos de água, respondendo por sua perenização em tempos de estiagens, sendo vital para a sobrevivência de todos os seres vivos.

A fim de sanar as deficiências e aumento da demanda no abastecimento público, estes recursos estão sendo cada vez mais explorados. Este aumento da exploração sem estudos prévios e de forma indiscriminada aliada a insuficiência de planejamento e infraestrutura nas cidades, torna esses recursos susceptíveis a agentes externos como saneamento básico precário, ações pejorativas das indústrias, postos de gasolina, cemitérios, aterros sanitários e lixões.

Um fator importante nesse contexto é a preocupação da preservação na qualidade das águas, já que por muitas vezes, dependemos dessa característica para usufruirmos de sua utilização. O manejo e disposição incorreta de efluentes domésticos, industriais e agropecuários em corpos d'água, por exemplo, torna imprópria a utilização sem pré-tratamento, o que encarece seu custo para consumo (TUNDISI, 2003).

Apesar do histórico em abundância de recursos hídricos no estado, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) (2009), depois da região do semiárido (grande parte do Nordeste e o norte de Minas Gerais), o maior desequilíbrio entre oferta e uso de recursos hídricos no país está no Rio Grande do Sul. Isso deve-se ao fato que dentre as doze bacias hidrográficas classificadas no país, duas delas (Bacia Hidrográfica do Uruguai e Bacia hidrográfica do Atlântico Sul) tem respectivamente 32% e 35% dos mananciais que as compõem em situação crítica quanto a quantidade

das águas. Segundo IBGE (2014) em relação a qualidade, os dados demonstram ser mais preocupantes, pois três dos dez rios mais poluídos do Brasil estão localizados no Rio Grande do Sul.

A contaminação não deve ser categorizada como exclusiva de corpos hídricos superficiais, pois a disposição incorreta de: resíduos sólidos, aterros sanitários, cemitério e etc., são ações antrópicas que podem frequentemente contaminar solos e águas subterrâneas, ocasionando uma susceptibilidade a contaminação natural dos aquíferos (BACARO, 2015).

Todavia, a iniciativa do presente projeto busca trazer uma caracterização para os corpos d'água superficiais e subterrâneos nos arredores do distrito mineiro das Minas do Camaquã localizado no município de Caçapava do Sul (RS). Uma área ambientalmente frágil situada dentro de perímetros dedicados a pesquisa mineral, e juntamente a um dos maiores rios do estado, o rio Camaquã, que conduz todo fluxo de efluentes de sua bacia hidrográfica.

Para determinar resultados concretos e definitivos, serão interconectadas informações que trazem consigo aspectos tais como: parâmetros físico-químicos, dados pluviométricos, fluviométricos e análise hidroquímica. Assim como a determinação da vulnerabilidade a contaminação natural dos aquíferos, através da utilização do Método GOD (FOSTER e HIRATA, 1998), que leva em consideração três importantes parâmetros: i) tipo de ocorrência do aquífero; ii) litologias das camadas rochosas; iii) profundidade do aquífero.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

O presente trabalho tem como objetivo geral a caracterização hidrológica dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos no distrito mineiro das Minas do Camaquã.

### **2.2 Específicos**



Para chegar ao objetivo principal desse trabalho, serão necessários:

- i. Analisar parâmetros físico-químicos das drenagens para determinar a qualidade das águas;
- ii. Determinar a vazão dos rios durante períodos de cheia e estiagem por meio de monitoramento fluviométrico;
- iii. Avaliar dados pluviométricos que influenciam na recarga hídrica;
- iv. Determinar a vulnerabilidade dos aquíferos próximo a área de pesquisa mineral.

### 3 JUSTIFICATIVA

Diversos estudos com resultados satisfatórios têm sido elaborados sobre o monitoramento ambiental e a necessidade de preservação hídrica na região das Minas do Camaquã. Dentre estes estudos relevantes como o de Laybauer (1997) e Bidone (1998) que trabalharam com a presença de metais pesados em águas superficiais impactadas pela mineração nas Minas do Camaquã.

No mesmo âmbito, segundo Palm; Pestana (2013) constataram uma significativa contaminação secundária na sub-bacia do Arroio João Dias pela mineração de cobre. Recentemente Carvalho *et al.* (2015) através de análises multivariadas, constataram o impacto ambiental nas nascentes da bacia do alto Camaquã por metais pesados.

O objeto foco do trabalho, que será a região das minas do Camaquã, se apresenta sobre alvo de exploração mineral em estudo conduzido pela empresa Votorantim Metais na qual é a responsável por fornecer todos os dados e subsídios para realização deste projeto de trabalho de conclusão de curso.

Após as etapas de estudo de impacto ambiental (EIA) e o relatório de impacto ao meio ambiente licenciamento ambiental (RIMA), para obtenção do licenciamento ambiental na execução de um projeto mineiro está sendo necessário realizar o monitoramento anual dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, tanto na área de sondagem, como na região onde futuramente serão dispostas as pilhas de rejeito a seco. Afim de comprovar que não há impactos significativos nas drenagens e nos aquíferos com a implantação da exploração mineral.

Como elementos a serem integrados aos estudos previamente propostos, demais dados como imagens de satélite e malhas digitais de domínio público, serão empregados no estudo.

Considerando o êxito apresentado em estudos prévios, a característica geológica, estrutural e hidrológica da área este trabalho e consequentes resultados irão contribuir para o conhecimento ambiental, hidrológico e hidrogeológicos assim como fornecer dados para projetos atualmente em andamento e futuros estudos conduzidos na região ou em contextos similares.

#### **4 LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DA ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo está localizada a sudeste do município de Caçapava do Sul na divisa territorial com Santana da Boa Vista e Bagé, região central do estado do Rio Grande do Sul no distrito mineiro das minas do Camaquã (Figura 2). Distante aproximadamente 301 Km da capital do estado, Porto Alegre, e a 73 quilômetros de Caçapava do Sul.

O principal acesso a área é feito pelo trecho da BR-392 partindo do perímetro urbano do município de Caçapava do Sul para sudeste até o entroncamento com a BR-153, de onde segue para sudoeste até a RS-625. A partir desta, percorre-se aproximadamente 25 quilômetros de estrada vicinal não pavimentada até a vila das minas do Camaquã. A área de estudo possui aproximadamente 85 Km<sup>2</sup> e esta delimitada pelas coordenadas *Universal Transversa de Mercator* (UTM) 260000 e 270000 mE e 6574000 e 6580900 mS, fuso 22J, utilizando o datum SIRGAS 2000.

A região das Minas do Camaquã consiste de relevos em formas arredondadas tipo coxilhas, sendo mais brusco para o Norte e suave na direção leste com altitudes variando de 130 a 330 metros acima do nível do mar. A presença de campos limpos nas áreas mais altas, e campos sujos nas partes planas e úmidas, estando em conexão com vassourais. As formações florestais e vegetação ocorrem de maneira diversificadas, desde matas de galerias até matas latifoliadas subtropicais extensas. Segundo Kottek (2006) a região de Caçapava do Sul pertence à classe "Cfa" da classificação climática de Setzer (1966), caracterizado por um clima temperado quente sem estação de seca (Figura 1), com uma temperatura média de 17,5°C e pluviosidade média anual de 1538 mm, dados extraídos Climate-data (2017).

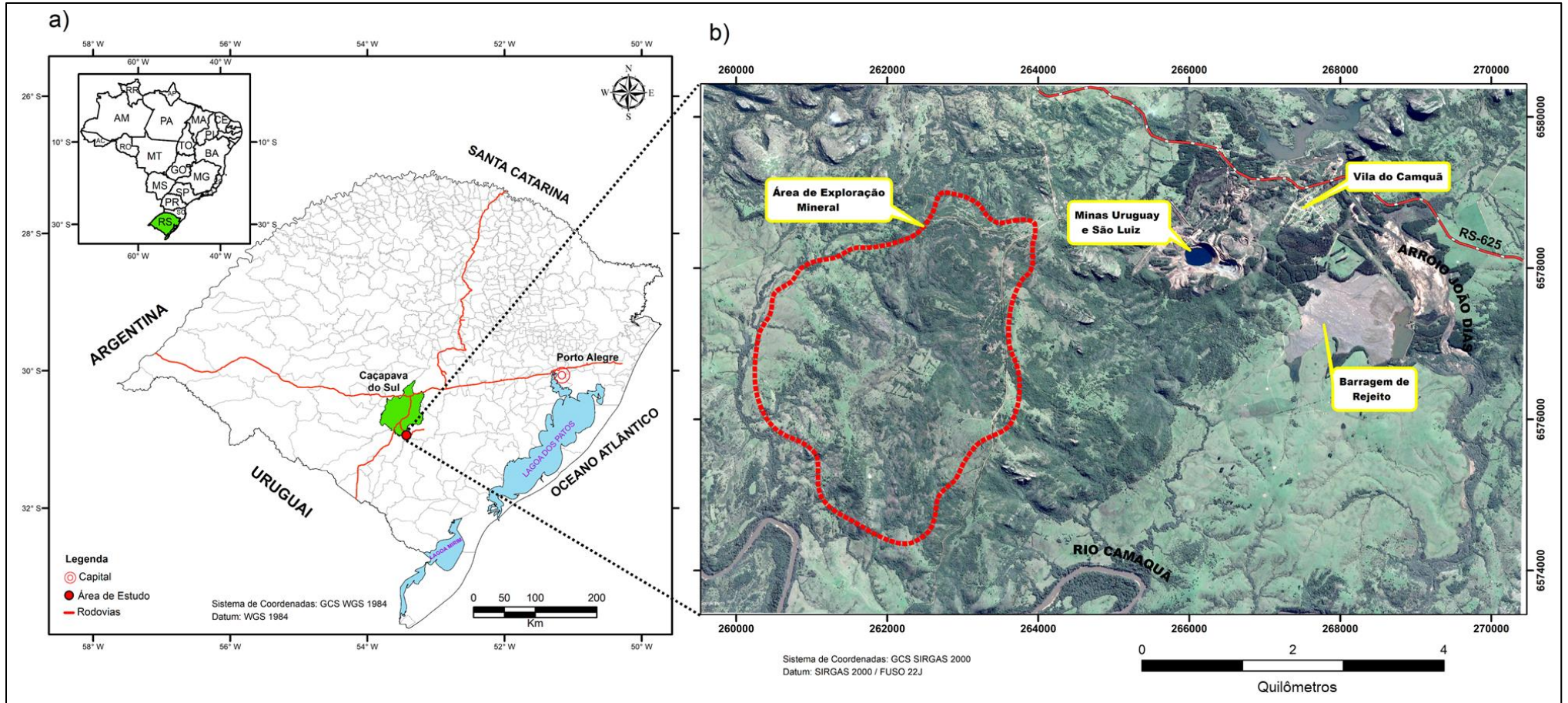
A economia da Vila do Camaquã se desenvolve em torno de atividades agropecuárias, silvicultura e hotelaria, porém com a retomada de pesquisas voltadas para exploração mineral em 2008 pela Votorantim Metais, reacende a esperança da população em ofertas de emprego e melhoras na infraestrutura e saneamento básico da região.

Figura 1 - Classificação de Climática de Köppen-Geiger (1900) adaptada por Setzer (1966).

Temperatura média Normal		Total de chuva do mês mais seco (Pms)	Total de chuva anual (P)	Descrição do Tipo de Clima segundo Köppen (Climas Úmidos)		Símbolo
do mês mais frio	do mês mais quente					
≥ 18°C	≥ 22°C	≥ 60mm		TROPICAL	sem estação seca	<b>Af</b>
		< 60mm	< 2500 - 27,27. Pms		TROPICAL com chuvas excessivas	Inverno Seco
< 18°C	< 22°C		< 30mm	SUBTROPICAL		
		≥ 22°C			≥ 30mm	Quente
	< 22°C		Temperado			
		< 22°C			Temperado	Temperado

Fonte: Cardozo, (2015).

Figura 2 - Mapa de Localização da área de estudo, a) estado do Rio Grande do Sul e b) imagem de satélite da área de estudo.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016) e Google Earth (2017).

## 5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 5.1 Ciclo Hidrológico

A água presente em nosso planeta, está inserida em um fenômeno de circulação fechada do fluido entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada a gravidade e pela ação cinética da rotação terrestre (TUNDISI 2003). Com isso o ciclo hidrológico encontra-se diretamente relacionado com o movimento e a troca de água nos seus diferentes estados físicos, recorrentes na hidrosfera, entre os oceanos, as calotas de gelo, as águas superficiais, águas subterrâneas e na atmosfera.

Este movimento previsível originário do sol, que fornece toda energia para transmitir a água da superfície terrestre para a atmosfera através do fenômeno da evaporação e a gravidade, que faz com que a água condensada presente na atmosfera retorne a superfície através da precipitação em forma de chuva. Uma vez de volta a superfície, temos a circulação da água através de escoamento superficial onde se reúnem em rios e lagos até atingir os oceanos, ou se infiltre no solo e subsolo atingindo a zona saturada, na qual dependendo das características das rochas, contribui para o reabastecimento dos aquíferos, nascentes e cursos d'água (CARVALHO e SILVA, 2006). Estes por sua vez retornam aos oceanos, concluindo o ciclo hidrológico (SOLIMAN *et al.*, 1998) (Figura 3).

Tratando-se de um sistema complexo como o planeta Terra, alguns fatores importantes devem ser levados em consideração referentes a quantidade e a velocidade de água nas diferentes fases do ciclo hidrológico, como por exemplo, altitude, vegetação, topografia, tipo de solo, temperatura e geologia (BRAGA 2006).



Figura 3 - Principais componentes do ciclo hidrológico.



Fonte: United States Geological Survey – USGS (2013).

## 5.1 Águas Superficiais e Subterrâneas

Naime (2014), define as águas superficiais como representadas pelas drenagens e rios que coletam as águas originadas pelas chuvas (pluviais), também denominada freática. Essas águas que tendem a sofrer escoamento superficial através de condicionantes morfológicas e topográficas, representam as reservas hídricas superficiais disponíveis nas bacias e sub-bacia hidrográficas. Esses recursos presentes nas bacias são gerenciados por comitês de bacias hidrográficas, destinados majoritariamente as necessidades do consumo humano, servindo posteriormente para atividades agrícolas e industriais.

Segundo Crósta (2000) a precipitação que chega ao solo pode escoar sobre a superfície, entrando no ciclo de escoamento superficial ou subsuperficial, ou aderindo ao fenômeno de infiltração, que é dado pelo movimento das águas através da conexão da superfície para o solo e abaixo deste (Figura 4).

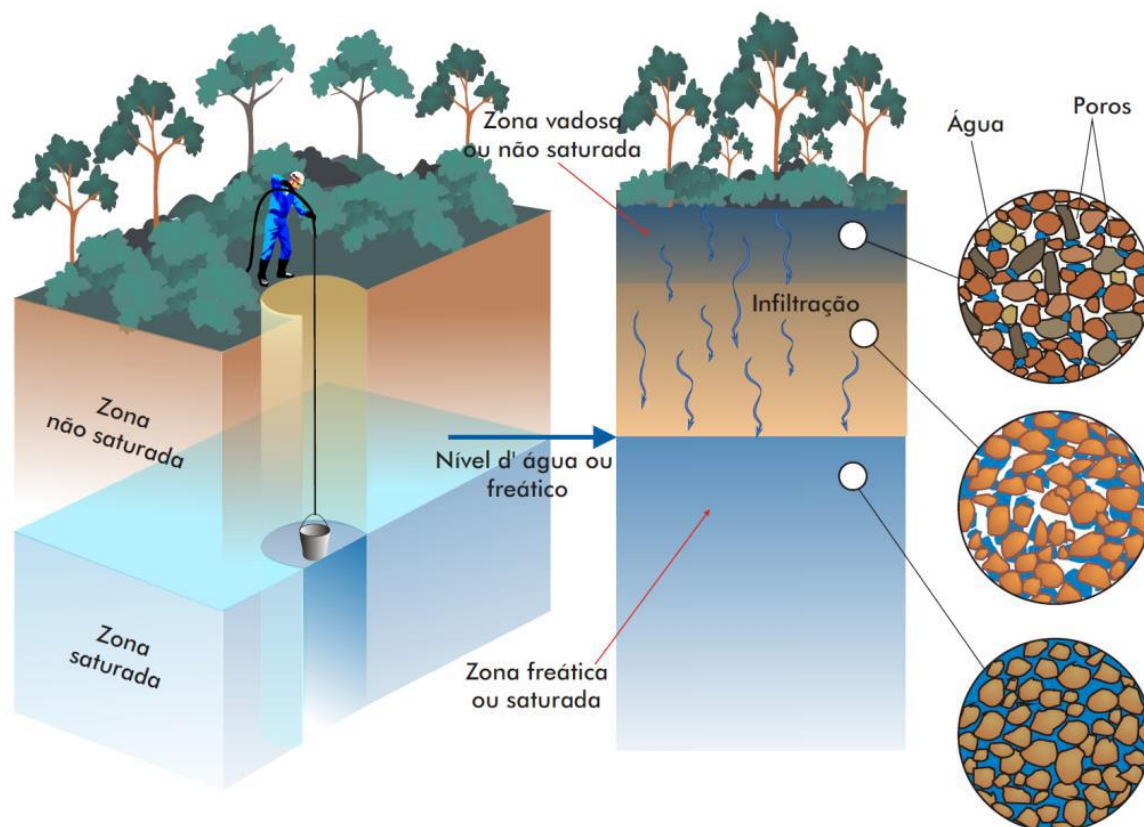
Sendo assim as águas subterrâneas são acumuladas e armazenadas em períodos de milhares de anos, em situações onde ocorre equilíbrio entre a descarga

na qual, ocorre o afloramento da água subterrânea à superfície do solo através de nascentes, rios e lagos, unindo-se ao escoamento superficial. Assim como situações de recarga, com o princípio do movimento da água da zona não saturada para a zona saturada, ou seja, a água que se infiltra no solo e percola até atingir o aquífero subterrâneo (FEITOSA e MANOEL FILHO, 2000).

Zona de aeração, ou zona não saturada possui poros preenchidos parcialmente por ar e gases – essencialmente por vapor d'água - com água suspensa pela tensão superficial em torno das partículas de solo ou rocha, situando-se entre a superfície do terreno, da qual as plantas extraem água através de suas raízes, e a superfície freática (CRÓSTA, 2000). A espessura da zona de aeração depende principalmente da topografia e do clima, onde, em regiões secas e montanhosas pode se estender a centenas de metros, enquanto em locais de alta pluviometria, pode situar-se a alguns metros da superfície.

Na zona de saturação ou zona saturada, temos o preenchimento dos poros vazios por água ao longo do horizonte das camadas de solo e rocha. A superfície entre a zona de aeração e a zona de saturação, denomina-se lençol freático, onde toda água abaixo dessa superfície é considerada água subterrânea (TUCCI, 2000). Porém a zona de saturação se estende verticalmente para baixo até o ponto em que a permeabilidade e a porosidade da rocha permitir, variando de dezenas de metros a alguns quilômetros de profundidade em determinados locais.

Figura 4 - Movimentação da água em perfil do solo.

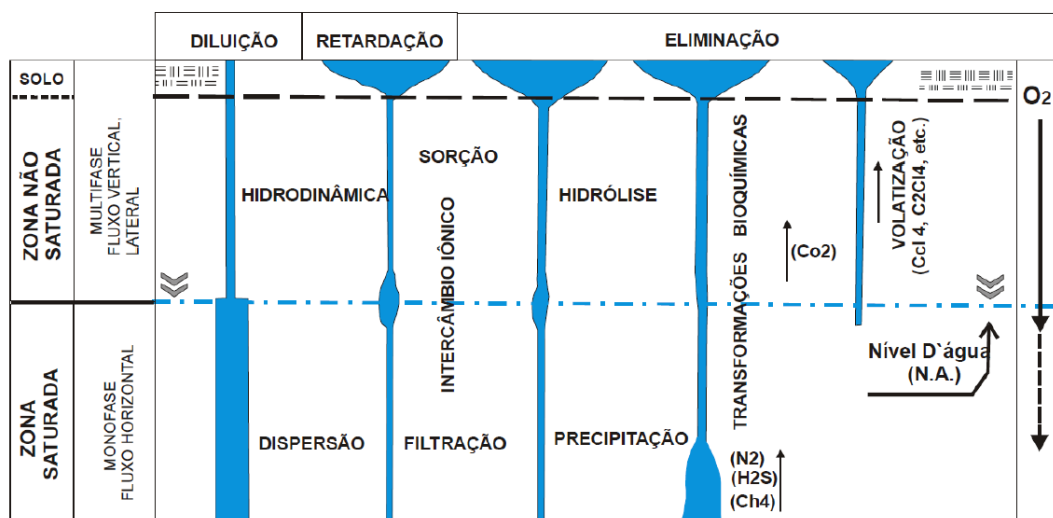


Fonte: Teixeira et al. (2000).

Segundo Francisco (2013), devemos nos atentar a importância no estudo e conhecimento detalhado das características geológicas e hidrodinâmicas da zona de aeração, já que nesse horizonte, ocorre a infiltração natural das águas para o reabastecimento de um aquífero, conservando a umidade e nutrientes essenciais para a manutenção de espécies vegetais e microbiológicas. Além disso, Growler (1983) descreve a importância das reações físico-químicas como, por exemplo, precipitação, a oxidação, redução, volatilização e filtração, como efeito atenuante natural dos contaminantes (Figura 5), sendo muitos deles intermediados por microrganismos.



Figura 5 - Processos físico-químicos na atenuação de contaminantes nas águas subterrâneas.



Fonte: Growler (1983).

### 5.2.1. Aquíferos

Segundo Todd (1959) todas as estruturas geológicas que apresentam características de permeabilidade e porosidade interconectadas, e ainda, possuem a capacidade de armazenar e movimentar quantidades significativas de água através delas, são nomeadas como aquíferos. Nesse contexto, Rebouças et al. (2002) define um aquífero como sendo uma formação geológica abaixo da superfície, que se constitui essencialmente por rochas permeáveis e porosas, cujos espaços vazios nas rochas sendo poros, fraturas e falhas estão preenchidos por água ou outro fluido que possibilita a transmissão. Portanto, é indispensável para o estudo hidrogeológico o conhecimento das formações geológicas assim como suas propriedades estruturais, petrográficas e hidrodinâmicas onde o aquífero se encontra.

Borghetti et al. (2004) enfatiza que a origem geológica das rochas sendo elas sedimentares, metamórficas ou ígneas, juntamente com suas propriedades em possuir ou não porosidade/permeabilidade fissural ou intergranular, determinaram a capacidade de armazenamento e transmissividade dos fluidos nas rochas, resultando em diferentes tipos de aquíferos.

Assim os aquíferos podem ser classificados baseando-se nas características hidráulicas e na porosidade da rocha que armazena a água, resultado decorrente da pressão que o sistema está sendo submetido em subsuperfície (IRATANI e EZAKI, 2008).

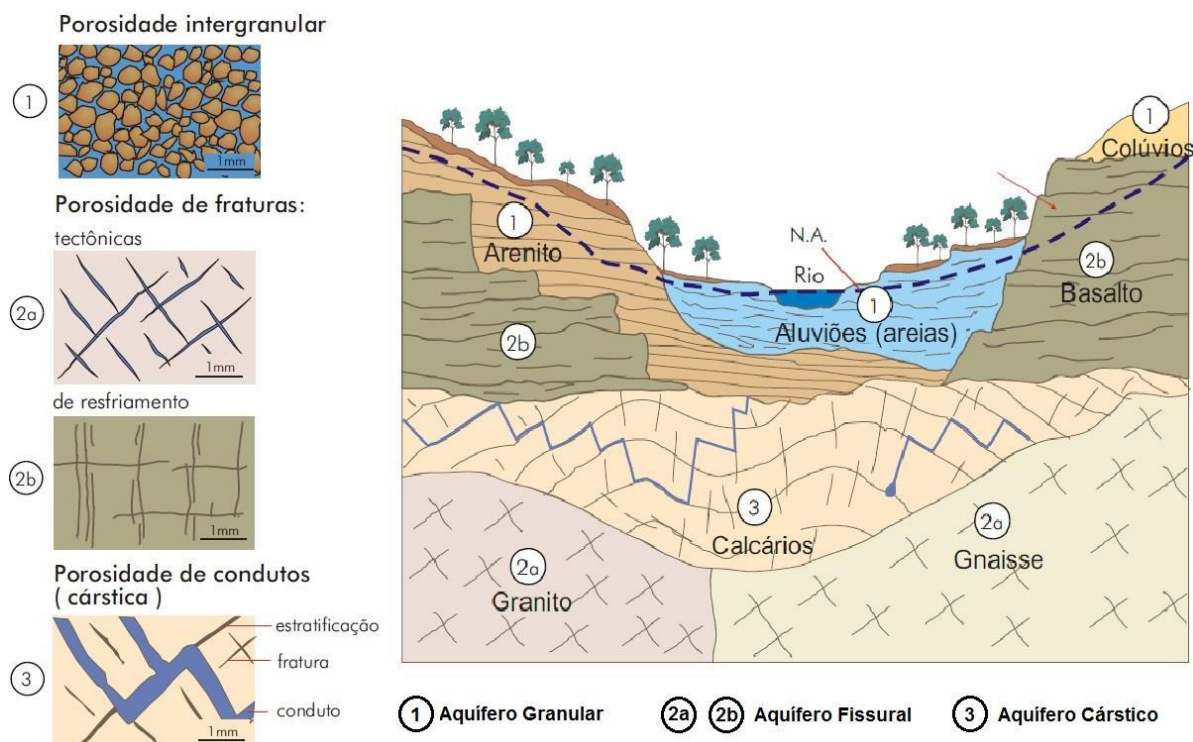
Segundo Feitosa e Manoel Filho (2008) de acordo com a Figura 6, os aquíferos podem ser classificados em três tipos diferentes através da sua porosidade.

**Porosos ou granulares:** ocorre de modo geral em aquíferos constituídos de rochas sedimentares ou sedimentos inconsolidados. Nesse contexto, a água circula através dos poros ou espaços vazios intergranulares em diferentes tipos de materiais constituintes desse tipo de rocha como: areia, silte e argila. São frequentemente encontrados em bacias sedimentares ou em ambientes com solos arenosos, por exemplo, Sistema Aquífero Rio Bonito/Palermo. Em virtude do comportamento isotrópico desse tipo de aquífero, o fluxo de água subterrânea ocorre em todas as direções devido a uma distribuição homogênea dos grãos e sedimentos que constituem a rocha.

**Faturados ou fissurais:** comumente associados a rochas sedimentares silicificadas, ígneas e metamórficas. Nessas rochas a água circula através de porosidade secundária, ou seja, descontinuidades intercomunicadas da rocha associada a fraturas, falhas e diaclases, proveniente da tectônica local da bacia. Temos como exemplo, o Sistema Aquífero do Embasamento Cristalino II existente na bacia vulcano-sedimentar do Camaquã. Diferente dos aquíferos porosos, o fluxo de água nessas rochas tem um comportamento anisotrópico, tomando assim uma direção preferencial para transmissão do fluido entre as camadas.

**Cársticos:** aquíferos que se formam a partir de calcário e dolomitos, sendo a dissolução a principal condicionante para a circulação da água. Através da porosidade secundária de tubos, condutos chegando até a grandes cavidades (cavernas) nas descontinuidades, o fluido é capaz de se movimentar por essa conexão de espaços vazios.

Figura 6 - Tipos de Aquíferos e suas respectivas porosidades.



Fonte: adaptado de Francisco (2013).

Os aquíferos podem ser classificados segundo a Figura 7, com relação a pressão que a água está sendo submetida em subsuperfície (FEITOSA e MANOEL FILHO, 2000; MIGLIORINI *et al.*, 2007):

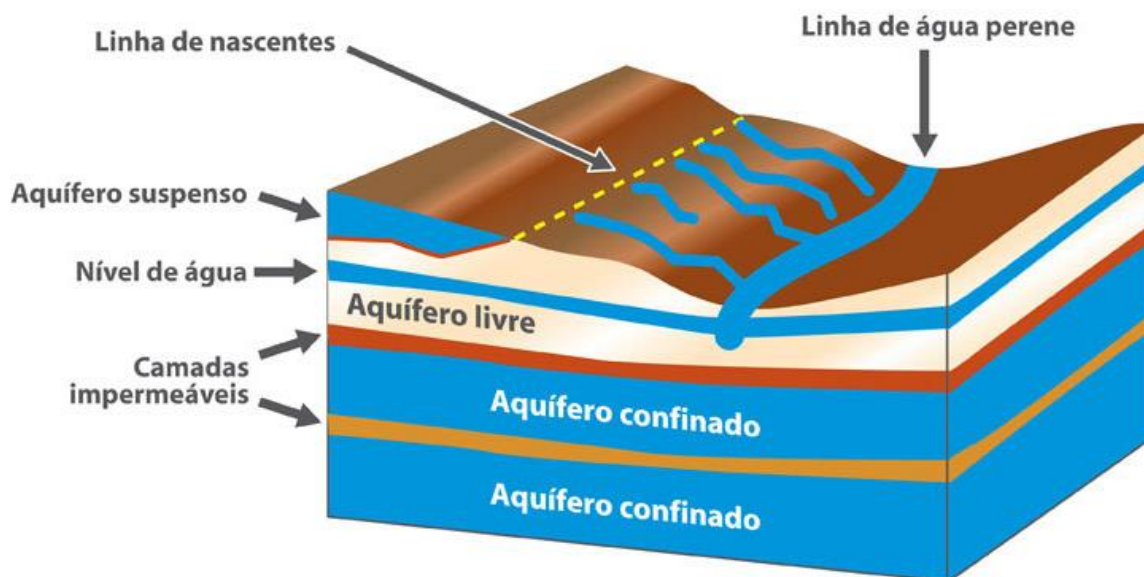
Aquíferos livres, freático ou não confinados se encontram em formações geológicas permeáveis, onde, o nível da água equivale a superfície superior da zona saturada, estando sobre ação da pressão atmosférica e sobre a força da gravidade. Sendo assim a água que se infiltra no solo percola por toda zona não saturada, recarregando o aquífero. Segundo Todd (1959) podemos subdividir os aquíferos livres em drenante ou não drenante, nas quais estão associadas diretamente ao grau de permeabilidade do limite das camadas.

Os aquíferos confinados ou artesianos, estão separados da superfície por estratos sobrejacentes impermeáveis, devido a uma pressão maior que a atmosférica em que a água que se encontra. Esse tipo de aquífero, sofre recarga direta dos aquíferos livres quando a um excesso na precipitação procedente das chuvas. Assim como os aquíferos livres, temos a subdivisão entre tipos drenantes e não drenantes.

Como um caso especial de aquíferos livres, temos um tipo diversificado denominado aquífero suspenso. Nesse caso, uma camada relativamente

impermeável represa pequenos volumes de água subterrânea entre o nível do terreno e a superfície freática.

Figura 7 - Tipos de aquíferos com relação a pressão da água.



Fonte: Departamento de Água e Esgoto de Bauru, São Paulo (2014).

### 5.3 Hidrometria

A Hidrometria é uma ciência na qual tem por objetivo, a aplicação de métodos para obtenção das características físicas e químicas da água, através de instrumentos e técnicas específicas de medição e análise dos dados (GRINSON, 2008, p.4). Considerada uma ferramenta fundamental da hidráulica na análise da variação do nível da água, medidas de profundidades em canais e rios, das pressões, assim como cálculo das velocidades das vazões ou descargas (AZEVEDO NETTO e RICHTER, 2003).

A partir da hidrometria, Santos (2001) descreve a fluviometria como uma ramificação que trata especificamente de assuntos referente a medição de vazões em rios e canais. Com isso temos diversos equipamentos que possibilitam a medição do fluxo de água ao longo do leito de um rio, sendo eles fixos (estações fluviométricas), capaz de obter medições diárias dos níveis de água através de linígrafos, ou moveis como o micro molinete hidrométrico, que são pequenas hélices que giram

impulsionados pela passagem da água, obtendo assim valores de velocidade para medição da vazão.

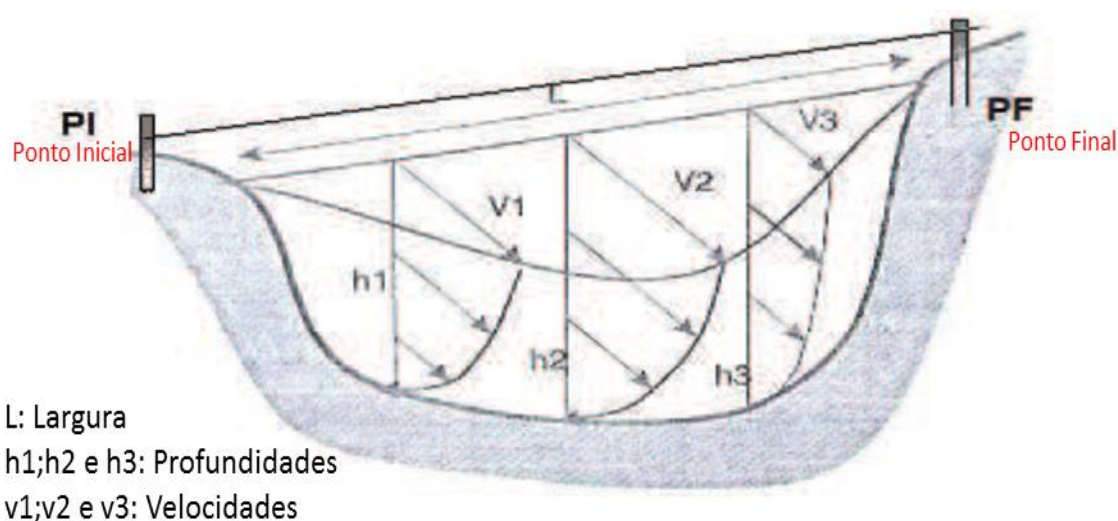
### 5.3.1 Métodos Para Medição do Vazão

Descrevemos a vazão de um rio ou canal com um processo que calcula o volume que passa por meio de uma seção transversal um determinado tempo, geralmente na unidade de segundos. Através disso para medir a descarga líquida em uma seção através de um curso d'água, devemos considerar todo processo empírico que visa determinar a vazão, assim como uma série de medidas de ordem geométricas e de velocidades em pontos geograficamente conhecidos (ANA 2006).

Para Back (2006) é necessário que sejam descritas medidas realizadas em uma seção conhecida do curso d'água no qual, se materializa uma linha reta com dois pontos ligando cada margem do rio denominados ponto inicial (PI) e ponto final (PF), representando as distâncias verticais de medidas em uma superfície livre.

Para determinação da vazão, obtemos a medição das profundidades das verticais (Figura 8), ou seja, diversos pontos ao longo do leito do rio. E em cada vertical é medida a velocidade do escoamento em uma ou mais profundidades, dependendo da distância da lamina d'água com o fundo do rio.

Figura 8 - Perfil do escoamento em rios e canais.



Fonte: adaptado Back (2006).

Segundo o manual de normas técnicas da ANA (2009, p. 28), “quanto maior e mais precisa for a medição da descarga líquida, melhor será o procedimento na tomada de decisão na área de saneamento ambiental e de recursos hídricos”.

Considerando uma diversidade de métodos que podem ser empregados para medição de vazões, cada qual com limitações e indicações conforme o local de trabalho, da precisão desejada, da estrutura e das vazões a serem medidas, destacamos a medição da velocidade com molinetes e com flutuadores na qual foi implementada no trabalho. Nos métodos dos flutuadores e dos molinetes, a determinação da vazão é feita através da equação da continuidade (eq. 01).

$$Q = a \cdot v \quad \text{eq.[01]}$$

onde:  $Q$  = vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$a$  = área da seção transversal ( $\text{m}^2$ );

$v$  = velocidade média de escoamento do fluido ( $\text{m/s}$ ).

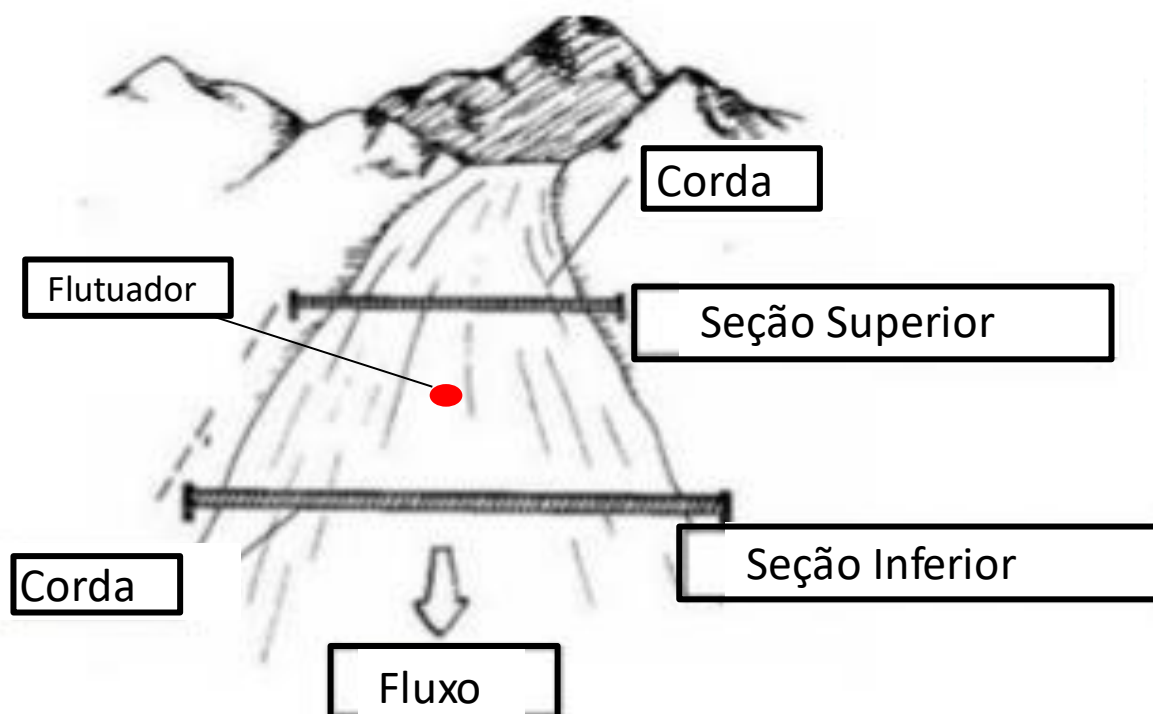
### 5.3.2 Método por Flutuadores

Coelho (2012) ressalta que a utilização do método por flutuadores, na qual tem por finalidade determinar a velocidade de deslocamento de um objeto flutuante ao longo do trecho conhecido de um rio, medindo o tempo necessário para que o mesmo percorra todo o percurso, é amplamente utilizado pela facilidade e na ausência de equipamentos modernos de elevado valor econômico (Figura 9).

Sendo assim, o método por flutuadores somente deveria ser empregado quando não há necessidade de precisão das medidas de vazão, utilizado normalmente em rios e cursos d'água maiores, na escala de metros de largura entre as margens (BACK, 2006).

A utilização do método por flutuadores, foi empregado em poucas campanhas de medição da vazão durante o estudo, pois apesar de ser um método indireto e não convencional, em épocas de estiagem tornou-se a única opção para determinar a vazão de drenagens com pouco fluxo de água.

Figura 9 - Percurso para medição da vazão pelo método do flutuador.



Fonte: adaptado EPA (1997).

### 5.3.3 Método pelo Molinete Hidrométrico

O método convencional amplamente utilizado para determinar a vazão em rios, drenagens e cursos d'água artificiais trata-se do método do molinete hidrométrico ou fluviométrico que, consiste em determinar uma área de uma seção em um curso hídrico, assim como a velocidade média do fluxo que passa nessa mesma seção (COELHO, 2012).

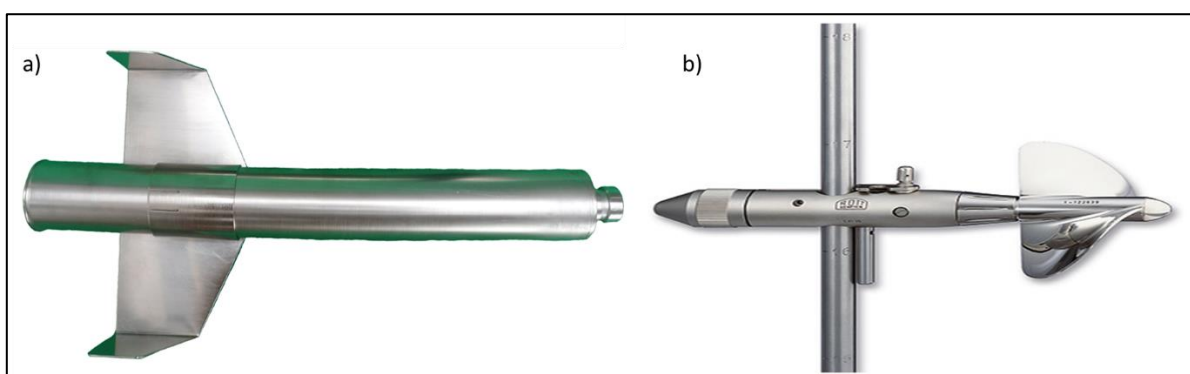
Santos (2001) destaca que o principal fundamento desse aparelho, está associado a medição a velocidade de escoamento de um fluido. De acordo com Figura 10, podemos dividir os molinetes em duas categorias em relação ao formato do equipamento os de eixo vertical (concha), e os de eixo horizontal (hélices), no qual o último, é o mais utilizado no Brasil (BACK *et al.*, 2006).

A sistemática de funcionamento do equipamento é simples onde, possui uma hélice acoplada a um eixo que gira no sentido contrário ao fluxo da água, enviando sinais elétricos através do eixo, para um contador eletrônico de rotações. Esses contadores que podem ser de natureza sonora, luminosos, mecânico totalizador ou



sinal eletrônico totalizador, emitem um sinal para contagem do número de rotações (BACK, 2006). Marca-se o tempo entre alguns sinais e determina-se o número de rotações por segundo ( $n$ ). Os equipamentos possuem curvas de calibração expressa pela equação  $V = a \cdot n + b$  (onde  $a$  e  $b$  são características próprias do aparelho), que nos fornece a velocidade  $V$  a partir da frequência  $n$  da hélice.

Figura 10 - Dois modelos de molinetes hidrométricos, a) eixo horizontal (concha) e b) eixo vertical (hélice) acoplado a haste.



Fonte: modificado de Medir, 2011.

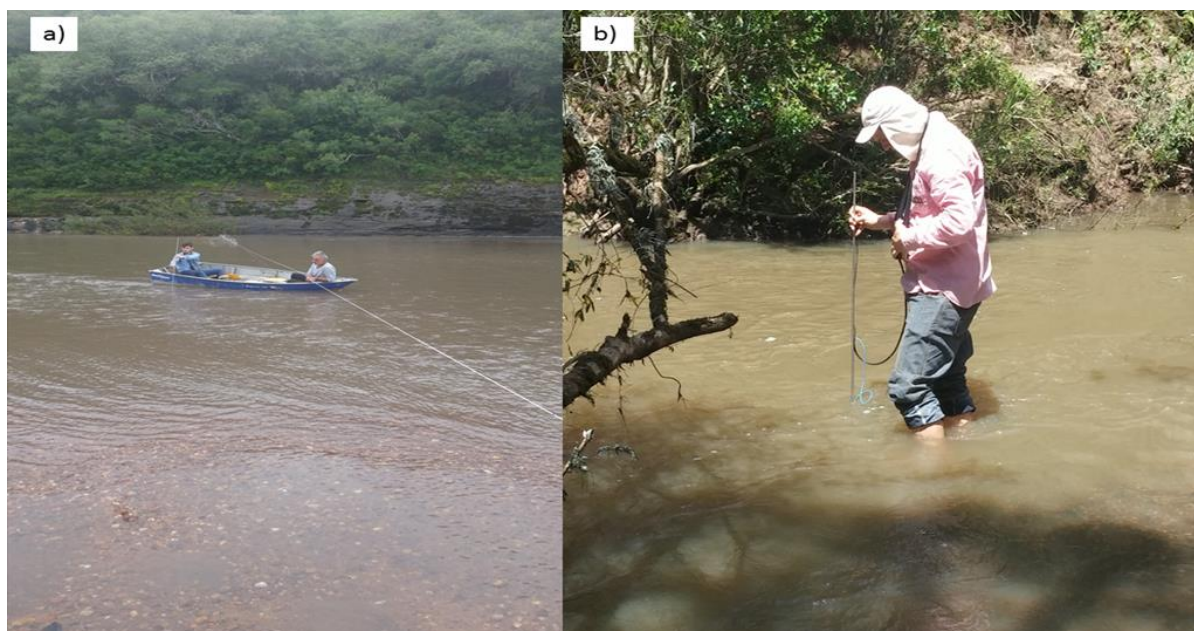
Na Figura 11 são realizadas duas medições da descarga líquida, uma através do método de medição a vau e outra com barco fixo, indicados principalmente para rios e canais pequenos, no máximo 50 metros largura, assim como profundidades inferiores a 4 metros.

O método da medição a vau é indicado para medição da descarga de fluidos em drenagem e canais de pequena largura, aproximadamente 10 metros de largura e com profundidades inferiores a 1,20 metros. Para realização do método, é necessário primeiramente determinar o tempo para cada medição (geralmente adotam-se valores na faixa de 40 a 60 segundos), em seguida, esticar uma trena ou uma corda graduada entre as duas margens da drenagem (PI e PF). Com isso prende-se o molinete em uma haste metálica graduada, na qual é possível obter a profundidade. O hidrometista deve atentar-se para obter as medidas de velocidade da água no centro do rio, onde o fluxo é maior. Com toda a estrutura montada, é realizada a medição no curso d'água segurando o molinete preso a haste e a cada rotação da hélice, o contador de giros armazena as informações. Por fim todos os dados são repassados para o auxiliar que se encontra na margem do rio, no qual faz as anotações e cálculos para obter-se a vazão.



Já no método da medição com barco fixo, as larguras podem chegar a 50 metros e profundidade inferior a 4 metros, utilizando um barco para medição da velocidade, preso nas margens do rio através de cabos ou cordas. Com uma mecânica de funcionamento simples, posiciona-se o barco no centro do rio para realizar a medição igual o exemplo anterior, com a hélice presa a uma haste metálica de grande comprimento, ligada a um contador de giros no qual armazena todos os pulsos da hélice em um determinado tempo. Com os dados de velocidade e diâmetro da secção, estima-se a vazão do curso d'água.

Figura 11 - Medição da descarga líquida, a) método com barco fixo e b) método a vau.



Fonte: o autor.

Para determinar a área da seção onde será feita a medição, Melchior (2009) descreve que seja realizado a batimetria do fundo do rio, ou seja, medição da abscissa da profundidade do rio em um número representativo de pontos ao longo da seção. Esses pontos definidos ao longo da seção determinam as verticais que ligam o fundo do rio até a superfície da água. Assim pode-se realizar a medição da velocidade do rio com o molinete hidrométrico em determinados pontos, variando em função da profundidade.

Apesar da evolução tecnológica e do avanço nos equipamentos de medição da descarga líquida, o molinete que utiliza a integração da velocidade média da seção

ainda é o mais utilizado na hidrometria, embora recentemente o método acústico venha ganhando mercado e frequência na utilização de trabalhos do gênero.

#### 5.4 Parâmetros da Qualidade da Água

Com intuito de definir e caracterizar a qualidade da água, técnicas de amostragem vem sendo amplamente aplicada em estudos ambientais, através da análise de parâmetros que representam características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros nos fornecem valores quantitativos no qual, representam indicadores referente a qualidade da água e, contudo, de impurezas quando alcançam valores superiores ao estabelecido por órgãos gestores de recursos hídricos e ambientais para determinado uso (COELHO 2011).

Os principais parâmetros físico-químicos, indicadores da qualidade da água utilizados no presente trabalho foram:

- pH (Potencial Hidrogeniônico): indicador indispensável do índice que caracteriza o grau de acidez ou alcalinidade de um determinado ambiente, o pH exerce influência em diversos equilíbrios químicos em processos naturais, como fisiologia de diversas espécies de animais e vegetais (AYERS e WESTCOT, 1994). Zimbres (2007) define este parâmetro com indicativo da concentração de íons  $H^+$  que se mede na água, e ainda, destaca que na água pura, o  $H^+$  e  $OH^-$  estão equilibrados e seu pH é 7, por isso ela é neutra.
- Eh ou ORP (Potencial de Oxidação/Redução): é um processo químico que envolve perda e ganho de elétrons de uma substância e, determina a característica do ambiente com muito oxigênio (reduzidor/oxidante), controlando inúmeros processos químicos que ocorrem na natureza. Como resultado, temos reação chamada oxirredução ou redox, na qual, uma substância cede alguns de seus elétrons e se oxida, enquanto outra, oxidante, retém essas partículas e sofre assim um processo de redução (LOGAR, 1995).

- **Temperatura:** Exerce maior influência nas atividades biológicas e no crescimento de organismos que nela habitam. Levando em consideração que essas espécies podem ser de peixes, insetos, zooplâncton e fitoplâncton, cada uma delas se desenvolve em uma faixa de temperatura preferida. Se essa faixa for ultrapassada (para menos ou para mais), o número de indivíduos das espécies diminui e podem até se extinguir. A temperatura também influi principalmente na química da água, uma vez que, as águas frias contêm mais oxigênio dissolvido do que a água quente. Por outro lado, alguns compostos são mais tóxicos para a vida aquática nas temperaturas mais elevadas. Sendo assim, todos os corpos d'água apresentam variações na temperatura ao longo do dia e do ano, porém o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar impactos ambientais significativos (GIRÃO, 2008).
- **Condutividade elétrica (CE):** Segundo Santos (2001), todos os sais dissolvidos e ionizados na água são capazes de transformá-la em um eletrólito que conduz corrente elétrica. Com isso torna-se possível estimar o teor de sais pela medida de condutividade na água, através de uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica. A medição é realizada pelo condutivímetro e a unidade de operação é o MHO (inverso de OHM, a unidade de resistência). Como a condutividade aumenta muito com a temperatura, utiliza-se como padrão 25°C, sendo necessário fazer correções no equipamento quando as temperaturas oscilarem muito. Porto (1991, p.37) salienta que no regime do Sistema Internacional de Unidades (SIU), considera-se microsiemens ( $\mu\text{S}$ ) /centímetro (cm). Para a qualidade da água, níveis acima de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes com impactos significativos.
- **Sólidos Totais Dissolvidos (STD):** De acordo com Santos (1997), é o resultado da soma de teores de todos os constituintes minerais que estão presentes na água. Padrões de potabilidade com viés de consumo, estimam que valor máximo permitido é 1000 mg/L (OMS, 2004).

## **5.5 Contaminação de Aquíferos**

### **5.5.1 Vulnerabilidade a Contaminação Natural**

Define-se vulnerabilidade natural a contaminação de um aquífero, como o maior ou menor grau de disponibilidade que esse aquífero apresenta de sofrer uma contaminação (FEITOSA e MANOEL FILHO, 2000). Assim como a capacidade de um poluente de infiltrar-se nas camadas superiores até atingir o mesmo (PERALTA *et al.*, 2005).

A contaminação está diretamente ligada as propriedades físicas e hidráulicas das rochas e do aquífero como, transmissividade porosidade, permeabilidade e condutividade elétrica (BACARO, 2015). Sendo assim, para determinação da vulnerabilidade dos aquíferos a contaminação, existem diversos métodos que, de forma quantitativa e qualitativa, demonstram graus de fragilidade das águas subterrâneas como: DRASTIC, GOD, AVI, SINTACS, GALDIT, IS, EPIK, dentre outros. Com isso, a método GOD proposto por Foster e Hirata (1998) foi aplicado para as coletas de dados, com sua metodologia descrita no presente trabalho, devido a sua simples aplicação fornecendo bons resultados e interpretações.

### **5.5.2 Potencial Risco a Contaminação**

Outro fator muito importante está associado ao risco potencial de contaminação das águas subterrâneas, no qual, depende da carga contaminante lançada no solo como atividade antrópica, levando em consideração sua classe, disposição no terreno, intensidade e duração, assim como, a vulnerabilidade natural do aquífero de ser afetado por esta carga contaminante, dependente das unidades litológicas e características hidrogeológicas. (BASTOS *et al.*, 1990). Devemos ainda nos atentar com o cuidado e a manutenção dos poços tubulares, que podem ser fontes pontuais de contaminação da água subterrânea. Servindo como principal fonte para abastecimento público, a superexploração dessas águas através da perfuração excessiva de poços, pode causar uma diminuição do nível da água no lençol freático (IRATINI e EZAKI, 2008 apud BACARO, 2015).

Segundo a Lei 11.520/00 do Código Estadual do Meio Ambiente de 03/08/2000, estabelecida pela assembleia legislativa do Rio Grande do Sul, define-se fonte de

poluição como “toda e qualquer atividade, instalação, processo, operação ou dispositivo, móvel ou não, que independentemente de seu campo de aplicação induzam, produzam e gerem ou possam produzir e gerar a poluição do meio ambiente”. Sendo assim a contaminação dos recursos hídricos se encaixa em um contexto de poluição específico, levando em consideração a presença de substâncias ou patógenos que sejam nocivos à saúde humana. Contudo tais substâncias não alteram as relações ecológicas existentes nos corpos d’água no decorrer do tempo (BRAGA *et al.*, 2002).

### **5.5.2 Mineração Como Fonte de Contaminação**

Processos geoquímicos e o intenso intemperismo de materiais com origem de atividades antrópicas, geram acúmulo de metais em quantidades baixas nos corpos d’água. Dentre as fontes causadoras dessa contaminação, podemos citar o descarte irregular de efluentes industriais e domésticos, assim como a carga difusa urbana e agrícola (GRASSI e DE CAMPOS, 2012).

Segundo Grassi (2013), a mineração também atua como fator poluente atenuante quando tratamos de metais em sistemas aquáticos. A liberação desses poluentes para o lençol freático ou para as drenagens, ocorre principalmente por lixiviação de rejeitos estocados em áreas abertas, rompimento de barragens e efeitos de erosivos. Uma vez que ocorra o transporte de metais nos corpos d’água, esse torna-se contaminado, assim como todo o meio ambiente ao seu redor no qual necessita de água para se manter vivo. Como exemplo dessa distribuição, Nunes (2007) encontrou focos de contaminação a distâncias de aproximadamente 2,5 Km da mina de Coval da Mó, Portugal com altas concentrações de Chumbo e Zinco em análise de sedimentos de corrente.

A operação de sondagem em uma campanha de exploração mineral, também auxilia na lixiviação de metais traços para o lençol freático, no qual subsequentemente, abastece os aquíferos ocasionando, por vezes, altas concentrações desses elementos nas águas. Devemos lembrar que a presença de metais traços em águas superficiais e subterrâneas não indicam a contaminação das águas, uma vez que, temos legislações e controles ambientais como esse presente trabalho, que tenta elucidar o avanço da fiscalização ambiental nos projetos mineiros.

## 6 CONTEXTO GEOLÓGICO

Segundo Carvalho (1932) a denominação Escudo Sul-rio-grandense (ESrg), é oriunda da mais antiga de quatro províncias geológicas e geomorfológicas que compõe o estado do Rio Grande do Sul, juntamente com: Planície costeira, Planalto Meridional e a Depressão Central (Figura 12).

O ESrg possui aproximadamente 65.000 Km<sup>2</sup> de extensão, e está localizado na porção centro-sul do Rio Grande do Sul. Esta província geológica é formada primariamente por rochas do embasamento cristalino Neoarqueanas e secundariamente por um complexo evolução Vulcano-sedimentar com idades Ordovicianas (CHEMALE Jr, 2000).

De acordo com Almeida et al, (1977), grande parte do ESrg encontra-se no seguimento meridional da Província da Mantiqueira (PM), uma complexa província estrutural orogênica, originada durante o Ciclo Brasileiro/Panafricano na América do Sul, durante todo neoproterozóico até o início do proterozóico (900 – 500 Ma). Sua formação ocorreu durante o fechamento do supercontinente Gondwana.

Hartmann et al, (2007) compartimenta o ESrg em quatro unidades geotectônicas: Batólito Pelotas, Terreno São Gabriel, Terreno Taquarembó (representa o Cráton Rio de La Plata no Brasil) e o Terreno Tijuca (Figura 12). Os dois últimos denominados anteriormente Bloco São Gabriel (JOST; HARTMANN, 1984).

O Batólito Pelotas, foi classificado segundo Philipp et al, (2007) como um complexo de rochas granítico-gnáissico e sete suítes, sendo uma sienítica e seis graníticas, com idades entre 650 e 550 Ma. O magmatismo granítico do Batólito Pelotas, se deve a fontes mistas e de composição crustal com aporte paleoproterozóico, e pequena participação de material juvenil (contribuição neoproterozóico) (PHILIPP e MACHADO, 2005).

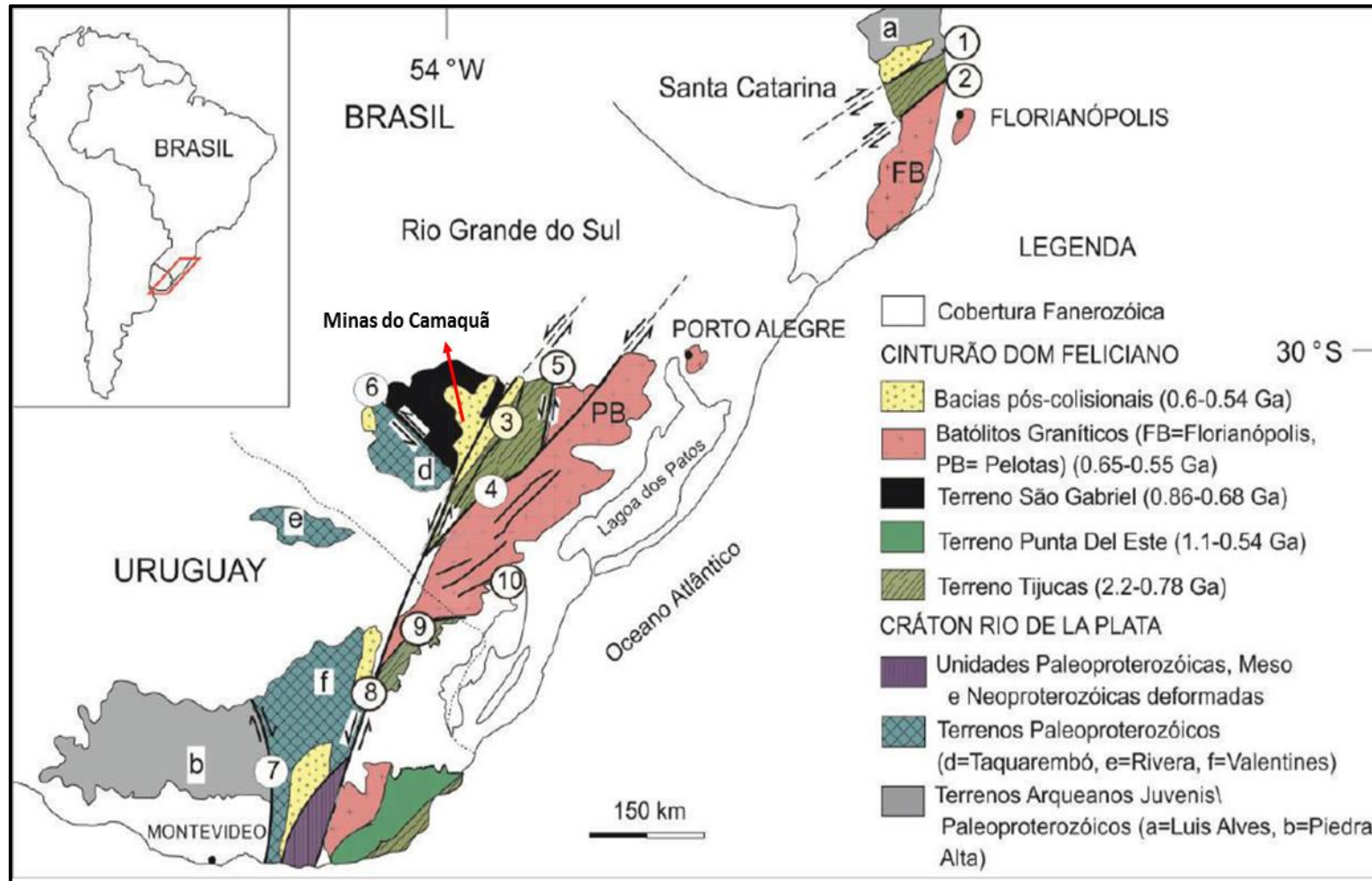
O Terreno São Gabriel é composto por duas províncias petrotectônicas: a Associação Plutono Vulcano-Sedimentar Seival (APVSS), composta por rochas siliciclásticas, vulcânicas básicas a ácidas, com intrusões graníticas sin- e tardi-orogênicas em relação ao Evento Brasileiro (610-470 Ma) (CHEMALE Jr, 2000). E o Terreno Metamórfico de Acreção da Palma (TMAP), dividido no Complexo Cambai (CC) composto por gnaisses de composição tonalítica, diorítica, granodiorítica, monzogranítica e thondhemítica, com intercalações de metapelitos metamorfizados,

anfíbolitos e mármore. E o Supercomplexo Vacacaí (SV) constituído de rochas vulcano-sedimentares metamorizadas e deformadas em fácies anfíbolito a xisto-verde, com presença de corpos estratiformes básicos e ultrabásicos (CHEMALE Jr, 2000).

Segundo Nardi e Hartmann, (1979), o Terreno Taquarembó esta constituído pelo Complexo Granulítico Santa Maria Chico de idade 2,02 Ga (datação U-Pb SHRIMP de zircões) composto por corpos de metaultramaficos (espinélio lherzolito), gnaisses félsicos (tonalitos e trondhjemíticos), granada-silimanita, quartzo-magnetita tipo BIFs e por rochas metamorizadas supracrustais de fácies granulito, com fácies anfíbolito e xisto verde oriundas de retrometamorfismo. As rochas paleoproterozóicas do Terreno Taquarembó foram retrabalhadas durante Ciclo Brasileiro, cortados por intrusões graníticas de composição monzonítica a granodiorítica (HARTMANN; NARDI, 1982), e cobertas pela sequência vulcano-sedimentar de rochas da Bacia do Camaquã e pelas sedimentares da Bacia do Paraná.

O Terreno Tijucas está representado por rochas anfíbolíticas e granito-gnáissicas do Complexo Encantadas (2,2 – 2,0 Ga, idade U-Pb SHRIMP), pelas rochas supracrustais e plutônicas do Complexo Metamórfico Porongos (800 – 700 Ma), pela cobertura sedimentar siliciclásticas da sub-bacia Piquiri/Boici e Guaritas, deformadas em ambiente dúctil-rúptil (620 – 540 Ma) e os granitoides do Evento Brasileiro (593 – 543 Ma) (CHEMALE Jr, 2000).

Figura 12 - Mapa Geotectônico do ESrg e as Zonas de Cisalhamento: 1 – Itajaí-Perimbó, 2 – Major Gercino, 3 – Santana da Boa Vista, 4 – Dorsal de Canguçu, 5 – Passo do Marinheiro, 6 – Ibaré, 7 – Sarandi Del Yi, 8 – Sierra Ballena, 9 – Cerro Amaro, 10–Arroio Grande.



Fonte: extraído e adaptado de Lopes (2014).



Sobre os blocos tectônicos do Escudo Sul-rio-grandense, estão depositadas as rochas pertencentes a Bacia do Camaquã, que de forma predominante, estão situadas na área de estudo desse projeto. Considerada por muitos autores uma bacia vulcano-sedimentar com gênese vinculada aos momentos mais tardios da orogenia Brasileira, servindo como “suporte tectônico” para as cadeias montanhosas originárias da colisão dos crátons Rio de La Plata e Kalahary no Neoproterozóico.

O Supergrupo Camaquã (Fragoso-Cesar *et al*, 2003; Janikian *et al*, 2003) esta constituído por uma sequência de rochas vulcanogênicas e siliciclásticas que afloram em três sub-bacias com estruturas preferenciais alongadas no sentido NNE-SSW, sendo elas: Sub-Bacia Camaquã Oriental, Camaquã Central e Camaquã Ocidental. A Bacia conta com uma evolução tectônica inicial em torno de 600 Ma (Neoproterozóico) se encerrando em 470 Ma (Ordoviciano).

Litoestratificamente, temos a presença das seguintes unidades dentro da Bacia do Camaquã da base para o topo (Figura 13):

Grupo Maricá: constituído de arenitos e lentes conglomeráticas formados em planícies aluviais da Formação Passo da Promessa; seguido por arenitos e ritimitos plataformais rasos, associados a turbiditos areno-pelíticos costa afora (*offshore*) da Formação São Rafael; e arenitos e lentes conglomeráticas de um sistema de planícies fluviais com canais entrelaçados da Formação Arroio América (PELOSI e FRAGOSO-CÉSAR, 2003).

Grupo Bom Jardim: uma unidade vulcano-sedimentar gerada em ambientes continentais lacustres e fluviais. Composto por uma sucessão de rochas extrusivas latíticas e sedimentares, andesíticas e dacíticas, brechas e lapilli-tufos, além de tufos grossos ricos em cristal e vítreos. Aflorando nas sub-bacias Camaquã Central (região do Bom Jardim) e Ocidental (região de Lavras do Sul) (JANIKIAN *et al.*, 2005).

Formação Acampamento Velho: em discordância erosiva sobreposta ao Grupo Bom Jardim, esta formação está constituída de sucessões extrusivas riolíticas a basálticas, e pela presença de rochas piroclásticas geradas em ambientes subaéreos, assim como tufos, brechas e lapilli-tufos. Esta unidade esta exposta nas regiões dos cerros do Perau e do Bugio, assim como nos platôs da Ramada e Taquarembó, na sub-bacia Camaquã Ocidental (JANIKIAN *et al.*, 2005).

Grupo Santa Bárbara: sucessão de rochas sedimentares geradas em ambiente aluvial a marinho, seguido pela deposição de rochas siliciclásticas fluviais, costeiras e deltaicas. De acordo com Fambrini (2003), o Grupo Santa Bárbara está dividido nas

seguintes unidades, a partir da base: Formação Estância da Fé, Passo da Capela, Seival, Rincão dos Mouras e João Dias.

A Formação Estância da Fé, é constituída por conglomerados e arenitos gerados em sistemas de leques aluviais proximais e medianos que gradam para arenitos grossos e mal selecionados de sistemas aluviais entrelaçados associados aos leques (ALMEIDA, 2001).

Em seguida temos a Formação Passo da Capela, composta por ritimitos formados por arenitos médios a muito finos além de siltitos, sucedidos por conglomerados e arenitos que compreendem a depósitos turbidíticos (FAMBRINI, 2005).

Seguidamente encontra-se a Formação Seival, que aflora nas Sub-Bacias Camaquã Central e Ocidental, esta composta de arenitos médios a muito finos, com contribuições subordinadas de arenitos grossos com intercalações de poucos centímetros de siltitos. Essa formação representa três depósitos sedimentares distintos, sendo eles: planície de maré; tempestitos de costa-afora; baía estuarina e planície de maré (FAMBRINI, 2005).

Posteriormente, temos a Formação Rincão dos Mouras, compreendendo em sistemas de leques aluviais e fluviais entrelaçados, e aflora somente na Sub-Bacia Camaquã Ocidental. Composta essencialmente por conglomerados e arenitos conglomeráticos, comum em todas as sub-bacias da Bacia do Camaquã onde ocorre o Grupo Santa Bárbara (BORBA e MIZUSAKI, 2003).

Por fim a Formação João Dias com depósitos marinhos, que recobre toda a Formação Rincão dos Mouras. Restrita e aflorando somente na Sub-Bacia Camaquã, a Formação João Dias se caracteriza pelo amplo domínio de arenitos médios a finos, com a presença de grãos de glauconita (filossilicato hidratado de potássio e ferro), representando evidências de ação de ondas de tempestade, característico de depósitos marinho costeiro de antepraia (*foreshore*) e de face litoranea (*shoreface*) (FAMBRINI, 2005).

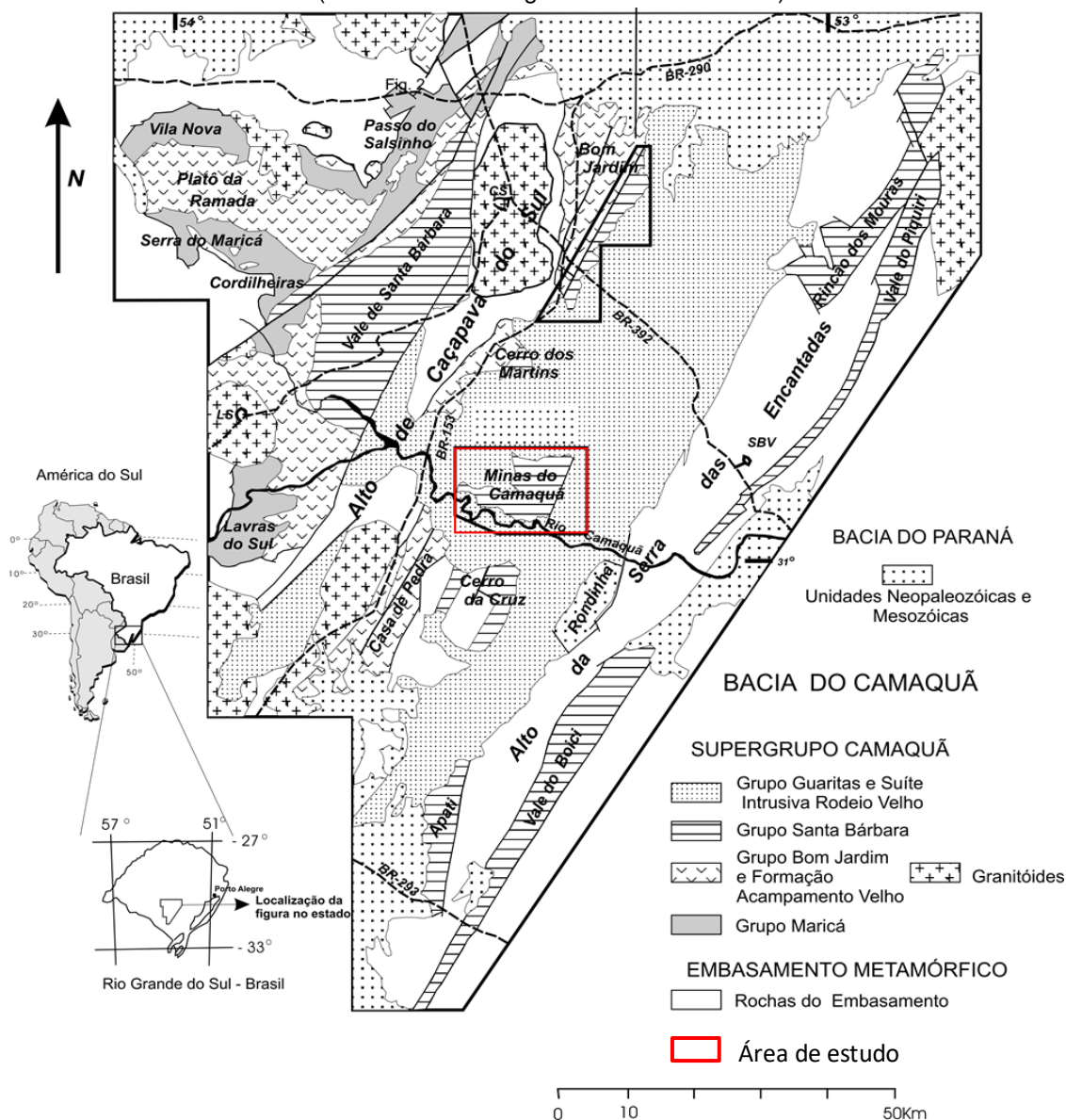
Grupo Guaritas, corresponde ao topo do Supergrupo Camaquã, está constituído de rochas sedimentares de sistemas deposicionais continentais, como: arenitos conglomeráticos, conglomerado, ritimitos areno-pelíticos e arenitos finos a médios com estratificação cruzada ou plano-paralela (SANTOS 2010). Segundo Nóbrega (2011), os arenitos apresentam intensa cimentação carbonática e

correspondem principalmente a arcóseos e subarcóseos e, subordinadamente, arenitos líticos.

Segundo Fragoso-César (2017), o Grupo Guaritas está estruturado em cinco formações, da base para o topo: Formação Guarda Velha, constituída de arenitos, conglomerados e arenitos conglomeráticos de origem fluvial; a Formação Pedra das Torrinhas, com arenitos psamo-pelitíticos e conglomerados atribuídos a fácies de leques aluviais; Formação Varzinha, com a presença de arenitos finos com estratificação cruzada interpretados com fácies de dunas eólicas; por fim a Formação Serra do Apertado, com arenitos finos a grossos e conglomerados de origem fluvial.

A presença de rochas ígneas, como diques introduzidos nas unidades anteriores, bem como a presença de derrames de basalto alcalinos a sub-alcalinos, andesitos basálticos, traquiandesitos, andesitos e rochas piroclásticas variando de tufos muito finos até lapilitos, compõem a Suíte Intrusiva Rodeio Velho (ALMEIDA *et al.*, 2001).

Figura 13 - Esboço das unidades geológicas Neoproterozóico e Eopaleozóicas do Rio Grande do Sul, destaque para as unidades do Supergrupo Camaquã. Cidades: CS-Caçapava do Sul; LS-Lavras do Sul; SBV-Santana do Boa Vista (modificada de Fragozo-Cesar et al. 2000).



Fonte: extraído e adaptado de Fambrini (2005).

## 6.1 GEOLOGIA LOCAL

### 6.1.1 Grupo Santa Bárbara

De acordo com o apresentado na Figura 13, na área de estudo do presente projeto encontramos rochas sedimentares siliciclásticas, incluindo arenitos, conglomerados, ritimitos e brechas sedimentares pertencentes ao Grupos Santa Bárbara e, por vezes, uma camada de conglomerados do Grupo Guaritas. Ainda em

menor quantidade, rochas intrusivas rasas ou vulcânicas de composição intermediária. Há a presença de corpos de caráter básico a ultrabásico cortando as unidades litológicas como, diques e soleiras.

A unidade basal do Grupo Santa Barbara, encontrada na região de estudo é a Formação Passo da Capela (FAMBRINI, 2005), que é constituída de ritimitos de coloração bege a roxa, composto por intercalações milimétricas de areia fina a silte, e subordinadamente, arenitos vermelhos e roxos, muito finos, ambos com mergulho entre 25 a 35° NW (Noroeste). Esta unidade foi correlacionada a depósitos turbidíticos.

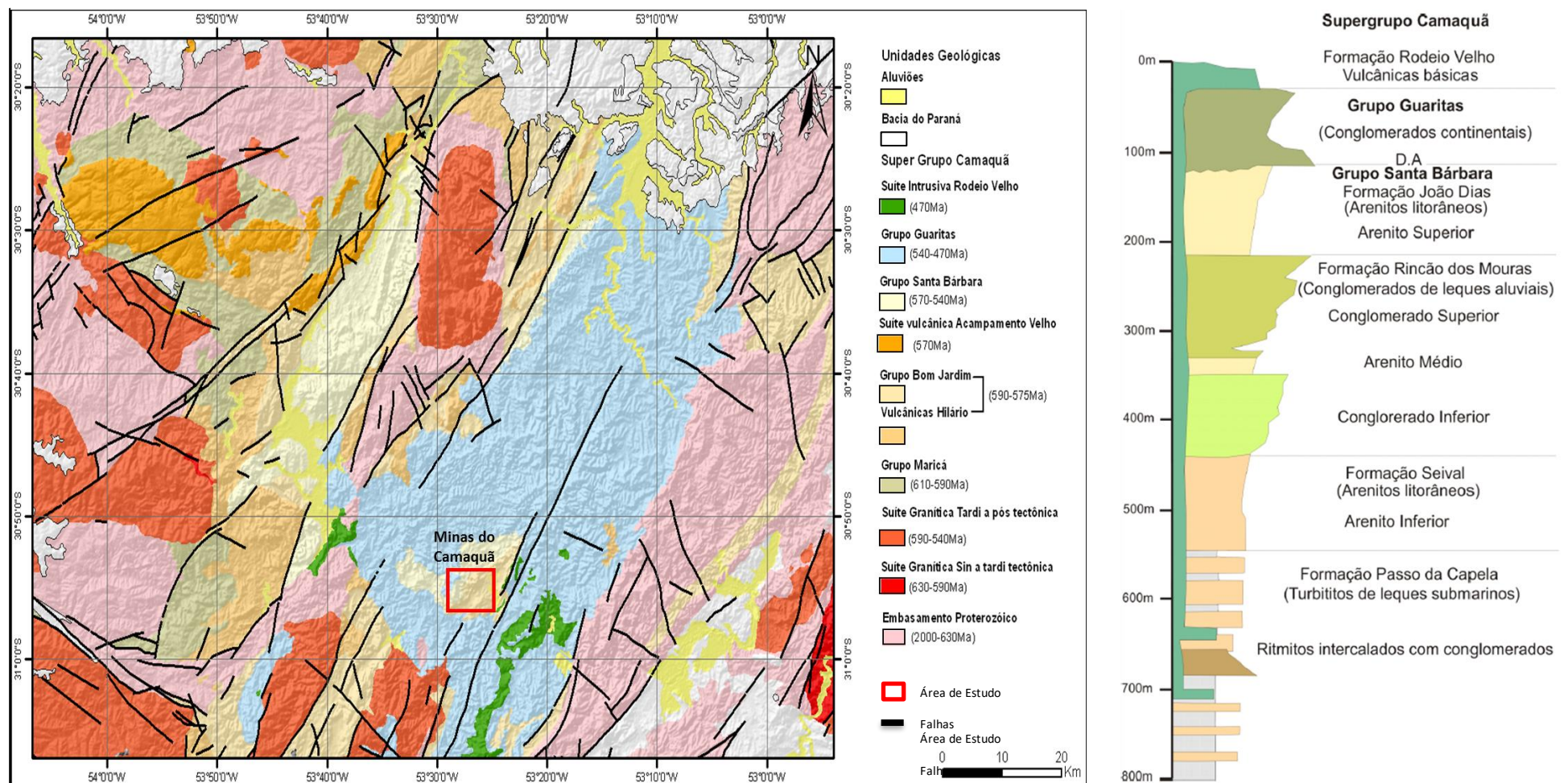
Acima dos ritimitos, encontra-se a Formação Seival (FAMBRINI, 2005), com a presença de arenitos arcóseos médios a finos, avermelhados, feldspáticos, estratificados e bem selecionados, com baixo grau de arredondamento.

Sobreposta a Formação Seival, encontra-se a Formação Rincão dos Mouras, composta por unidades de conglomeráticas. Na base encontra-se o conglomerado polimítico inferior, sustentados por matriz de areia média, feldspática e com clastos subangulosos e arredondados, variando de seixo a blocos (até 15 cm). No conglomerado intermediário ocorre uma gradação para um pacote de arenitos conglomeráticos e arenitos grossos a médios, por vezes finos, bem estratificados e com acamamentos plano-paralelos e estratificação cruzada dos tipos acanalada e tabular.

Por fim encerrando a sequência deposicional da Formação Rincão dos Mouras, temos o conglomerado superior, composto por conglomerados polimíticos, sustentado pelo arcabouço, com clastos de grânulo a matacão, angulosos e arredondados, dispostos em camadas de geometria tabular com metros de espessura, de extensão lateral grande, separados por leitos de arenitos grossos conglomeráticos. A matriz apresenta composição de arenito médio, grosso a muito grosso com grânulos.

A presença de rochas ígneas na área de estudo, está associada a intrusões de diques de diabásio e intrusões de andesitos meláfiro fortemente vesiculados/amigdaloidais. Ocorrem ainda diques e soleiras de rochas intrusivas de básica a ultrabásica muitas vezes de textura porfírica.

Figura 14 - Mapa Geológico regional, com destaque para a região das Minas do Camaquã, onde aflora o Grupo Santa Bárbara. A direita uma representação da estratigrafia das unidades da área de estudo (modificado de Fambrini, 2005).



Fonte: adaptado do Banco de Dados Geológico da CPRM (2010).



## **7 MATERIAIS E MÉTODOS**

Nesta seção serão apresentados os materiais e metodologia adotados para realização deste projeto. Os métodos foram divididos em três etapas para a realização do trabalho proposto: i) Etapa pré-campo - levantamento de dados presentes na bibliografia, análise de dados de sensoriamento remoto, base cartográfica e preparação de mapas; ii) Etapa de campo - serão coletados os dados hidrológicos, hidrogeológicos, hidrométricos e ambientais; iii) Etapa pós-campo - os dados passaram por uma análise, processamento e interpretação afim de identificar bons resultados ao fim do projeto.

### **7.1 Levantamento de Dados Bibliográficos**

A etapa de levantamento bibliográfico, amplamente utilizada na elaboração de projetos, constitui na pesquisa e união de informações sobre o tema do trabalho e a área de estudo. Diversas fontes do conhecimento foram consultadas e utilizadas, tais como: livros, dissertações de mestrado e teses de doutorado, artigos científicos, monografias, publicações em anais de congressos e simpósios, projetos de pesquisa em andamento referente ao tema proposto. Todo esse arcabouço de informações foi necessário para dar o subsídio e o embasamento necessário para o desenvolvimento do trabalho, assim como, para delimitar o tema e propor a caracterização do problema científico.

Além de toda fundamentação teórica científica, foram utilizados bancos de dados, mapas, figuras, fotos e relatórios técnicos internos, concedidos pelas empresas AMANA Geologia e Meio Ambiente, e Votorantim Metais, os quais se referem o alvo de estudo, assim como possibilitaram a execução do projeto.

As compilações de todas as informações podem ser somadas aos dados que serão gerados no decorrer do projeto, podendo contribuir para caracterização hidrológica e ambiental da área de estudo.

### **7.2 Base Cartográfica e Sensoriamento Remoto**

Amplamente utilizada como uma ferramenta de apoio em estudos nas geociências, em análises pré-campo, a utilização de imagens de satélite, fotografias

aéreas, imagens Landsat, mapas geológicos, modelo digital de terreno (MDT), entre outros, vinculado ao levantamento bibliográfico fornece subsídio essencial para uma boa análise de uma determinada área de estudo, visando maximizar a efetividade das campanhas de coleta de dados em campo.

Nesse sentido, este projeto busca o auxílio dessa ferramenta virtual através dos seguintes procedimentos: imagens de satélite *Google Earth* afim de identificar e delimitar todos os aspectos fisiográficos da área de estudo; com o conceito que muitos fluxos de água superficiais estão alojados em feições estruturais (lineamentos e falhas), foi necessário a análise de mapas geológicos e aerogeofísicos, adquiridos no banco de dados da CPRM de 2010, para delimitar tais estruturas; utilização do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), através da ferramenta TOPODATA disponibilizada pelo instituto brasileiro de pesquisas espaciais (INPE), para confecção do modelo digital de terreno, que visara mapear os altos e baixos morfológicos e associar as áreas de descarga e recarga hídrica.

A compilação de todas essas informações citadas acima juntamente com as coletas e análise pós campo, em softwares de plataforma GIS livre para processamento e interpretação de dados, fornecerá subsídio essencial para poder caracterizar hidrologicamente, assim como, identificar a vulnerabilidade a contaminação natural dos aquíferos na área de estudo.

### **7.3 Coleta de Dados em Campo**

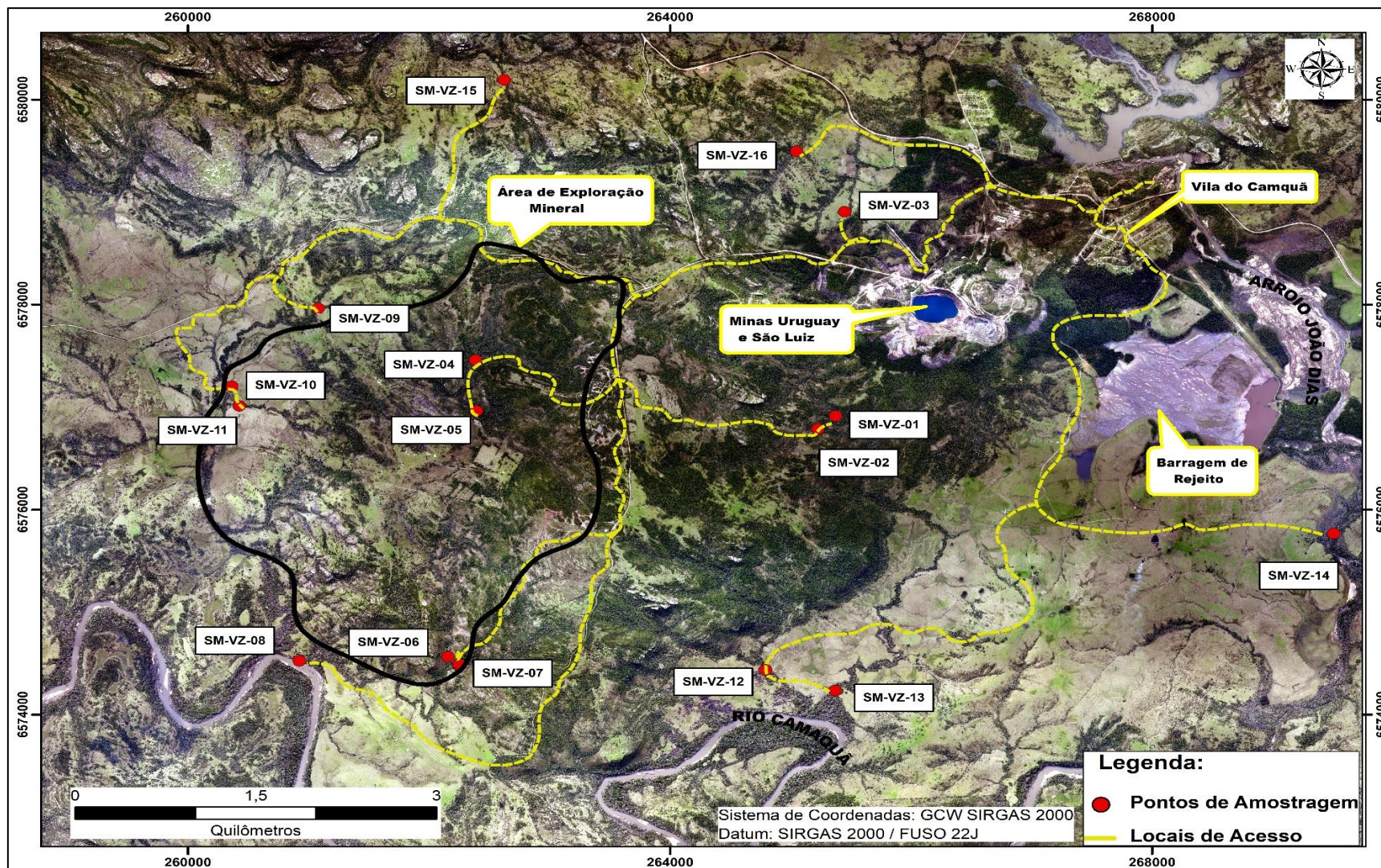
Esta fase constituirá da coleta e análise dos parâmetros físico-químicos e a medição das vazões em dezesseis drenagens (Figura 15), afim de monitorar a qualidade, potabilidade e o fluxo da água superficial em toda área diretamente afetada pela futura mineração no distrito.

As campanhas de coleta dos dados foram divididas em vinte campanhas para coleta dos dados, durante o período de onze meses em intervalos entre as coletas de aproximadamente 14 a 15 dias (estipulados pelo órgão ambiental para o monitoramento).

Para gerar o modelo de vulnerabilidade dos aquíferos, foi selecionada a área de sondagens exploratória, onde treze Indicadores do Nível D'água (INA), forneceram os dados sobre as características geológicas, tipo de ocorrência do aquífero e profundidade do nível freático.



Figura 15 - Imagem de satélite do Google Earth Pro da área de estudo com os pontos amostrados e os acessos aos locais para coleta dos dados.



Fonte: o autor.



### 7.3.1 Obtenção dos Parâmetros Físico-químicos

Para a coleta e amostragem, serão utilizados os equipamentos demonstrados na Figura 16, sendo eles: medidor de pH/ORP/Temperatura Digimed modelo DM-2P, com eletrodo combinado de pH (DME-CV2); medidor de Condutividade/Resistividade/Salinidade/STD Digimed modelo DM-3P, com célula de condutividade (DMC-010M).

O teste tradicional para a determinação do pH/ORP envolve o ajuste dos eletrodos com uma solução padrão, composta por: tampão pH 6,86 de 100 mL (DM-S1A-01) e tampão pH 4,01 de 100 mL (DM-S1B-01). Para calibração do condutímetro, utiliza-se uma solução padrão de condutividade 1412  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de 100 mL.

Para obtenção de valores será realizada a imersão do eletrodo da sonda em um recipiente (frasco de polietileno esterilizado) ambientado com água do local, sendo o recipiente enxaguado no mínimo cinco vezes com a água do local onde foi retirada a amostra para análise, a fim de evitar alterações nos valores por fatores externos (CONAMA, 2005).

Figura 16 - Equipamentos necessários para realização da coleta de dados dos parâmetros físico-químicos. a) o condutímetro (1) com o eletrodo (2) e a solução de condutividade padrão (3), em b) pHmetro (1) com o eletrodo (2) e os tampões de pH (3).



Fonte: Digimed Instrumentação Analítica (2017).

### **7.3.2 Medição das Vazões nas Drenagens**

Durante o trabalho de campo, foi realizada a medição da vazão utilizando o molinete fluviométrico MLN-7 projetado pela empresa JTCM Ltda, ao longo da seção transversal (PI e PF) das 18 drenagens citadas anteriormente. Como descrito na revisão teórica, o número de amostragens de verticais depende exclusivamente das características geométricas do leito e das condições de escoamento. Sendo assim quanto mais irregular for o leito do rio, maior será a quantidade necessária de verticais ao longo da seção para que se obtenha uma boa precisão.

A técnica de medição com molinete hidrométrico consiste em obter-se a área da seção transversal e determinar a velocidade média do fluxo de água que passa nessa determinada seção. Medindo a largura das drenagens e sua profundidade em diversos pontos, obtendo variáveis verticais ao longo da seção, determinamos a área transversal. Ao escolher uma vertical, e realizar a medição com o molinete, determina-se a vazão de um rio.

Para utilização do molinete hidrométrico, adotaremos a medição de velocidade pelo método detalhado único, na qual realizaremos dois tipos de medições: para 17 drenagens localizadas anteriormente, ocorrerá 3 medições em um único ponto no centro das drenagens, a 60% da profundidade em relação ao nível da água. Isso devido ao tamanho desses corpos hídricos (profundidade menor que 2 metros). Para a coleta localizada no rio Camaquã, a medição procedera por barco em um único ponto no centro do rio, a 40%, 60% e 80% de profundidade em relação a lamina d'água. Pelo fato do rio ser o principal efluente da bacia hidrográfica, e devido a espessa camada de água (chegando a profundidades maiores que 40 metros) ao longe de seu curso, é necessário realizar uma medição detalhada para se chegar a valores de vazão condizentes com a magnitude desse rio.

### **7.3.3 Indicativo da Vulnerabilidade Natural do Aquífero Livre**

A vulnerabilidade natural do aquífero sob a área de sondagens exploratória nas Minas do Camaquã será determinada através do método GOD, proposto por Foster e Hirata (1988), destinados para áreas com poucos dados.

Apesar disso é atualmente um dos métodos mais utilizados no Brasil, devido a sua fácil aplicabilidade, aquisição dos dados e conceituação.

Oriundo do Inglês, o método leva em consideração três parâmetros:

G (*Groundwater occurrence*) – tipo de ocorrência do aquífero;

O (*Overall lithology of the unsaturated zone*) – caracterização global do aquífero ao grau de consolidação e natureza litológica;

D (*Depth to the water table*) – profundidade até o lençol freático.

Com esta indexação é possível atribuir índices para cada um dos parâmetros variando de 0,0 a 1. Com a multiplicação dos índices entre si, é possível chegar a um valor final também de 0,0 a 1, na qual reflete no grau de vulnerabilidade dividido em 4 categorias segundo Foster e Hirata (1991):

Vulnerabilidade desprezível – as camadas confinantes não permitem nenhum fluxo significativo da água.

Vulnerabilidade baixa – aquífero vulnerável aos poluentes mais persistentes e a longo prazo.

Vulnerabilidade alta – aquífero vulnerável a muitos contaminantes exceto aqueles que são muito absorvíveis e/ou facilmente transformáveis.

Vulnerabilidade extrema – aquífero vulnerável a maioria dos contaminantes da água, com um impacto relativamente rápido em muitos cenários de poluição.

O grau de confinamento do aquífero foi determinado através do trabalho executado por Catão (2016) no qual através de técnicas instrumentais aplicadas em poços tubulares, caracterizou os aquíferos próximo a área de exploração mineral como não confinado (livre)

Os dados referentes a litologia da zona vadosa encontrada na região foram obtidos através do banco de dados de sondagem da Votorantim Metais, onde estavam descritos geologicamente os poços de monitoramento do nível d'água.

Para obtenção do nível onde o lençol freático estava disposto, utilizou-se um medidor elétrico de nível d'água modelo Pna-300 com capacidade máxima de medição de 300 metros de profundidade (Figura17), disponibilizado pela empresa.

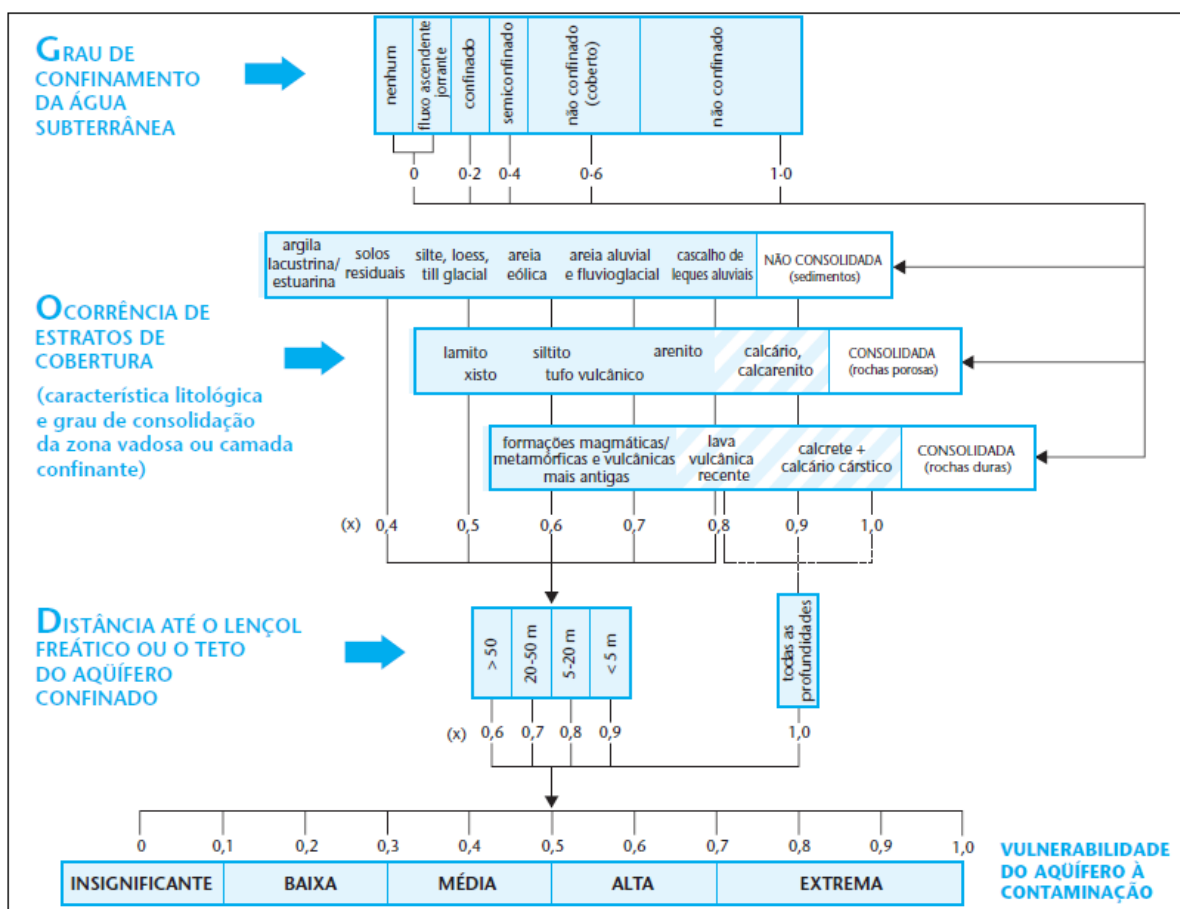
Figura 17 - Utilização do Pna-300 para medição do nível d'água.



Fonte: o autor.

A Figura 18 demonstra a relação dos parâmetros do método GOD, resultando no índice final que categorizara o grau de vulnerabilidade de um aquífero.

Figura 18 - Fluxograma dos parâmetros e índices de vulnerabilidade de um aquífero pela metodologia GOD.



Fonte: Löbler e Silva (2015).

## 7.4 Análise e Processamento dos dados

Nessa etapa do projeto, todos os dados coletados e amostrados ao longo das campanhas de campo, foram transpostos para plataformas virtuais, onde através da análise e processamento detalhado por métodos estatísticos, forneceram tabelas e gráficos que possibilitaram a interpretação científica do problema proposto no trabalho.

A caracterização e o modelamento da vulnerabilidade dos aquíferos nas Minas do Camaquã, ocorreu através de softwares em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como o QGIS, onde, a aplicação de ferramentas de interpolação de dados como a Krigagem, forneceu subsídio necessário para criação de mapas temáticos e bloco diagramas referente a área de estudo.

## **8 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os resultados obtidos foram separados em três frentes de discussão: comparar dados pluviométricos com as vazões, afim de caracterizar as vazões em cursos d'água; analisar os parâmetros físico-químicos em relação as normativas propostas por órgãos ambientais regulamentadores; e estimar a vulnerabilidade dos aquíferos na região. Afim de obter uma melhor representatividade, análise e conclusão dos dados referentes característica das águas superficiais e subterrâneas da região das minas do Camaquã.

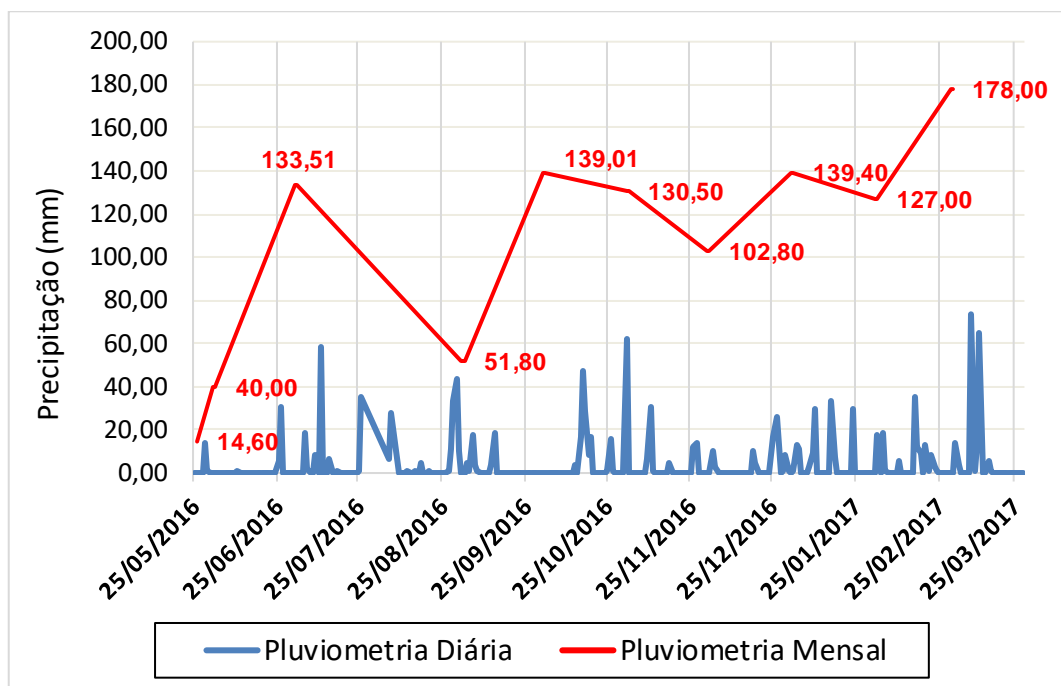
### **8.1 Caracterização das Vazões em Cursos D'água**

As vinte campanhas de monitoramento de vazão tiveram objetivo caracterizar as descargas líquidas dos aquíferos superficiais em dois regimes de fluxo distintos, sendo a primeira em período chuvoso e a segunda em período mais seco.

Apesar do constante e prolongado período de precipitações que ocorreram durante o trabalho, com as estações climáticas bem marcadas por sucessivos eventos pluviométricos entre 2016 e 2017 (Figura 19), oscilações pontuais bem definidas auxiliaram na classificação de todas as drenagens como rios perenes, os quais, correm o ano inteiro não apresentando interrupção no fluxo de suas águas sobre nenhum período, seja ele de seca, seja de cheia.



Figura 19 - Precipitação diária e mensal entre maio de 2016 a março 2017.



Fonte: o autor.

A média das vazões medidas *in situ* pelo método do volume aferido com molinete fluviométrico esta apresentada na Tabela 1. Os dados detalhados referentes a cada campanha de coleta podem ser verificadas nas Tabelas 18 a 37 no Anexo I.

Tabela 1 - Média representativa dos parâmetros coletados ao longo do trabalho.

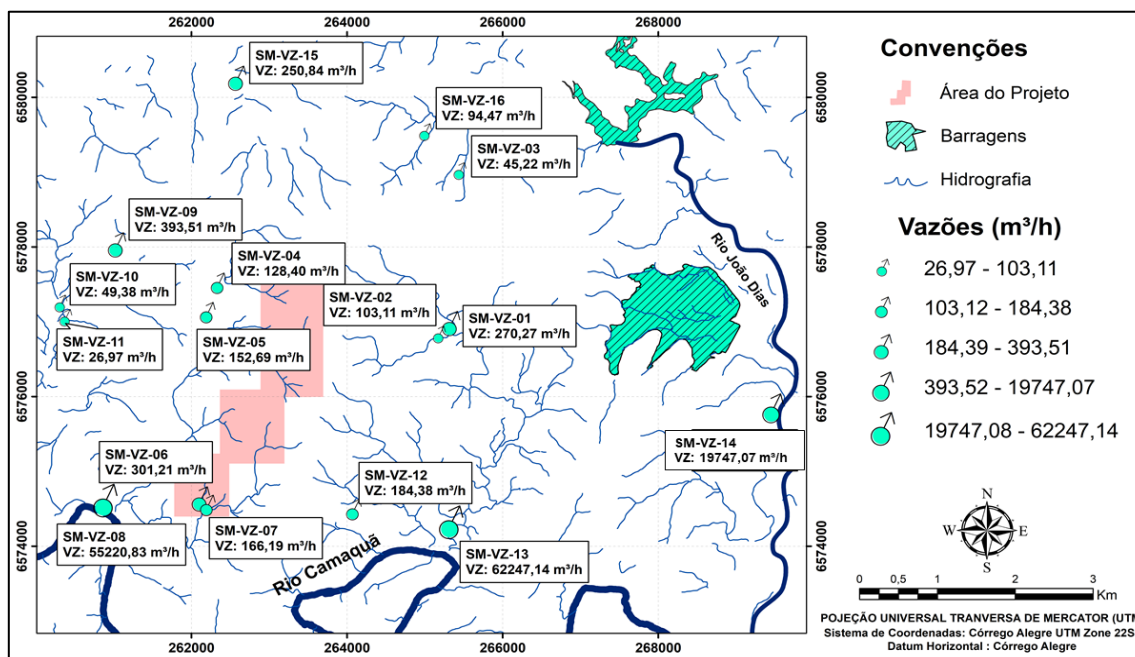
Drenagens	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)
SM-VZ-01	265.322	6,576,908	270.27	20.11	16.50	39.29	7.70	428.11	16.99
SM-VZ-02	265.176	6,576,782	103.11	20.53	16.67	49.86	7.41	419.87	20.69
SM-VZ-03	265.441	6,578,968	45.22	23.10	18.43	232.74	7.12	413.81	99.03
SM-VZ-04	262.336	6,577,457	128.40	19.56	16.86	39.07	7.81	427.59	16.18
SM-VZ-05	262.195	6,577,064	152.69	19.40	16.68	44.26	7.70	432.10	18.40
SM-VZ-06	262.105	6,574,562	301.21	19.45	17.00	61.03	7.68	414.18	25.34
SM-VZ-07	262.197	6,574,488	166.19	18.87	17.05	35.82	7.77	423.42	14.76
SM-VZ-08	260.873	6,574,520	55220.83	22.87	20.19	76.83	7.75	414.64	32.17
SM-VZ-09	261.028	6,577,958	393.51	23.15	17.85	72.71	7.86	418.72	30.60
SM-VZ-10	260.311	6,577,197	49.38	23.40	19.50	94.12	7.88	411.37	39.76
SM-VZ-11	260.373	6,577,007	26.97	22.99	18.25	152.21	7.82	406.28	64.43
SM-VZ-12	264.74	6,574,431	184.38	24.31	17.52	58.66	7.30	424.61	24.68
SM-VZ-13	265.318	6,574,230	62247.14	22.57	17.38	98.77	7.37	425.97	40.95
SM-VZ-14	269.456	6,575,762	19747.07	23.81	20.44	51.63	7.50	424.48	21.53
SM-VZ-15	262.573	6,580,185	250.84	23.11	17.86	48.47	7.65	419.32	20.36
SM-VZ-16	264.998	6,579,488	94.47	21.89	17.93	122.27	7.55	415.65	53.15

Fonte: o autor.



Na Figura 20, estão representados através da média, os pontos onde foram efetuadas as medições das vazões assim como a quantificação das mesmas.

Figura 20 - Localização e quantificação das vazões nos cursos d'água de entorno da área do projeto.



Fonte: o autor.

Observa-se que individualmente características específicas auxiliaram na correlação entre as drenagens. Os valores médios mensais máximos estavam associados ao inverno chuvoso principalmente em julho, porem com momentos atípicos registrados em setembro sobre regimes com baixa pluviometria. As mínimas vazões observadas no estudo, situavam-se principalmente sobre regime chuvoso no verão durante o mês de dezembro, demonstrando que as altas temperaturas aceleram o processo de evaporação das águas, diminuindo o fluxo dos rios nessa época do ano mesmo sobre taxas pluviométricas elevadas.

Contextos anormais evidenciados durante o trabalho comprovaram comportamento diversificado do balanço hídrico em uma mesma região. Altos topográficos que atuam como áreas de recarga das drenagens com vazões pouco representativas em cotas mais baixas e chuvas torrenciais precedentes a coleta dos dados alteram valores representativos dos pontos e a realimentação das águas superficiais pelos aquíferos localizado na área de estudo.

Análise individual das drenagens, possibilitou dividi-las em três grupos distintos de acordo com os níveis de relevância das vazões (Tabela 2):

- a) Grupo que abrange rios com alto fluxo de água, com valores acima de 200 m<sup>3</sup>/h, totalizando 43,75%.
- b) Grupo com drenagens com vazões médias entre 100 a 200 m<sup>3</sup>/h, totalizando de 31,25% das drenagens.
- c) Grupo com cursos d'água menos expressivos em um intervalo com vazões entre 0 a 100 m<sup>3</sup>/h contemplando 25% dos pontos analisados.

Tabela 2 - Relação das drenagens com o grau de relevância em que estão inseridas.

Drenagens	Níveis de Relevância das Vazões			Referência
	0 a 100 (m <sup>3</sup> /h)	100 a 200 (m <sup>3</sup> /h)	acima de 200 (m <sup>3</sup> /h)	
SM-VZ-01			270.27	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02		103.11		Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	45.22			Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04		128.4		Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05		152.69		Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06			301.21	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07		166.19		Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08			55220.83	Rio Camaquã
SM-VZ-09			393.51	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	49.38			João Alberto (1)
SM-VZ-11	26.97			João Alberto (2)
SM-VZ-12		184.38		Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13			62247.14	Sergio Dorneles
SM-VZ-14			19747.07	Rio João Dias
SM-VZ-15			250.84	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	94.47			Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.

### 8.1.1 Vazões Altas – acima de 200 m<sup>3</sup>/h

O primeiro grupo a ser estudado contempla os pontos com drenagens de vazões elevadas, destacando-se o SM-VZ-08 representado pelo Rio Camaquã. O ponto SM-VZ-13 corresponde a drenagem localizada na fazenda Dornelas, com descarga hídrica direta no Rio Camaquã e o Rio João Dias SM-VZ-14, utilizado como barragem de rejeito nas antigas instalações da Companhia Brasileira do Cobre (CBC).

Como principal corpo hídrico da bacia hidrográfica, historicamente o rio Camaquã mantém-se em um nível de descarga de fluido muito alto, onde as

vazões sempre se mantiveram na casa dos milhares de metros cúbicos por hora, mesmo em períodos de muita seca.

Nota-se que as medições realizadas no rio Camaquã começaram a partir do mês de julho de 2017, com a utilização de barco (Figura 21) pois, antecedente a essa data o rio encontrava-se inacessível para efetuar a coleta com molinete fluviométrico, bem como medição a secção transversal do efluente. Analisando os dados da vazão do ponto SM-VZ-08, a média ficou em torno de 55220,83 m<sup>3</sup>/h. O menor valor obtido foi de 17.140,72 m<sup>3</sup>/h no dia 13/12/2016, enquanto o valor máximo atingido foi 25.8046,87 m<sup>3</sup>/h no dia 08/11/2016.

Figura 21 - Medição dos pulsos captados pelo molinete fluviométrico, assim como a medição da seção transversal no Rio Camaquã.



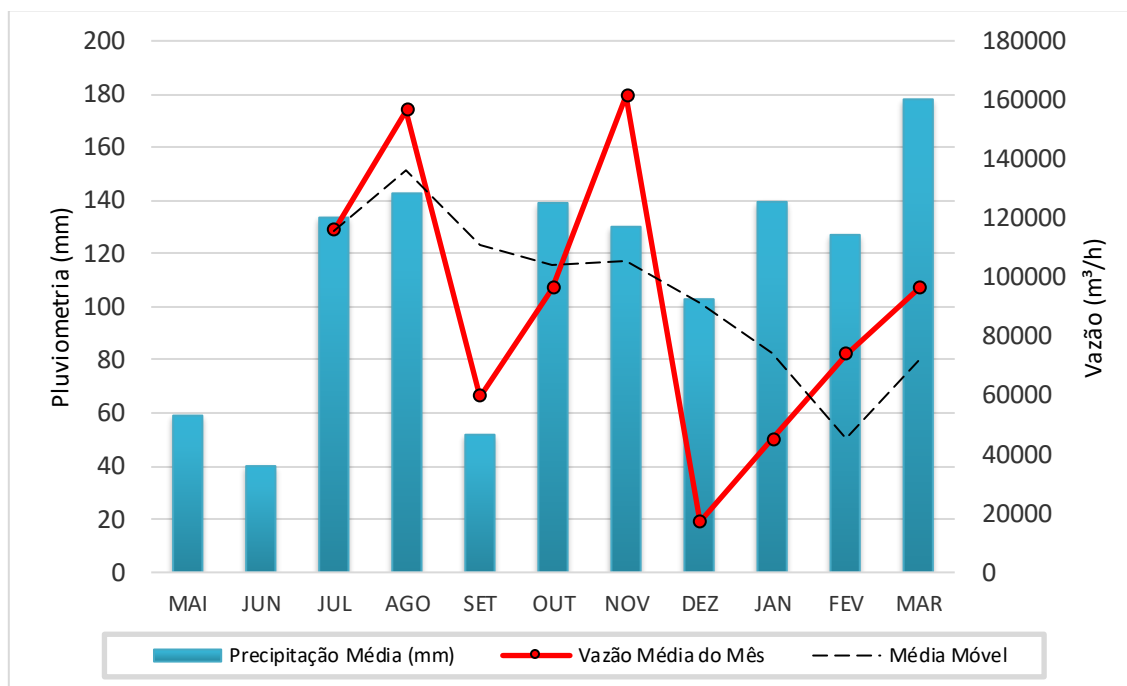
Fonte: o autor.

Observando o gráfico apresentado na Figura 22, destaca-se duas correlações negativas das vazões, a primeira em setembro de 2016 onde, a precipitação do mês com valores muito baixos do esperado pela época do ano, diminuiram drasticamente o fluxo de água do rio. A segunda correlação negativa e destacada no mês de dezembro de 2016, onde ocorreu o valor mínimo registrado.

Apesar da grande quantidade de chuva no mês de dezembro, as elevadas temperaturas aceleram o processo de evaporação, ocasionando um

desequilíbrio na relação precipitação/evaporação. A taxa de evaporação supera a quantidade de água que precipita das chuvas e escoa no leito dos rios, ocasionando uma baixa significativa na vazão. De maneira geral os valores elevados das vazões obtidas no rio Camaquã, demonstram um controle perene bem definido com oscilações muito sutis durante períodos chuvosos e secos.

Figura 22 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-08 (Rio Camaquã).



Fonte: o autor.

Inserido no mesmo contexto com valores elevados de descargas hídricas, encontra-se a drenagem SM-VZ-13 (Figura 23), onde a média estimada foi de 62.247,14 m³/h, com valor mínimo igual 11.050 m³/h no dia 13 de dezembro de 2016 e máximo de 1.235.035,76 m³/h dia 13 de julho de 2016.

Figura 23 - Medição da velocidade da água com molinete fluviométrico do ponto SM-VZ-13.



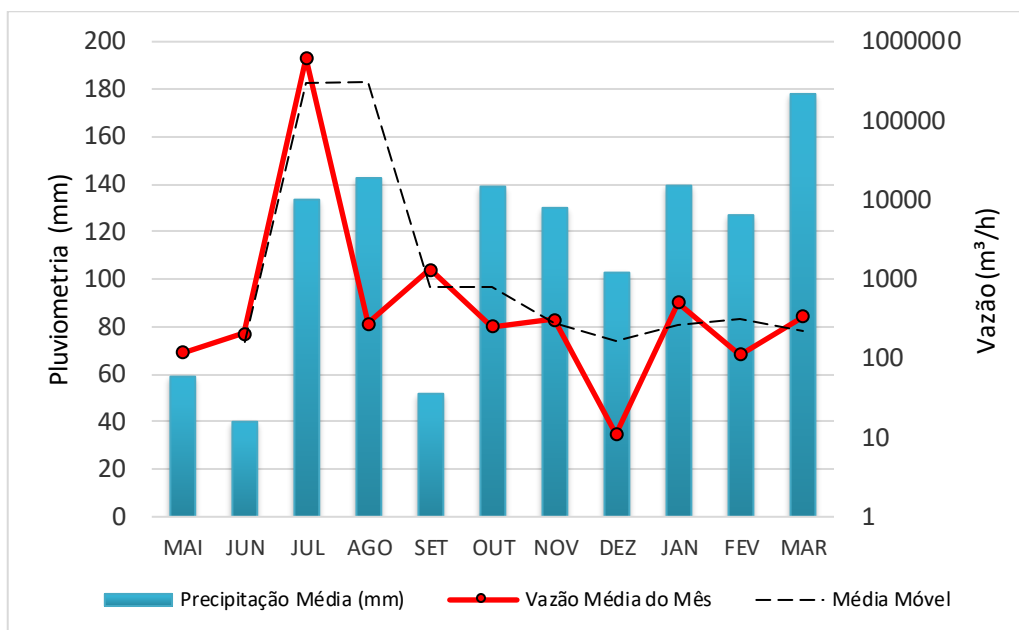
Fonte: o autor.

Examinando o gráfico disposto na Figura 24, observa-se uma heterogeneidade significativa, ponto chave que difere essa drenagem dos demais corpos hídricos analisados.

Com uma escala de vazão log na base 10 localizada a direita do gráfico, podemos observa-se valores elevados e valores mínimos de algumas dezenas de metros cúbicos por hora, descritos em uma correlação negativa dos dados em dezembro de 2016, reforçando o desequilíbrio na relação precipitação/evaporação em períodos de chuva no verão. Enquanto os máximos chegam na casa de milhões  $m^3/h$  próximos a períodos chuvosos no ápice do inverno durante o mês de julho de 2017, evidenciando a relação de alta precipitação associada a baixa evaporação típico da região sul do país.



Figura 24 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-13.



Fonte: o autor.

Em relação ao ponto SM-VZ-14 onde percorrem as águas do rio João Dias (Figura 25), a média encontrada foi de 19.747,07 m³/h, com valor máximo igual a 213.561,99 m³/h no dia 13 de julho de 2016 e o mínimo registrado de 280,34 m³/h no dia 13 de dezembro de 2016.

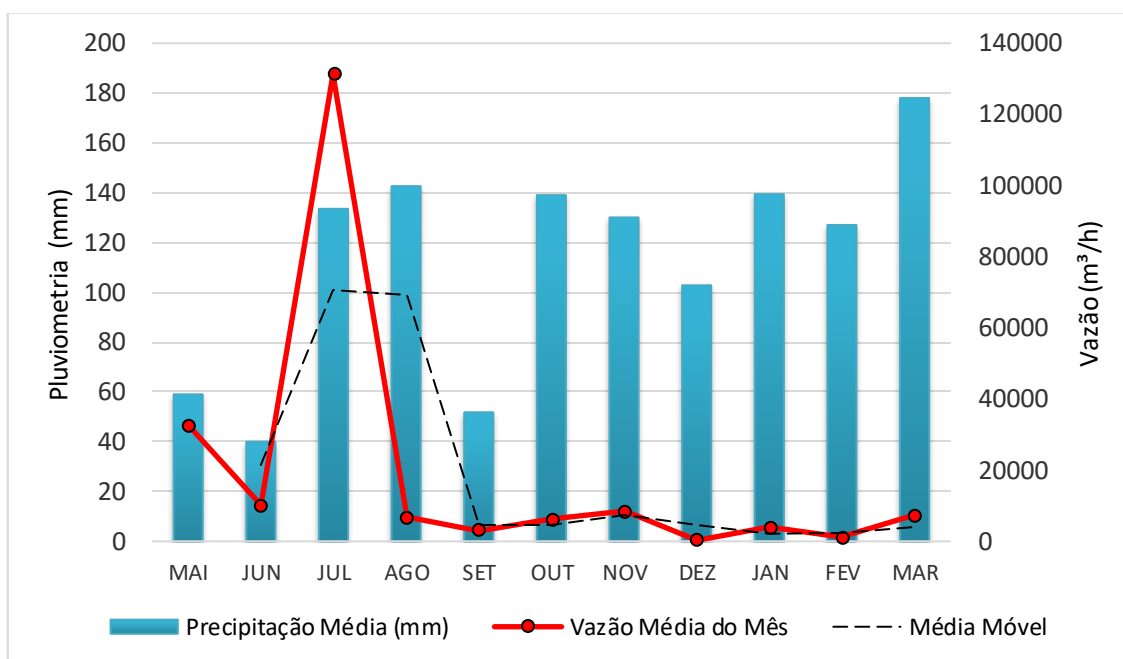
Figura 25 - Medição velocidade do Rio João Dias com molinete fluviométrico em regime com alto fluxo de água.



Fonte: o autor.

O gráfico da Figura 26 apresenta um comportamento do rio em duas fases distintas. A primeira uma correlação positiva entra a pluviometria e a vazão no mês de julho, justificando a relação de precipitação maior que evaporação no inverno. Em seguida a partir de agosto de 2016 até março de 2017, o rio tende a manter uma linearidade com pouca oscilação da vazão em intervalos pluviométricos de 50 a 150 mm. Novamente com o mínimo aloca no ápice do verão.

Figura 26 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-14.



Fonte: o autor.

Outros dois cursos d'água dispostos em um intervalo com elevadas vazões de 300 a 400 m³/h, foram o SM-VZ-06 (Figura 27) próximo a um poço indicador do nível d'água do depósito polimetálico Santa Maria, e SM-VZ-09 (Figura 28) situado na região onde futuramente será locada a pilha de rejeito a seco do projeto Caçapava do Sul.



Figura 27 - Medição dos pulsos obtidos pelo molinete fluviométrico no ponto SM-VZ-06.



Fonte: o autor.

Figura 28 - Drenagem assoreada para passagem de animais localizada no ponto SM-VZ-09.



Fonte: o autor.

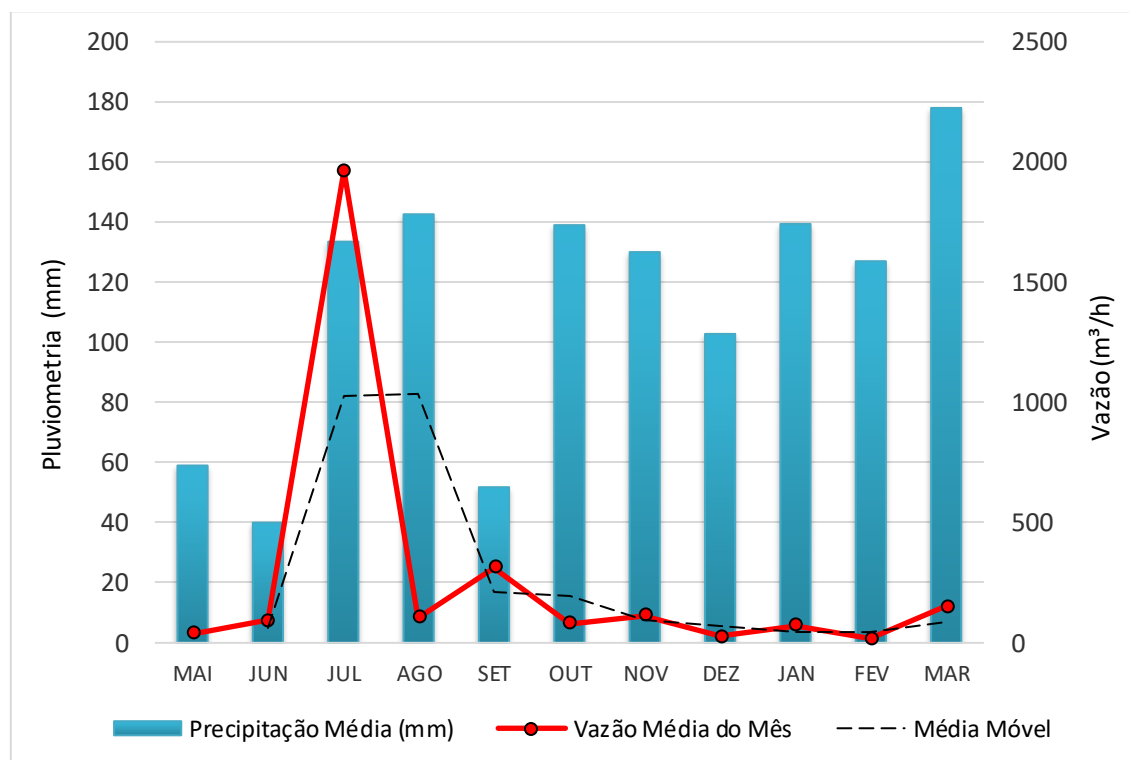
Na Figura 29 referente a vazão do ponto SM-VZ-06 observar-se uma similaridade na tendência do gráfico em relação ao ponto SM-VZ-14. A média dessa drenagem foi estimada em 301,21 m<sup>3</sup>/h, com o valor mínimo igual a 18,13



$\text{m}^3/\text{h}$  no dia 14 de fevereiro de 2017, e o máximo atingindo  $2888,55 \text{ m}^3/\text{h}$  no dia 12 de julho de 2016. Comparado ao rio João Dias, o comportamento dessa drenagem é muito similar no contexto com valores altos de descarga hídrica próximo ao mês de julho no auge no inverno.

As taxas mínimas observadas nesse ponto encontram-se em duas fases distintas, uma durante o outono nos meses de maio e junho de 2016 com regimes baixos de precipitação. Outra fase dentro do intervalo de agosto de 2016 a março de 2017 com elevados valores de pluviometria nas estações da primavera e verão, demonstrando uma tendência com pouca oscilação nos valores das vazões obtidas.

Figura 29 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-06.



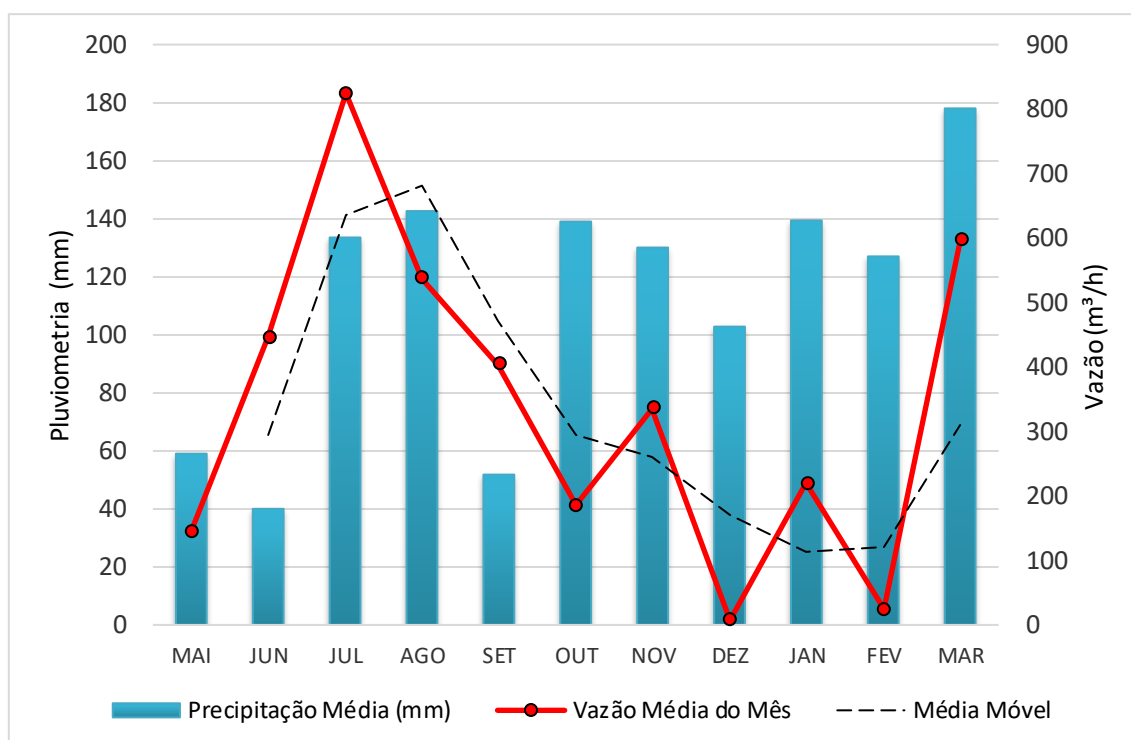
Fonte: o autor.

Em relação ao ponto SM-VZ-09 localizado em uma propriedade particular, apresentou-se com características muito distintas das outras dezesseis drenagens (Figura 30), a média obtida nesse ponto foi de  $393,50 \text{ m}^3/\text{h}$ , com o valor mínimo de  $7,15 \text{ m}^3/\text{h}$  registrado dia 12 de dezembro de 2016, e valor máximo igual a  $1495,03 \text{ m}^3/\text{h}$  anotado dia 15 de março de 2017. Apesar do valor máximo ter ocorrido em março de 2017, a maior média mensal foi no período de

inverno em julho, demonstrando o controle sazonal bem definido sobre o fluxo das vazões nessa época do ano, com baixas temperaturas e evaporação, comparadas a precipitação da chuva.

Mesmo que do comportamento caótico com intercalações mensais de altas e baixas vazões no período de outubro a março, em regime pluviométrico médio de 120 milímetros, novamente destaca-se valores mínimos em dezembro e fevereiro durante a estação do verão.

Figura 30 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-09.



Fonte: o autor.

Os dois últimos rios pertencentes ao grupo sobre regime de fluxo com vazões acima de 200 m³/h, encontram-se o ponto SM-VZ-01 (Figura 31) localizado em uma propriedade particular a leste do depósito polimetálico, e o SM-VZ-15 (Figura 32) situado no extremo norte da área de estudo.

Figura 31 - Coleta dos dados para obtenção da vazão SM-VZ-01, a) contagem dos pulsos captados pelo molinete fluviométrico, b) medição da seção transversal com trena e régua.



Fonte: o autor.

Figura 32 - Obtenção dos dados de velocidade e tamanho da seção para determinar a vazão no ponto SM-VZ-15.



Fonte: o autor.

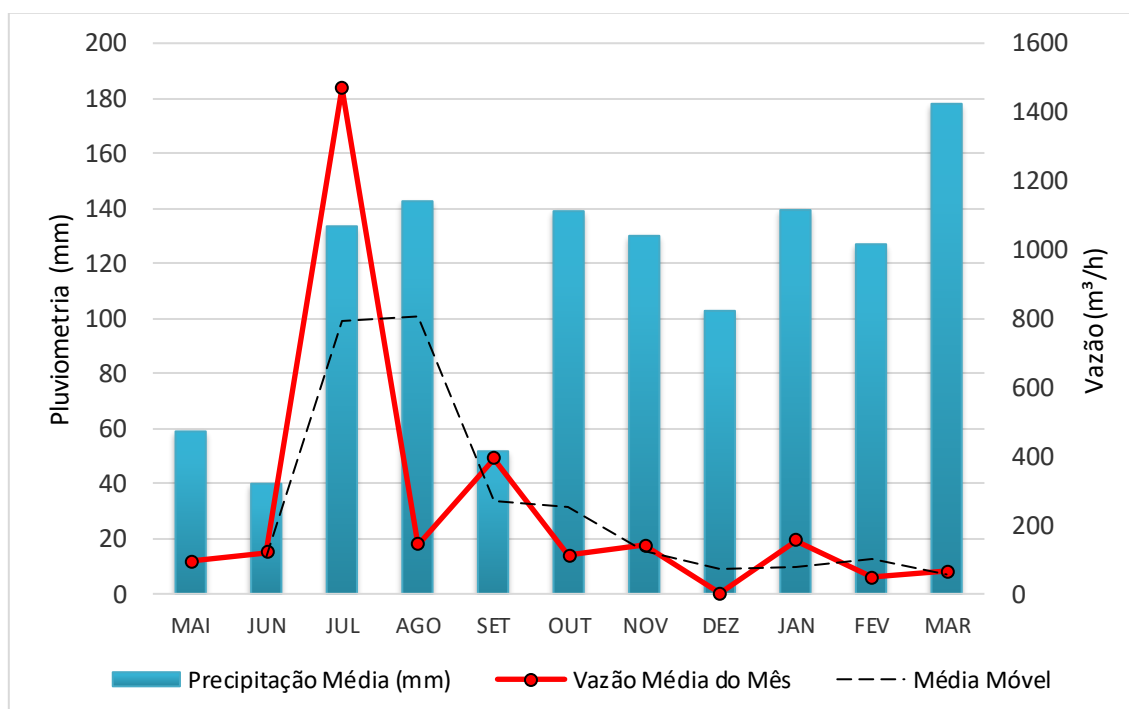
Análise do gráfico apresentado na Figura 33 referente ao ponto SM-VZ-01, apresentou uma oscilação muito alta entre o valor mínimo de 2,04 m<sup>3</sup>/h registrado no dia 13 de dezembro de 2016 durante o verão no mês de dezembro,

e o valor máximo igual 1638,34 m<sup>3</sup>/h dia 12 de julho de 2016 no período de inverno.

Apesar da diferença bem definida, dois pontos podem ser levados em consideração no comportamento das vazões. O valor máximo encontra-se sobre um regime bem definido e discutido anteriormente, onde, o inverno no mês de julho com baixas temperaturas e evaporação e elevada pluviometria, mantem o escoamento superficial perene durante essa época do ano.

Posteriormente na transição primavera e verão, observa-se uma tendência com poucas oscilações estabelecendo a média representativa para esse ponto, na qual se obteve o valor de 270,26 m<sup>3</sup>/h. Valores muito inferiores comparados com o máximo obtido nesse rio, mesmo em regimes de alta precipitação.

Figura 33 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-01.



Fonte: o autor.

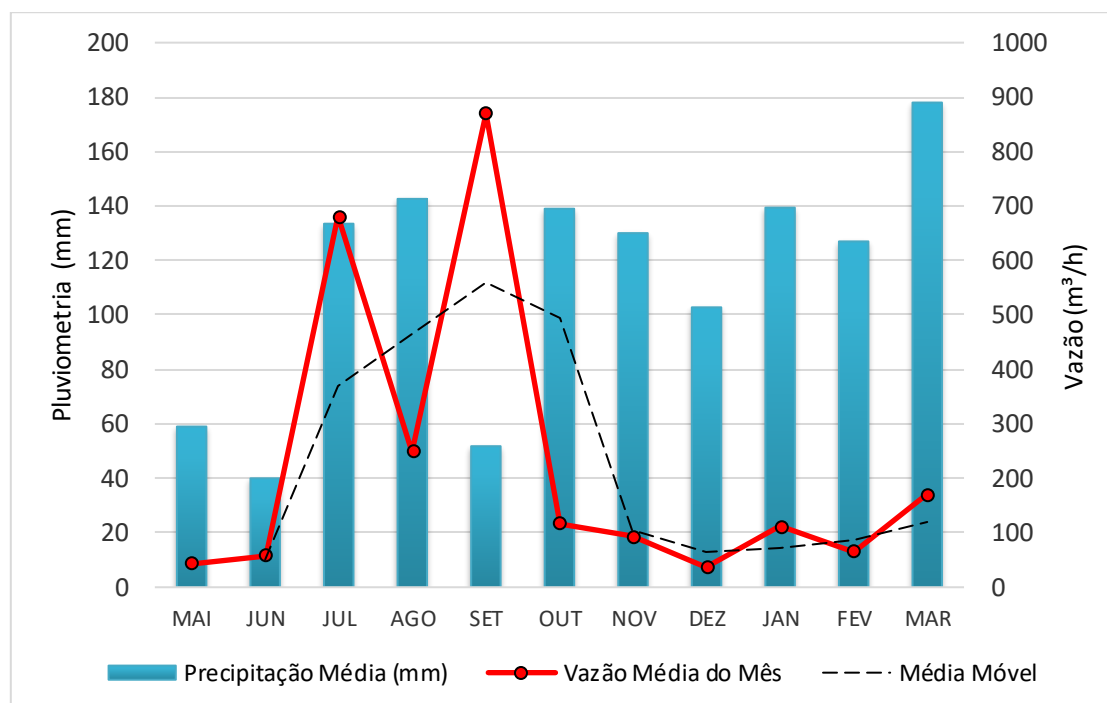
Os valores obtidos no ponto SM-VZ-15 é distinto das demais drenagens desse grupo por duas características distintas. A primeira associada ao valor máximo de 1360,53 m<sup>3</sup>/h obtido no dia 06 de setembro de 2016 na transição do inverno para primavera, encontra-se sobre um regime pluviométrico muito baixo (Figura 34). Possivelmente essa irregularidade está ligada a chuvas torrenciais

pontuais precedentes a coleta dos dados, mascarando o real valor representativo da vazão no mês de setembro.

O segundo, relaciona-se ao valor mínimo de 12,02 m<sup>3</sup>/h obtido no dia 15 de junho de 2016 durante o outono sobre regimes pluviométricos entre 40 a 60 milímetros, valor esse distinto dos demais observado nas drenagens pertencentes ao grupo com vazões acima de 200 m<sup>3</sup>/h.

Por fim a vazão encontra uma tendência de outubro de 2016 até março de 2017 com uma flutuação muito sutil da curva, mantendo-se próximo a média 250,83 m<sup>3</sup>/h representativa do ponto.

Figura 34 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-15.



Fonte: o autor.

### 8.1.2 Vazões Médias – 100 a 200 m<sup>3</sup>/h

Compondo o grupo com vazões intermediária, encontram-se os pontos SM-VZ 02, SM-VZ-04, SM-VZ-05, SM-VZ-07 e SM-VZ-12. Esses, são subdivididos em abordagens de análise relacionando características em comum no comportamento das vazões.

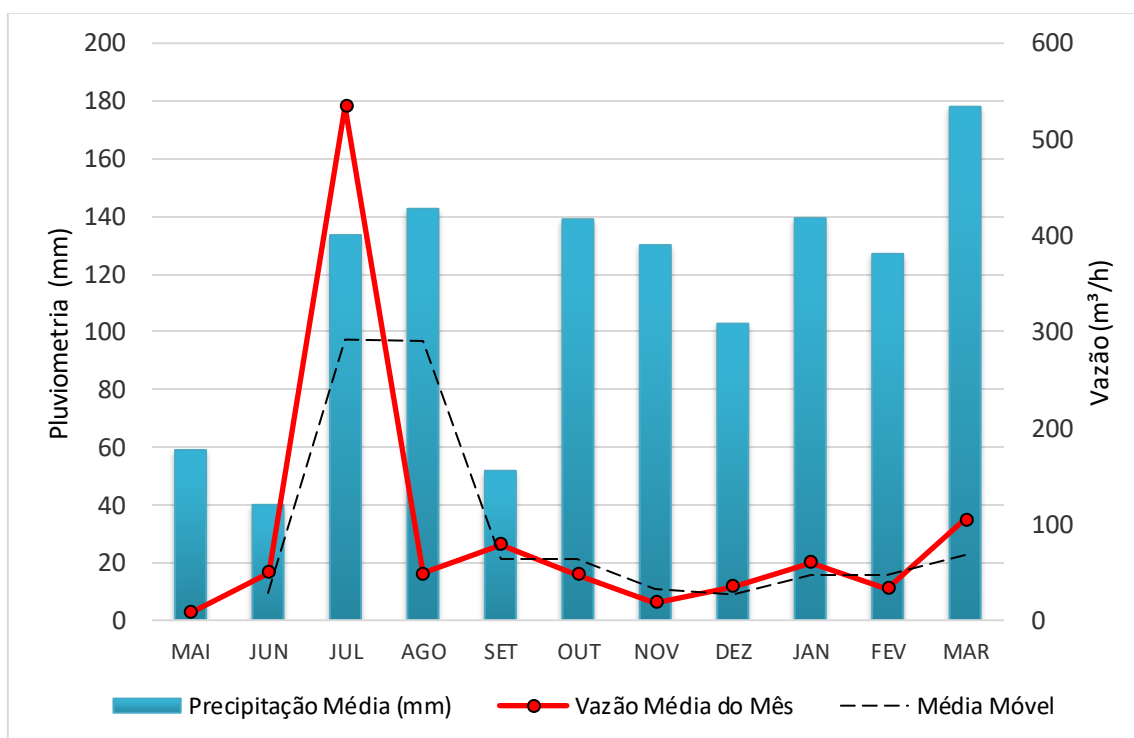
Um exame conjunto dos gráficos correspondentes as drenagens SM-VZ-02 (Figura 35) localizada a leste do depósito Santa Maria, próximo ao ponto SM-



VZ-01, e o curso d'água SM-VZ-04 (Figura 36), situado na porção norte do depósito dentro da área 3 permite observar uma similaridade no período com elevada vazão ocorrido no mês de julho durante o inverno.

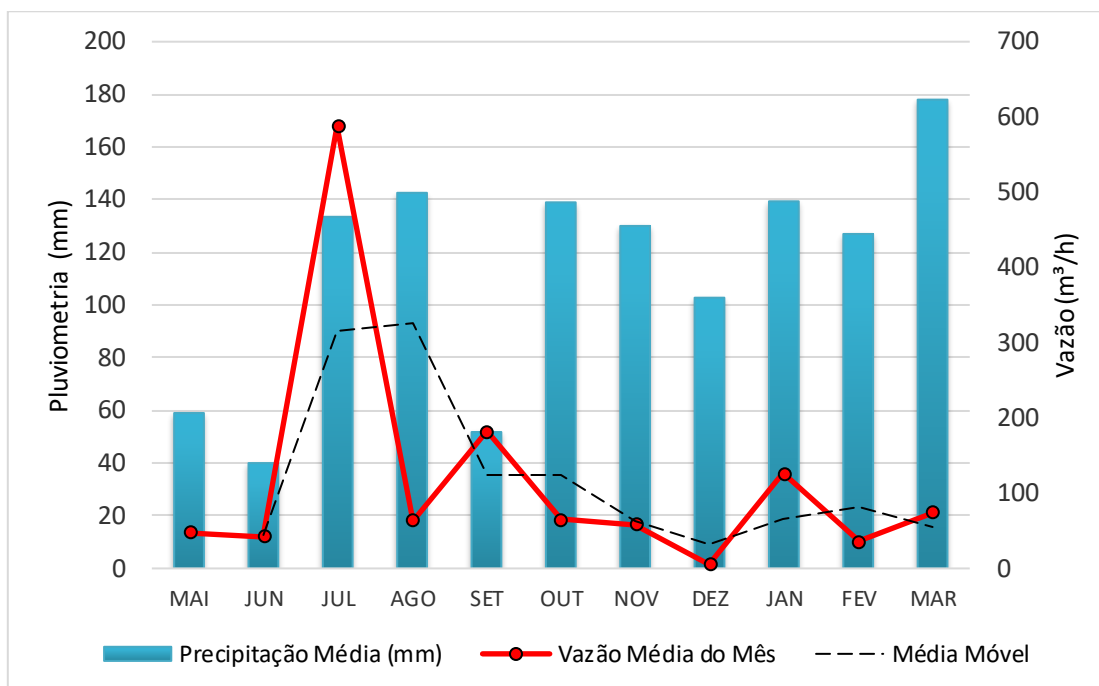
Os valores máximos obtidos nos pontos 02 e 04 foram respectivamente 656,45 e 662,67 m<sup>3</sup>/h. No intervalo de agosto de 2016 a março de 2017 ambas drenagens mantiveram uma tendência linear com pouca oscilação nos valores das vazões, com médias próximas a 103,11 m<sup>3</sup>/h para o ponto 02 e 128,40 m<sup>3</sup>/h para o 04. Vale destacar ainda o valor mínimo obtido nesses pontos, onde, para o SM-VZ-02 encontrou-se sobre regime pluviométrico próximo a 60 milímetros na estação do outono registrando 3,84 m<sup>3</sup>/h em maio de 2016. No ponto SM-VZ-04 o valor mínimo de 5,33 m<sup>3</sup>/h foi obtido próximo ao fim do ano, em dezembro, sobre condições elevadas de chuva durante o mês.

Figura 35 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-02.



Fonte: o autor.

Figura 36 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-04.



Fonte: o autor.

Observações em campo (Figura 37) permite concluir que, apesar dessas drenagens apresentarem elevadas vazões em pontos específicos, o fluxo de água médio durante o ano reflete diretamente na dimensão desses corpos hídricos, pouco expressivos de comportamento perene com recarga direta dos aquíferos.

Figura 37 - Aquisição dos dados fluviométricos para obtenção da vazão, a) ponto SM-VZ-02, b) ponto SM-VZ-04.



Fonte: o autor.

A outra divisão referente as drenagens do grupo de vazões médias, inclui os pontos SM-VZ-05 (Figura 38) localizado ao norte do depósito Santa Maria na área 3, o SM-VZ-07 situado no extremo sul do depósito dentro da área 1, e o SM-VZ-12 próximo ao rio Camaquã.

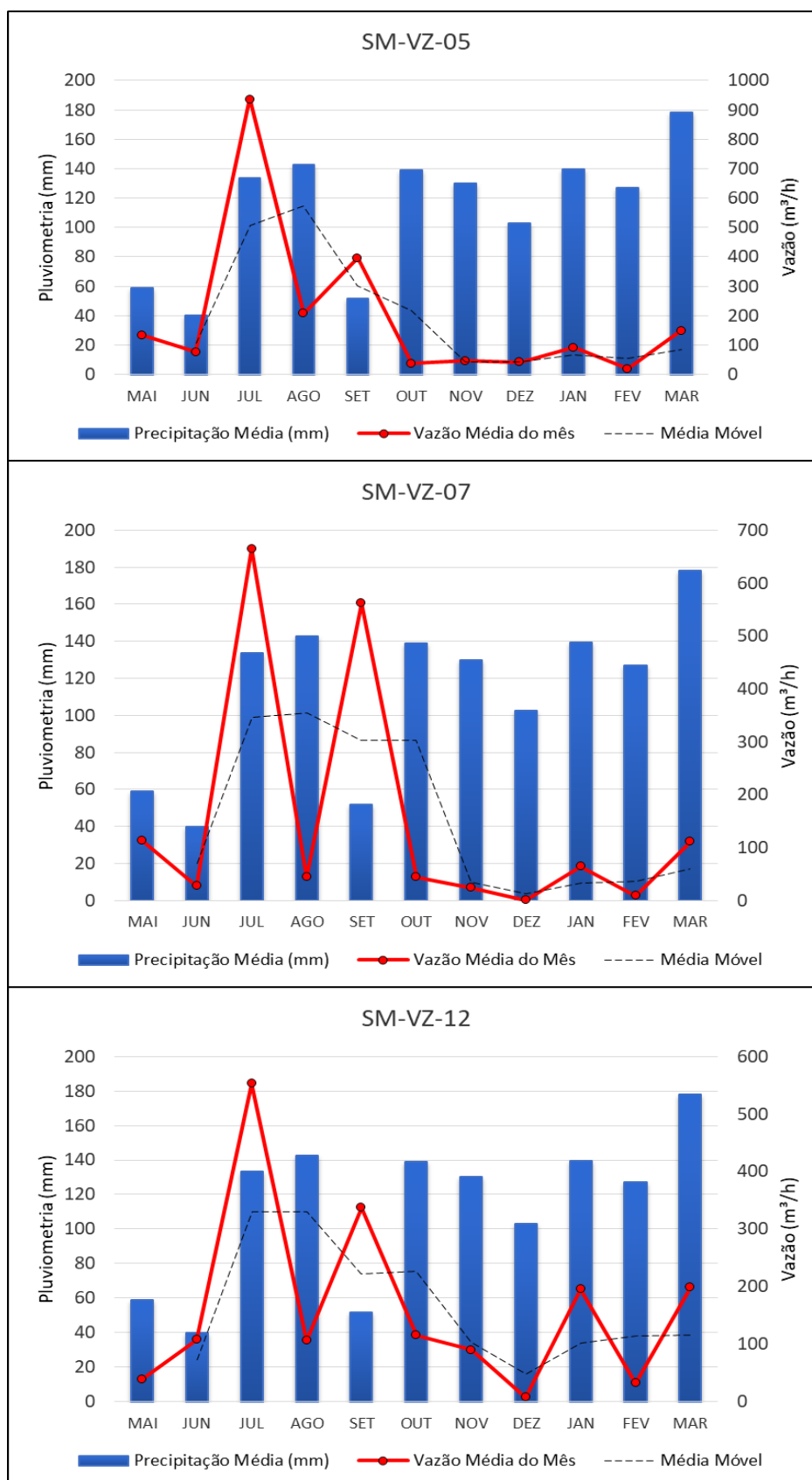
Exame dos gráficos (Figura 38), observa-se uma expressiva correlação dos valores máximos em dois pontos distintos, um sobre regime com elevada precipitação média (acima de 130 milímetros) no mês de julho de 2016 durante a estação do inverno, com valores acima de 550 m<sup>3</sup>/h nas três drenagens. Posteriormente um momento atípico com altos valores de vazão identificado no mês de setembro sobre regime pluviométrico abaixo dos 60 milímetros.

Através dessa análise, permite-se aferir que, onde chuvas torrenciais alteram o fluxo médio das drenagens, a real vazão representativa dos pontos é subestimada quando efetuada as campanhas para coleta dos dados.

Importante observar que no ponto SM-VZ-12 (Figura 39), há uma fisiografia similar a descrita no ponto SM-VZ-14. Ambos se encontram no contexto próximo ao rio Camaquã, porem os dados coletados e apresentados durante as campanhas de campo no ponto SM-VZ-12 se diferem muito dos apresentados no SM-VZ-14, principalmente no quesito valores elevados das vazões no decorrer do ano. Esse aspecto ilustra o distinto comportamento de afluentes com descarga hídrica heterogênea sobre o principal rio da bacia hidrográfica, comprovando a característica perene atribuída ao rio Camaquã.



Figura 38 - Relação mensal da vazão com a precipitação nos pontos SM-VZ-05, SM-VZ-07 e SM-VZ-12.



Fonte: o autor.

Figura 39 - Medição dos dados de velocidade para o cálculo da vazão no ponto SM-VZ-12.



Fonte: o autor.

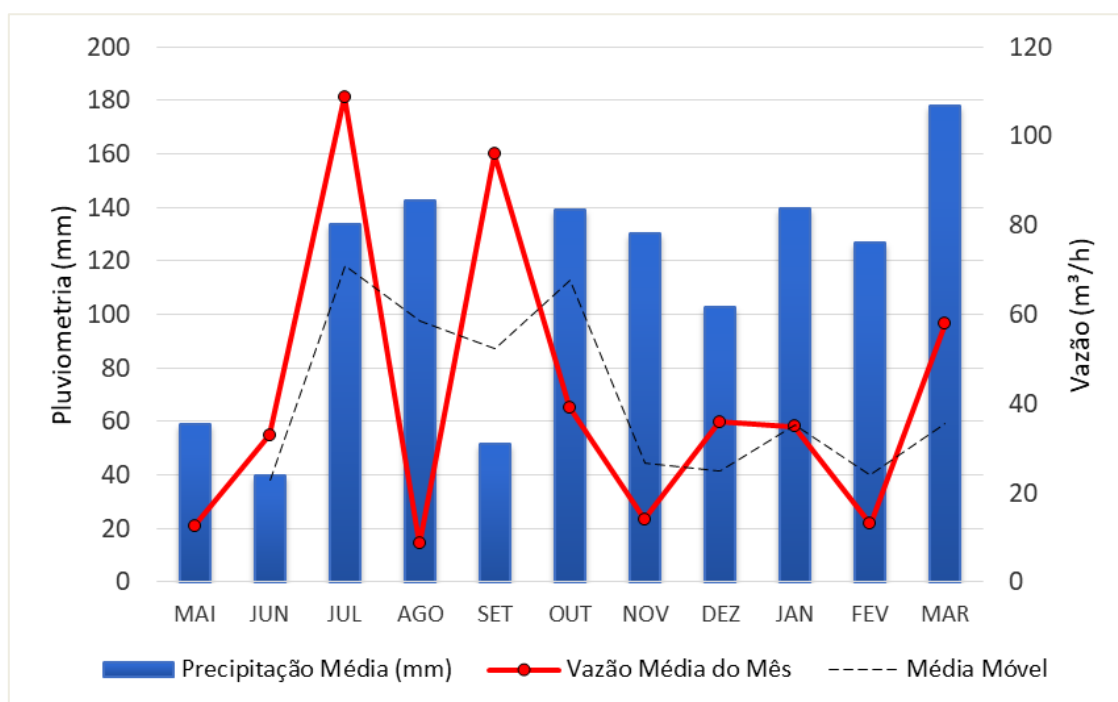
### 8.1.3 Baixas Vazões - 0 a 100 m<sup>3</sup>/h

O último grupo representa as vazões com menor representatividade. É composto pelos pontos: SM-VZ-03 e SM-VZ-16 localizados a nordeste do depósito mineral da Votorantim Metais, e SM-VZ-10 e SM-VZ-11 ambos inserido dentro do perímetro da futura cava a seco do projeto Caçapava do Sul.

As drenagens pertencentes a esse grupo mantem um comportamento heterogêneo dos demais pontos analisados durante o trabalho. Muito se deve a frágeis oscilações dos dados referente as baixas vazões, onde, quaisquer alterações nos regimes de chuva ou seca interferem diretamente nos resultados das descargas hídricas.

Examinando o gráfico apresentado na Figura 40, referente ao ponto SM-VZ-03 observa-se aspectos similares em relação as drenagens descritas acima. Apesar da média representativa do rio estar próxima a 45,22 m<sup>3</sup>/h, os valores máximos de vazão foram obtidos em julho e setembro de 2016, com taxas acima de 90 m<sup>3</sup>/h em distintos regimes pluviométricos.

Figura 40 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-03.

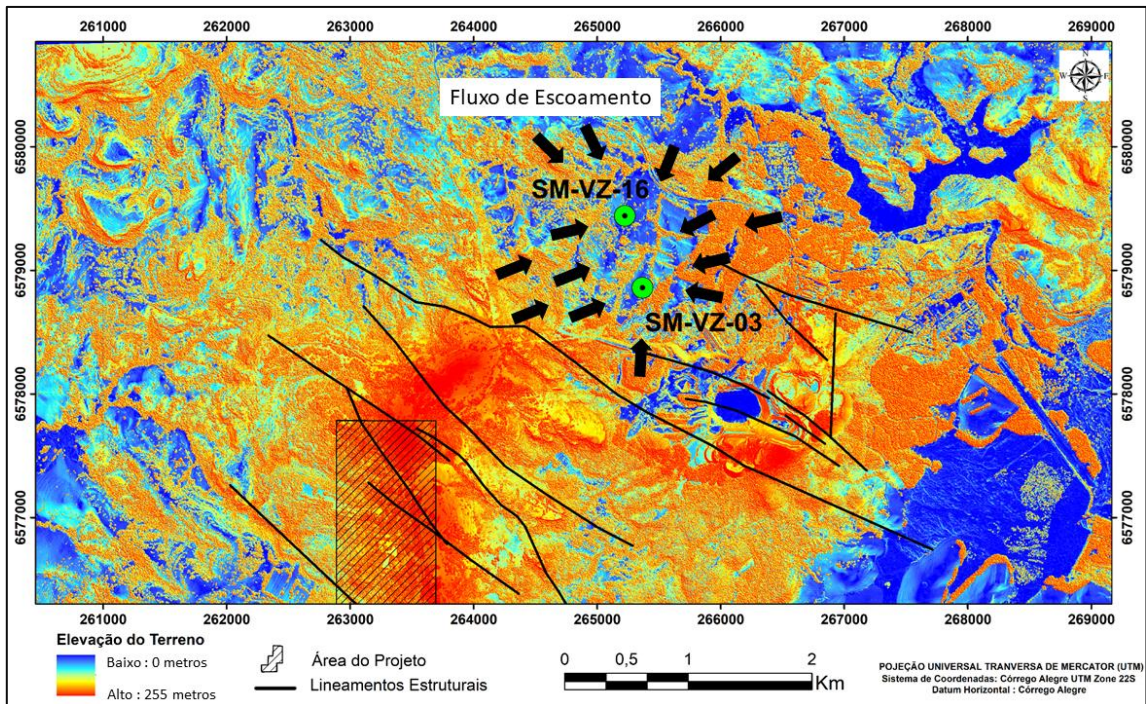


Fonte: o autor.

Com um comportamento muito variável nas taxas de vazão encontrados no período de outubro a março, uma característica distinta e importante pode ser observada durante esse intervalo. A maioria das drenagens analisadas até o momento nesse estudo, apresentaram seus valores mínimos durante o mês de dezembro de 2016, fato esse que não se repetiu para os pontos 03 e 16.

Um dos possíveis fatores para que tais rios apresentam diferentes variações em relação aos demais pode ser observado na Figura 41. A influência da acentuada topografia na descarga hídrica faz com que toda chuva precipitada nas regiões mais elevadas sofra escoamento superficial carregando grande volume de água para as regiões topograficamente menos elevadas na micro bacia.

Figura 41 - Modelo Digital de Elevação (MDE) demonstrando o fluxo hídrico dos altos para os baixos topográficos.

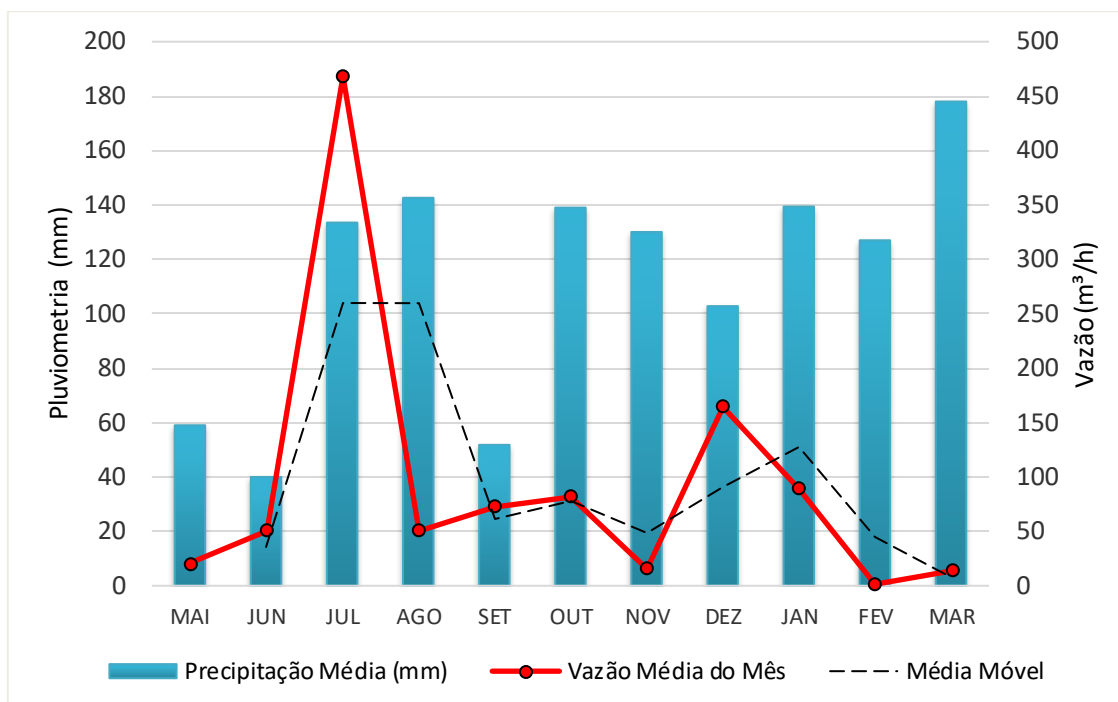


Fonte: o autor.

Verificando o gráfico referente ao ponto SM-VZ-16 (Figura 42) reflexo do apresentado anteriormente, encontramos uma tendência similar. Valores máximos e mínimos dispostos em julho e fevereiro consequentemente, com altas taxas de pluviosidade, reforçando novamente a ideia do controle da temperatura, e a relação taxa de precipitação e evaporação. Resultando em vazões elevadas durante o inverno, e fluxos hídricos baixos no verão.



Figura 42 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-16.



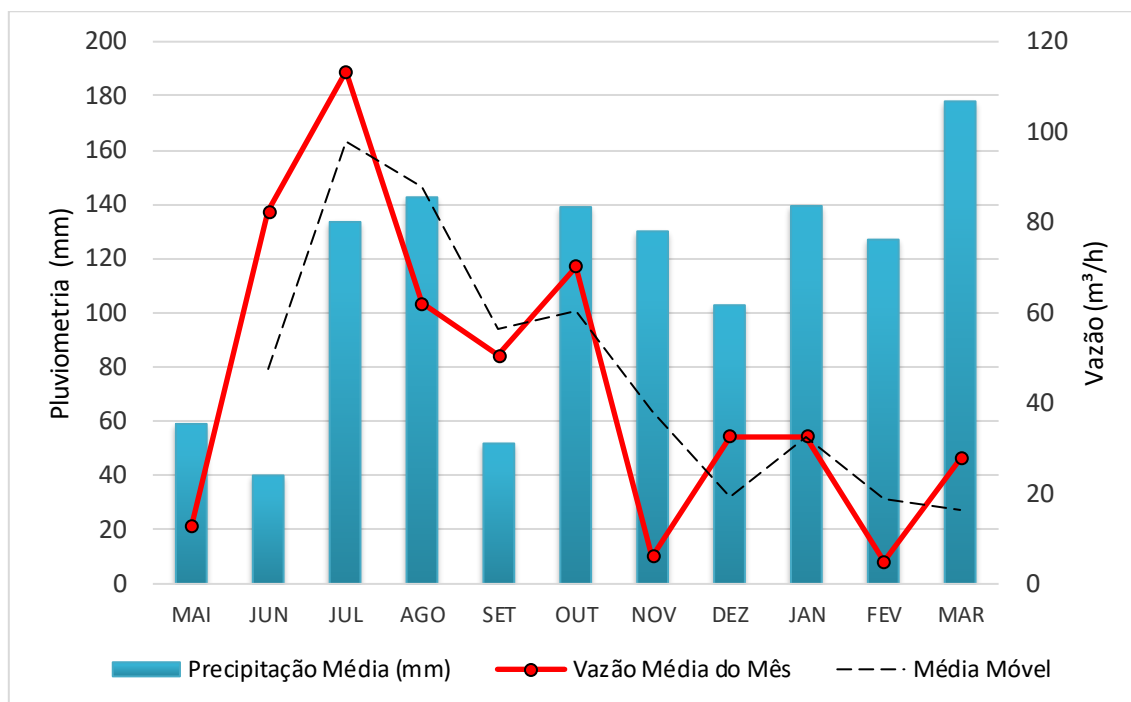
Fonte: o autor.

Em relação ao ponto SM-VZ-10 (Figura 43), nota-se novamente o comportamento similar das demais drenagens pertencentes a esse grupo.

Com o valor máximo acima de 180 m³/h obtido no inverno em julho (menores temperaturas do ano), porém com duas diferenças. Ambas analisando valores elevados em junho e setembro sobre condições chuvosas amenas. Para as taxas mínimas de vazão anotada, constatou-se duas frentes distintas, no mês de novembro durante a primavera e em fevereiro na época do verão, porém ambas sobre o mesmo contexto com alta pluviosidade.

Esses fatos comprovam que a sensibilidade das drenagens com baixas vazões e muito susceptíveis a qualquer mudança no balanço hídrico, seja por um aumento excessivo do fluxo de água em regimes baixos de chuva, ou por vazões muito elevadas em períodos de estiagem.

Figura 43 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-10.

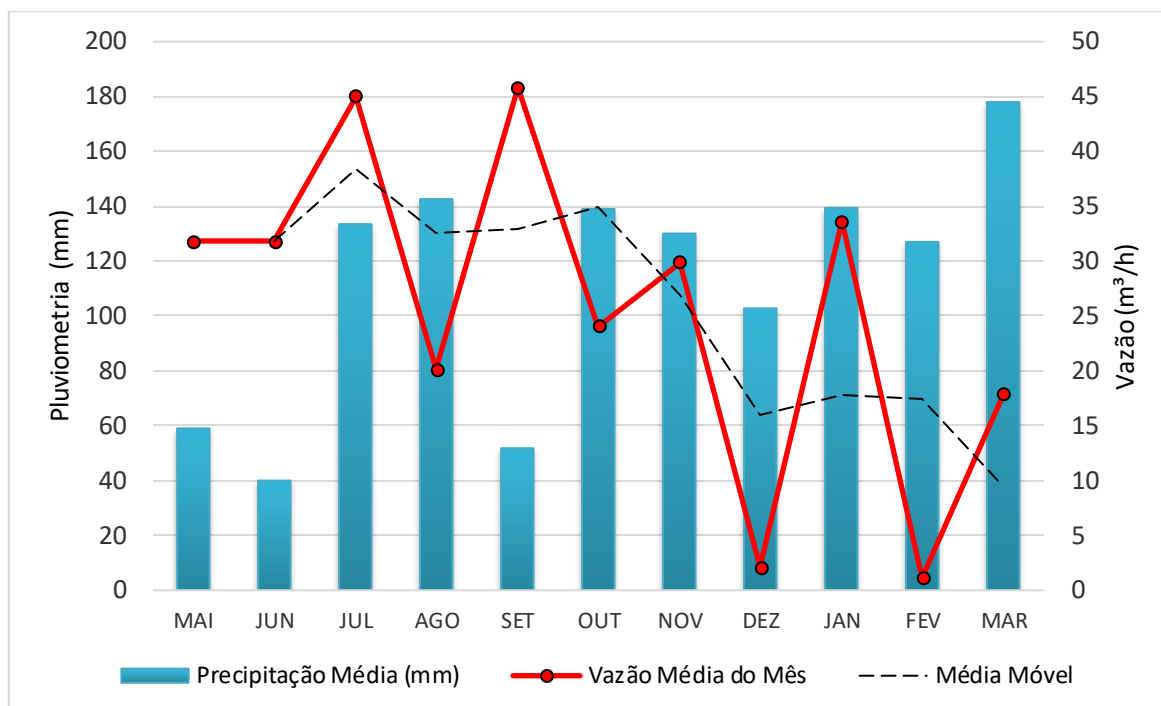


Fonte: o autor.

O ponto SM-VZ-11 apresenta uma tendência anormal com uma disposição caótica dos dados de vazão, alternando entre altos e baixos valores a cada mês (Figura 44). Porém a tendência dos valores permite averiguar que os fluxos máximos se encontram em julho e setembro, com alta e baixa pluviometria sucessivamente, e as mínimas vazões foram anotadas em dezembro e fevereiro durante o verão chuvoso observado durante o trabalho.

Os resultados muito indiferentes obtidos nesse ponto, apontam para uma incerteza enquanto a coleta dos dados dessa drenagem, uma vez que, a falta de uma tendência bem definida principalmente no período entre primavera e verão como visto em outros casos durante o estudo, não comprova efetivamente o caráter perene desse corpo hídrico. Por outro lado, sustenta a ideia da fragilidade dos dados sensíveis a quaisquer oscilações no balanço hídrico da região.

Figura 44 - Relação mensal da vazão com a precipitação no ponto SM-VZ-10.



Fonte: o autor.

## 8.2 Qualidade da Água

As campanhas de coleta dos dados foram realizadas no período de 26 de maio de 2016 a 28 de março de 2017. Efetuou-se uma média de duas campanhas por mês totalizando vinte amostragens em campo. Com propósito de investigar se os parâmetros físico-químicos se encontram dentro das normas estabelecidas nas portarias do CONAMA 357/2005 e pelo Ministério da Saúde nº 2914/2011.

Visando uma melhor representatividade dos valores, as campanhas de campo abrangem as quatro estações do ano com regimes chuvosos e secos, afim de compreender os parâmetros sobre dois contextos que influenciam diretamente nos resultados finais.

Mapas de concentração média dos valores de cada parâmetro foram gerados afim de ilustrar espacialmente a distribuição e comportamento dos mesmos. O método de interpolação utilizado no tratamento dos dados foi a Krigagem. A utilização desse método de interpolação justifica-se pois está associada a definição B.L.U.E. (*best linear unbiased estimator*). A krigagem

ordinária é linear porque suas estimativas são combinações lineares ponderadas dos dados disponíveis; é não-viciada porque busca o valor de erro ou resíduo médio igual a 0; por fim é melhor porque minimiza a variância dos erros. (Isaaks e Srivastava, 1989, p.278).

A média dos parâmetros físico-químicos medidos *in situ* com equipamento portátil são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Média representativa dos parâmetros coletados ao longo do trabalho.

Drenagens	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)
SM-VZ-01	265.322	6,576,908	270.27	20.11	16.50	39.29	7.70	428.11	16.99
SM-VZ-02	265.176	6,576,782	103.11	20.53	16.67	49.86	7.41	419.87	20.69
SM-VZ-03	265.441	6,578,968	45.22	23.10	18.43	232.74	7.12	413.81	99.03
SM-VZ-04	262.336	6,577,457	128.40	19.56	16.86	39.07	7.81	427.59	16.18
SM-VZ-05	262.195	6,577,064	152.69	19.40	16.68	44.26	7.70	432.10	18.40
SM-VZ-06	262.105	6,574,562	301.21	19.45	17.00	61.03	7.68	414.18	25.34
SM-VZ-07	262.197	6,574,488	166.19	18.87	17.05	35.82	7.77	423.42	14.76
SM-VZ-08	260.873	6,574,520	55220.83	22.87	20.19	76.83	7.75	414.64	32.17
SM-VZ-09	261.028	6,577,958	393.51	23.15	17.85	72.71	7.86	418.72	30.60
SM-VZ-10	260.311	6,577,197	49.38	23.40	19.50	94.12	7.88	411.37	39.76
SM-VZ-11	260.373	6,577,007	26.97	22.99	18.25	152.21	7.82	406.28	64.43
SM-VZ-12	264.74	6,574,431	184.38	24.31	17.52	58.66	7.30	424.61	24.68
SM-VZ-13	265.318	6,574,230	62247.14	22.57	17.38	98.77	7.37	425.97	40.95
SM-VZ-14	269.456	6,575,762	19747.07	23.81	20.44	51.63	7.50	424.48	21.53
SM-VZ-15	262.573	6,580,185	250.84	23.11	17.86	48.47	7.65	419.32	20.36
SM-VZ-16	264.998	6,579,488	94.47	21.89	17.93	122.27	7.55	415.65	53.15

Fonte: o autor.

### 8.2.1 Potencial Hidrognônico (pH)

Como pode ser visualizado na Tabela 4, o menor valor registrado do pH foi de 6,62 no dia 14 de fevereiro de 2017 no ponto SM-VZ-02, e o maior valor encontrado foi pH igual a 8,38 no ponto SM-VZ-04 no dia 8 de agosto de 2016. A média geral desse parâmetro considerando todos os pontos foi 7,58.



Tabela 4 - Valores mínimos, máximos e médios do pH para cada drenagem.

Drenagens	Mínimo	Máximo	Média
SM-VZ-01	6.93	8.34	7.7
SM-VZ-02	6.62	8.19	7.41
SM-VZ-03	6.85	7.7	7.12
SM-VZ-04	7.29	8.38	7.8
SM-VZ-05	6.91	8.31	7.7
SM-VZ-06	7.01	8.25	7.68
SM-VZ-07	7.05	8.31	7.77
SM-VZ-08	6.7	8.29	7.74
SM-VZ-09	7.41	8.37	7.86
SM-VZ-10	7.25	8.34	7.87
SM-VZ-11	7.44	8.24	7.82
SM-VZ-12	6.48	7.91	7.3
SM-VZ-13	6.7	8.25	7.36
SM-VZ-14	6.91	8.1	7
SM-VZ-15	6.92	8.15	7.65
SM-VZ-16	7.08	8.02	7.54

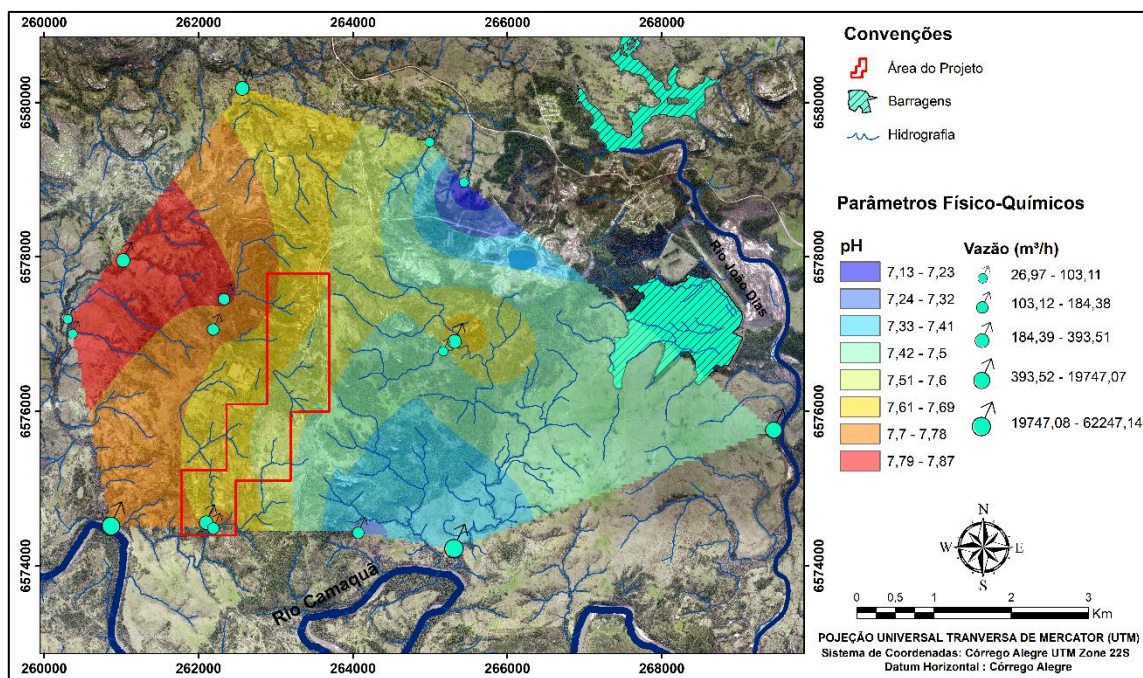
Fonte: o autor.

De maneira geral, os valores encontrados para o parâmetro pH são condizentes com aqueles da classe especial, segundo a Resolução do CONAMA 357/2005, uma vez que, para esse parâmetro, o valor pode encontra-se na faixa entre 6 e 9.

Sutilmente afastados da neutralidade valores máximos próximos ao limite chamam atenção para tendência de um caráter mais básico das águas superficiais da área de estudo.

A Figura 45 apresenta a configuração espacial da distribuição do pH médio de cada ponto nas águas superficiais.

Figura 45 - Distribuição dos valores médios de pH através da interpolação dos dados na área de estudo.



Fonte: o autor.

O pH é muito influenciado pela quantidade de matéria em decomposição, sendo que quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, pois ácidos são produzidos para que ocorra a decomposição desse material (ESTEVES, 1998).

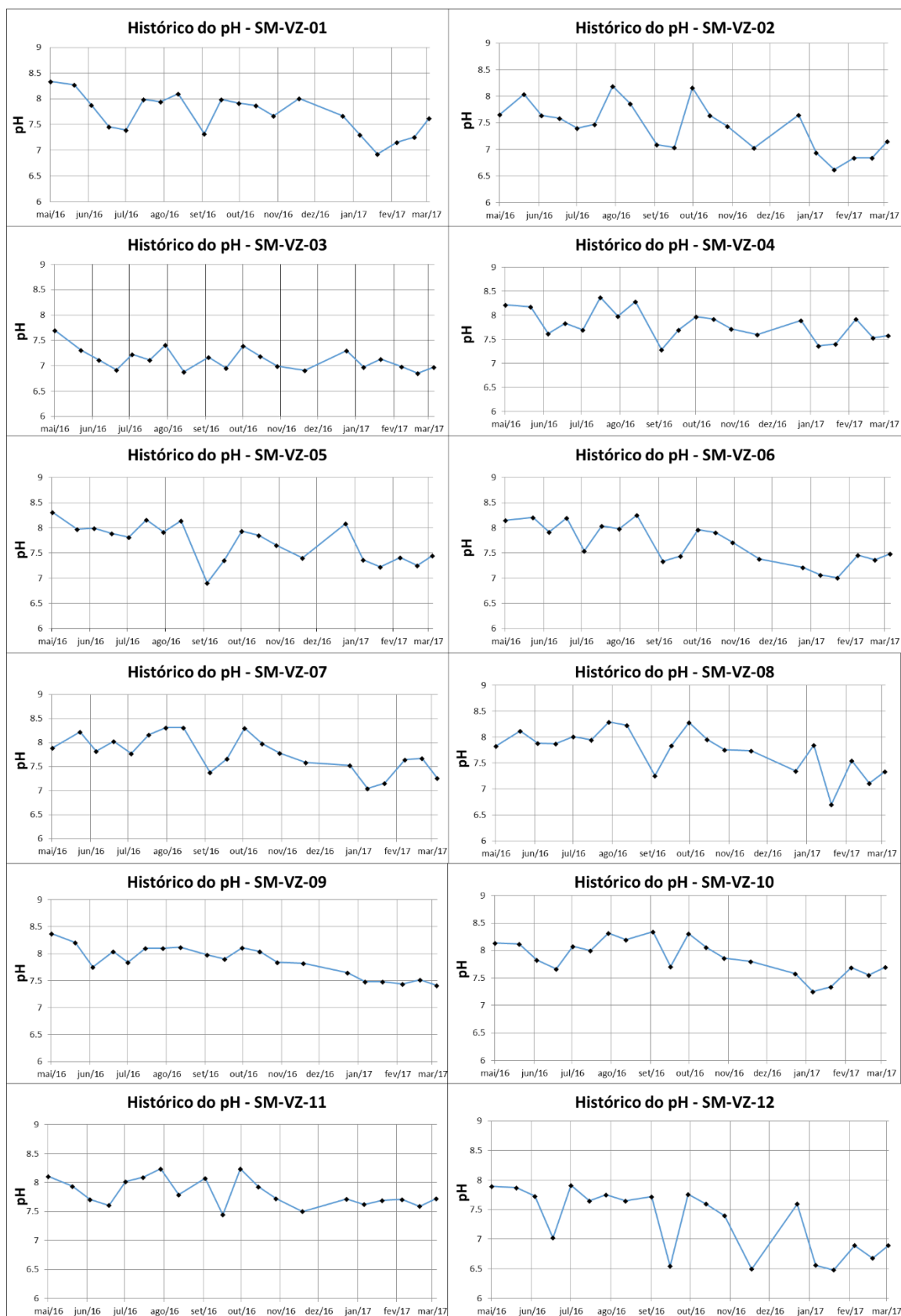
Através das coletas de campo foi possível averiguar que não havia excesso de matéria orgânica existente nos cursos d'água, indicando que um dos motivos para o valor médio do pH estar próximo a neutralidade pode ter sido o fato de conter pouco matéria orgânica a ser decomposta.

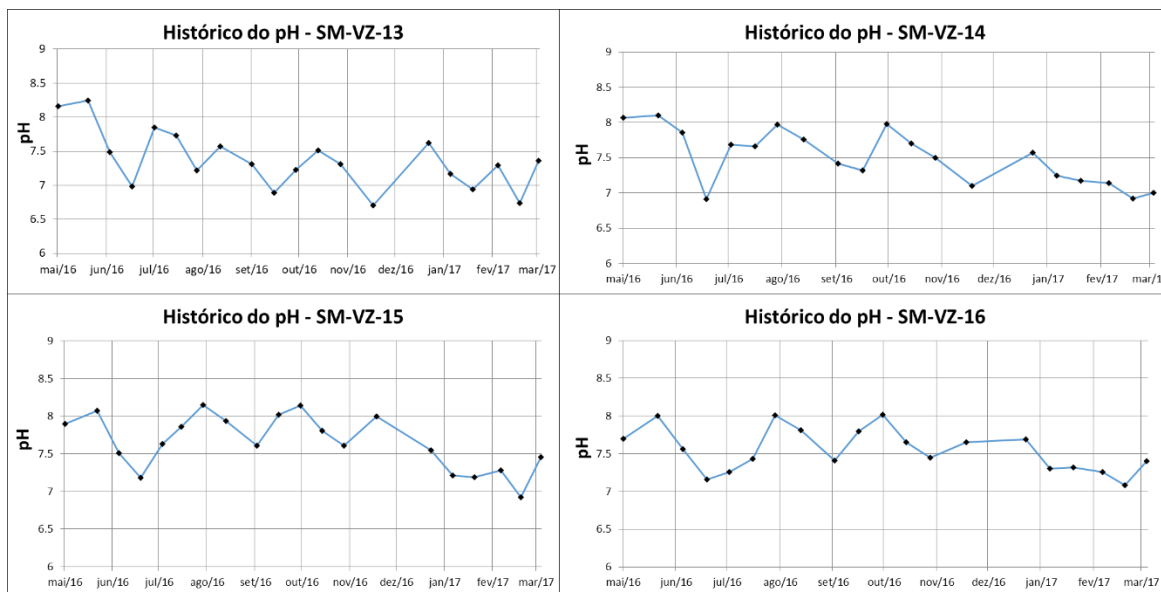
Segundo Esteves (1998) o pH pode ser considerado uma das variáveis ambientais mais importantes, ao mesmo tempo que uma das mais difíceis de se interpretar em função do grande número de fatores que podem influenciá-lo. Em grande parte das águas naturais os valores de pH estão relacionados ao balanço dos íons  $\text{OH}^-$  e  $\text{H}^+$ , originados da ionização do ácido carbônico que gera valores baixos de pH, pois aumenta a concentração hidrogeniônica, e das reações de íons carbonato e bicarbonatos com a água, que elevam os valores de pH para a faixa alcalina, pois aumentam a concentração hidroxiniônica.

Com o descrito acima podemos correlacionar os valores encontrados com a geologia local, uma vez que valores máximos elevados podem indicar forte relação da disposição de elementos alcalinos que compõe a matriz das rochas sedimentares da região como arenitos arcoseanos e ritimitos, como os feldspatos potássicos ( $KAlSi_3O_8$ ) e a barita ( $BaSO_4$ ). Eventos supergênicos podem acarretar aumento do pH uma vez que, a presença de óxidos de ferro como a hematita ( $Fe_2O_3$ ) ou carbonatos ( $CaCO_3$ ) nas águas subterrâneas alimentem as superficiais transpondo as características encontradas nos aquíferos para a superfície.

Abaixo pode-se observar a evolução do parâmetro pH nos dezesseis pontos ao longo das vinte campanhas de coleta (Figura 46).

Figura 46 - Evolução dos valores do pH ao longo do ano nas dezesseis drenagens.





Fonte: o autor.

## 8.2.2 Potencial de Oxirredução (Eh)

Para o potencial de oxirredução segundo a Tabela 5, o valor mínimo obtido foi 186,6 mV no dia 27 de setembro de 2016 no ponto SM-VZ-06, enquanto o valor máximo registrado de 518,5 mV ocorreu dia 11 de outubro de 2016 na drenagem SM-VZ-12. A média geral para esse parâmetro considerando todos os pontos ficou em torno de 420,04 mV.

Tabela 5 - Valores mínimos, máximos e médios do Eh para cada drenagem.

<b>Drenagens</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>
SM-VZ-01	217.8	494	428.1
SM-VZ-02	218.5	477	419.87
SM-VZ-03	211.6	466	413.8
SM-VZ-04	216.4	482	427.59
SM-VZ-05	221.9	496	432.09
SM-VZ-06	186.6	470	414.8
SM-VZ-07	203.4	484.7	423.42
SM-VZ-08	207	463.8	414.63
SM-VZ-09	202.4	474	418.71
SM-VZ-10	214.8	473	411.36
SM-VZ-11	201.9	475	406.28
SM-VZ-12	247.4	518.4	424.6
SM-VZ-13	250.9	503.8	425.96
SM-VZ-14	214.8	541	424.48
SM-VZ-15	198.4	473	419.31
SM-VZ-16	211	467	415.65

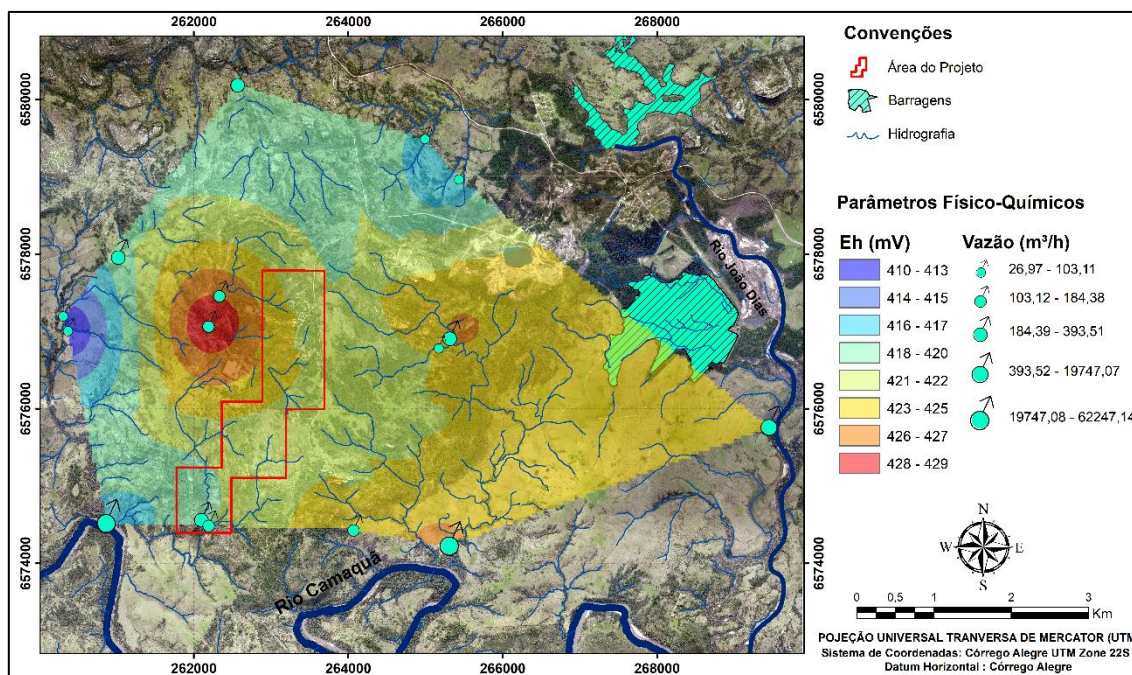
Fonte: o autor.

De maneira geral, os valores demonstrados durante as campanhas de coleta se apresentaram satisfatório uma vez que, mantiveram-se em um intervalo acima de 400 mV representando um ambiente oxidante com muito oxigênio dissolvido na água.

A Figura 47 apresenta a configuração espacial da distribuição do Eh médio de cada ponto nas águas superficiais.



Figura 47 - Distribuição dos valores médios de Eh através da interpolação dos dados na área de estudo.



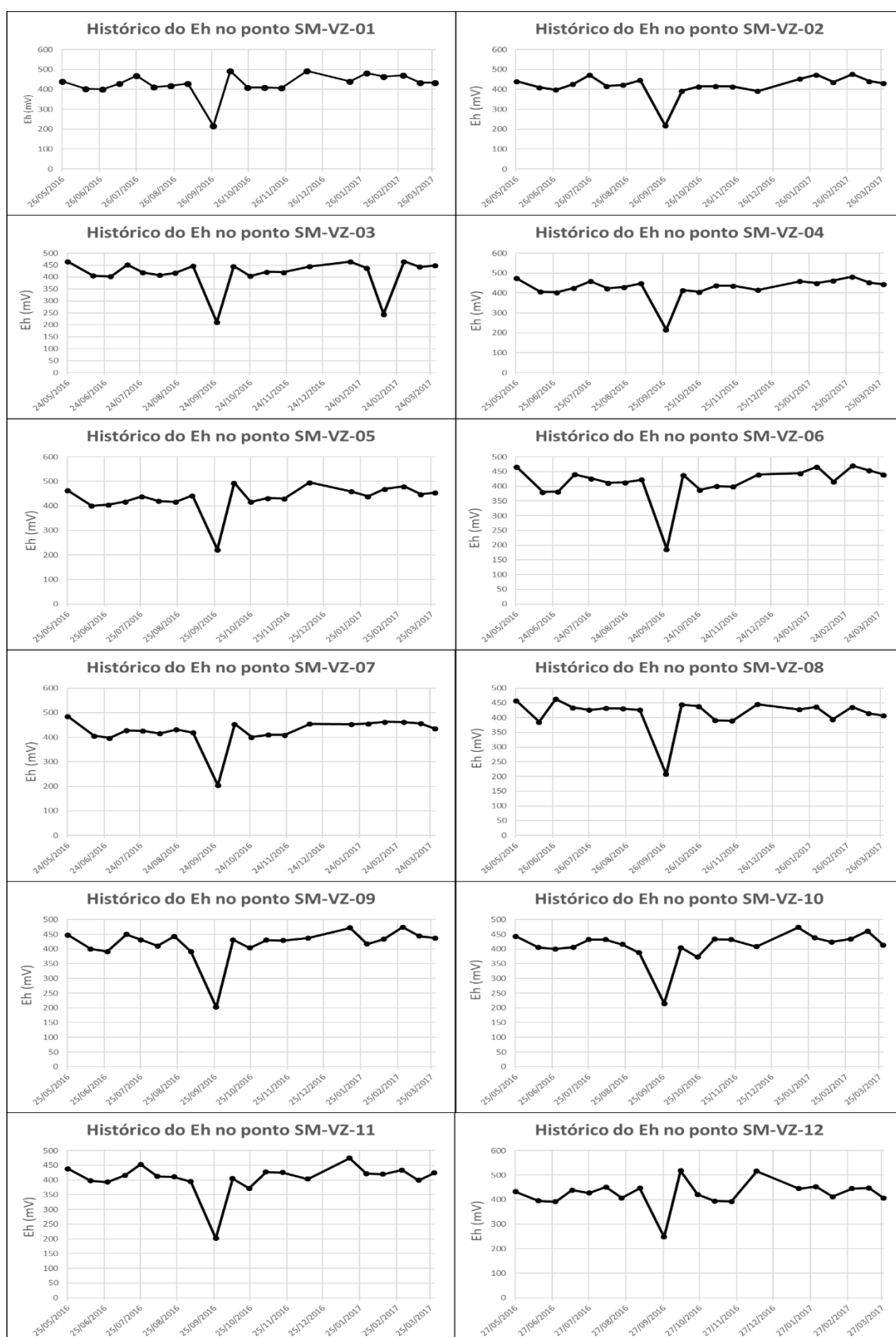
Fonte: o autor.

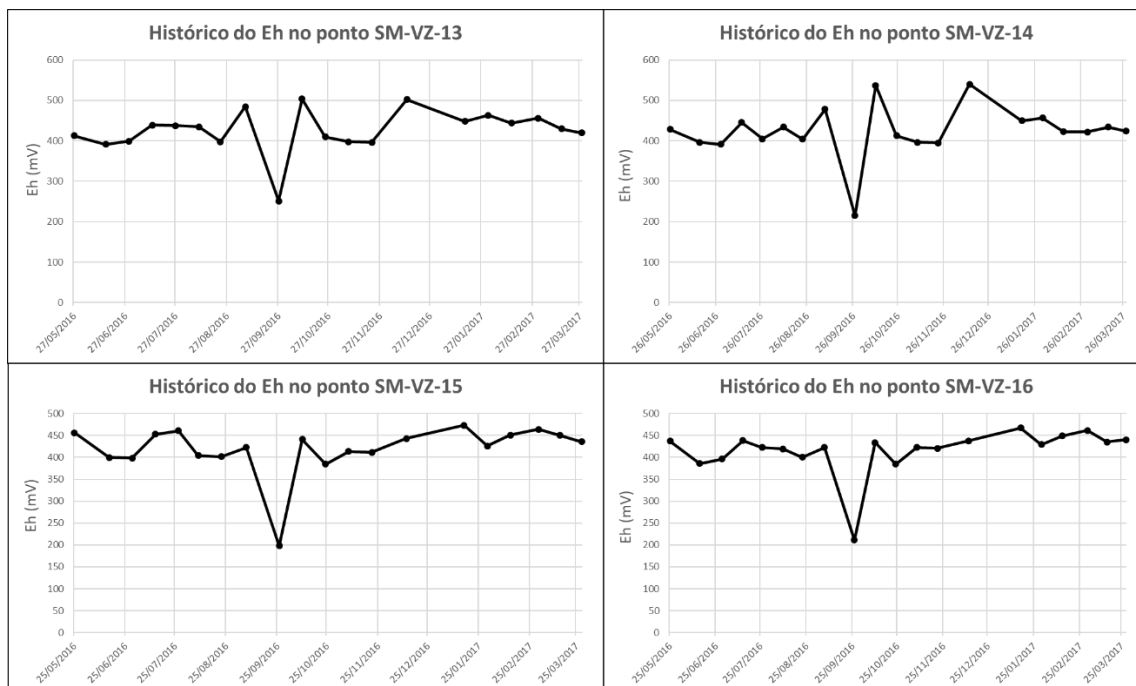
É importante considerar que a condição de oxirredução tem influência bastante considerável na química e bioquímica da água, pois várias funções (como respiração) dependem dela. Se há um alto conteúdo de oxigênio, os valores redox são altos, enquanto que em caso de concentração baixa de O<sub>2</sub>, ou em sua ausência, processos redutivos são dominantes, como a respiração anaeróbica de bactérias. Contaminação por proteína de alimentos e excrementos usualmente agem de maneira redutiva, e a água poluída sempre tem medidas de potencial redox bem inferiores à de água não poluída.

Com isso pode-se concluir que através da análise desse parâmetro a qualidade dos corpos hídricos na área de estudo encontra-se sob condições não impactadas ambientalmente, sejam por ações antrópicas ou pelo próprio meio biótico.

A evolução do parâmetro Eh é ilustrada na Figura 48 nos dezesseis pontos ao longo das vinte campanhas de coleta.

Figura 48 - Evolução dos valores do Eh ao longo do ano nas dezesseis drenagens.





Fonte: o autor.

### 8.2.3 Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Para os valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD), observou-se (Tabela 6) que o maior valor (155,3 ppm) foi registrado na 17ª campanha no dia 13 de fevereiro de 2017 no ponto SM-VZ-11, enquanto a mínima de 9,7 ppm foi anotada na 4ª campanha no dia 12 de julho de 2016 no ponto SM-VZ-01. A média em todos os pontos foi próxima a 33,69 ppm.

Tabela 6 - Valores mínimos, máximos e médios do STD para cada drenagem.

Drenagens	Mínimo	Máximo	Média
SM-VZ-01	9.7	64.8	16.98
SM-VZ-02	10.49	55.5	20.69
SM-VZ-03	61.3	144.4	99.3
SM-VZ-04	9.62	30.9	16.18
SM-VZ-05	10.94	26.7	18.39
SM-VZ-06	9.52	53.6	25.33
SM-VZ-07	9.83	35.6	14.76
SM-VZ-08	13.48	93.8	32.17
SM-VZ-09	13.58	124.3	30.59
SM-VZ-10	17.04	90.5	39.75
SM-VZ-11	18.25	155.3	64.42
SM-VZ-12	15.73	58.9	24.68
SM-VZ-13	13.09	152	40.94
SM-VZ-14	10.93	35.6	21.52
SM-VZ-15	10.87	89	20.35
SM-VZ-16	26.9	98.1	53.14

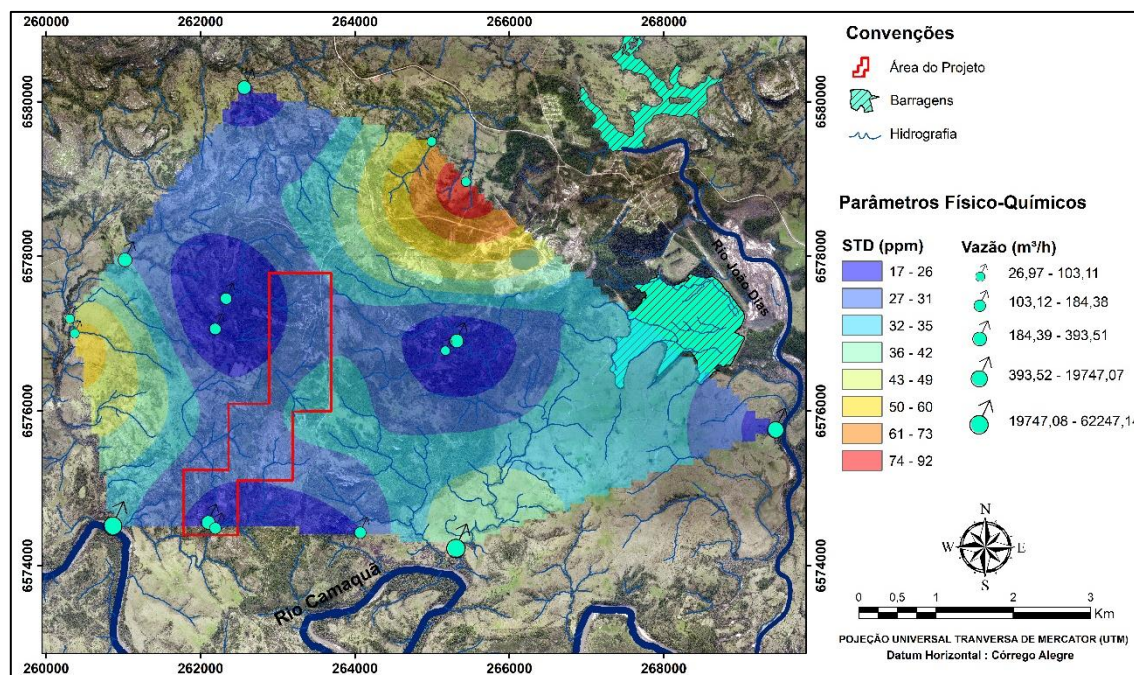
Fonte: o autor.

Para o STD, o valor máximo exigido para esse parâmetro é de 1000 ppm ou mg/L, segundo o CONAMA 357/2005 para a classe especial e pela Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011.

Em alguns pontos observou-se que com o aumento do valor da vazão nos rios devido principalmente à elevada pluviometria durante as campanhas, houve conseqüentemente o aumento de sólidos totais dissolvidos. Fato esse que pode ser observado em um estudo de Barreto et al. (2014) onde, foram medidos os teores de STD e avaliada a relação entre a vazão e a qualidade da água numa seção do Rio Catolé Grande-BA, onde observou-se um aumento dos sólidos totais dissolvidos ao aumentar a vazão do rio.

A Figura 49 representa a configuração espacial da distribuição dos valores de STD médio de cada ponto nas águas superficiais.

Figura 49 - Distribuição dos valores médios de STD através da interpolação dos dados na área de estudo.



Fonte: o autor.

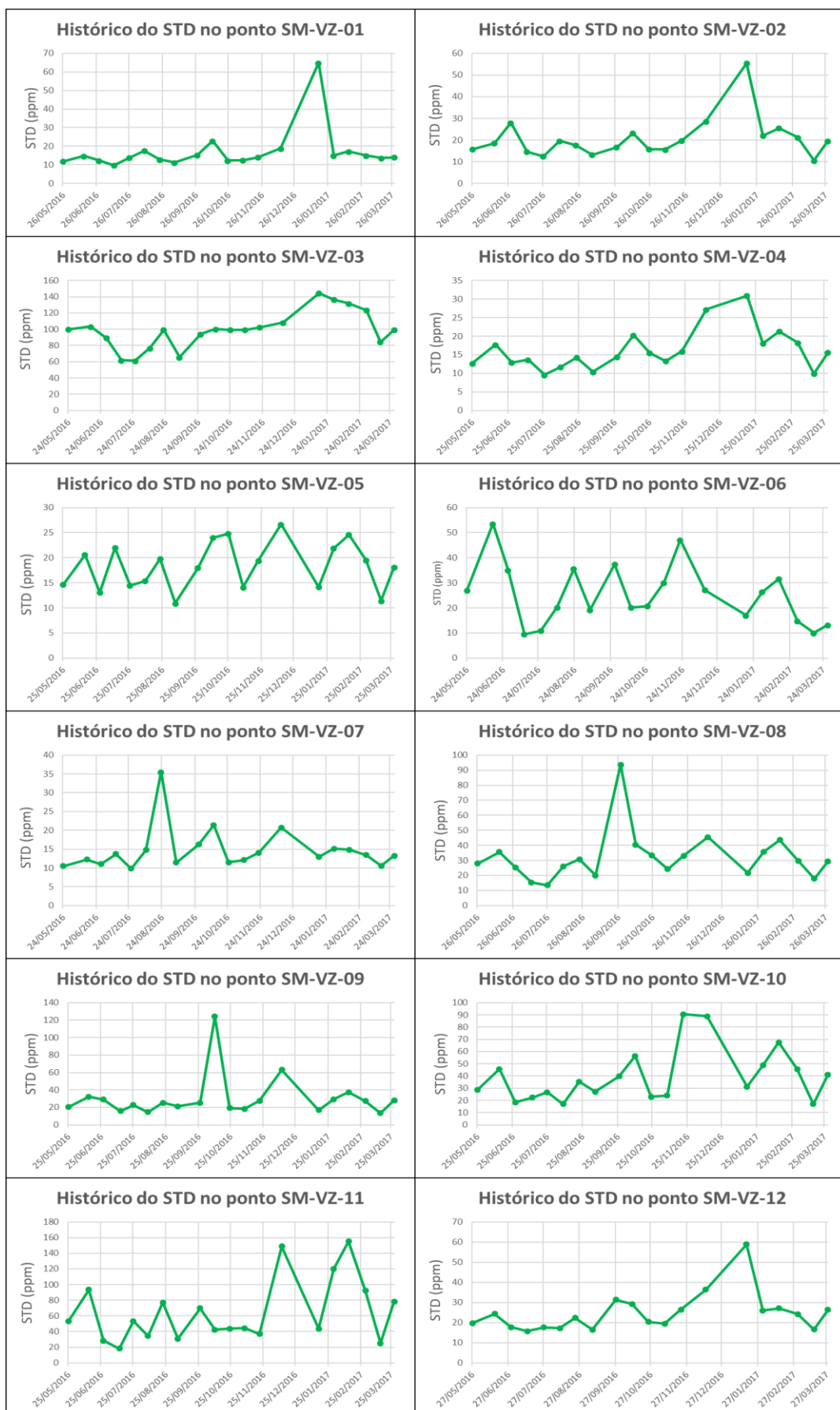
Em águas continentais, os STD variam em relação à hidrogeoquímica regional e das drenagens de rochas ígneas ou sedimentares (Tundisi e Matsumura Tundisi, 2008). Os STD incluem todos os sais e componentes não iônicos. Os processos de intemperismo geram produtos que são encontrados nos corpos da água na forma iônica, que são os principais constituintes dos STD. Este parâmetro é utilizado no controle de poluição de corpos d'água natural com esgotos sanitários e efluentes industriais, para avaliar a eficiência nas estações de tratamentos de efluentes.

O comportamento geral desse parâmetro indica uma boa qualidade da água nos corpos hídricos da área de estudo, levando em consideração uma constante pluviometria ao longo do ano, restringindo períodos de seca pontuais. As atividades da região representam um controle na qualidade dos sólidos em suspensão já que, a silvicultura e pecuária como principais atividades rurais no distrito de minas do Camaquã, impedem a contaminação ou aumentos dos valores de STD em função da não industrialização da região.

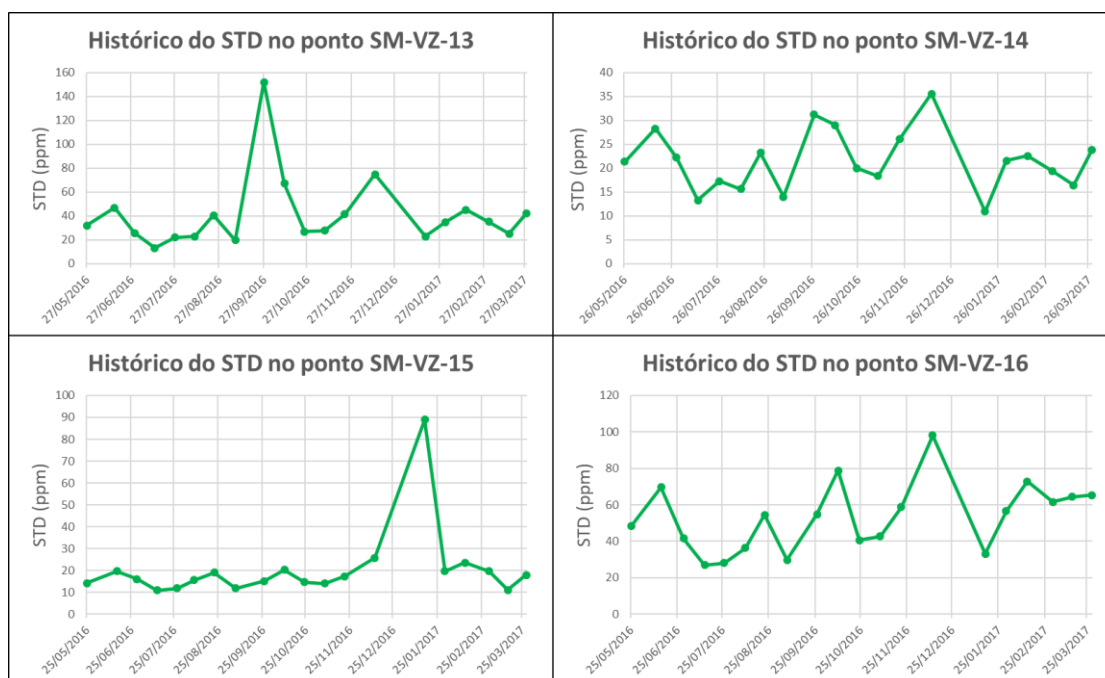
Abaixo pode-se observar a evolução do parâmetro STD na Figura 50 durante as vinte campanhas de coleta dos dados nos dezesseis pontos.



Figura 50 - Evolução dos valores do STD ao longo do ano nas dezesseis drenagens.







Fonte: o autor.

## 8.2.4 Condutividade Elétrica (CE)

Para a condutividade elétrica (CE), conforme a Tabela 7 pode-se observar que o menor valor ( $23,5 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) foi constatado na 4ª campanha no dia 12 de julho de 2016 no ponto SM-VZ-06, e o máximo registrado foi de  $136,8 \mu\text{S}/\text{cm}$  na 15ª campanha no dia 17 de janeiro de 2017 no ponto SM-VZ-12. A média geral obtida desse parâmetro está próximo a  $79,85 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

Tabela 7 - Valores mínimos, máximos e médios do CE para cada drenagem.

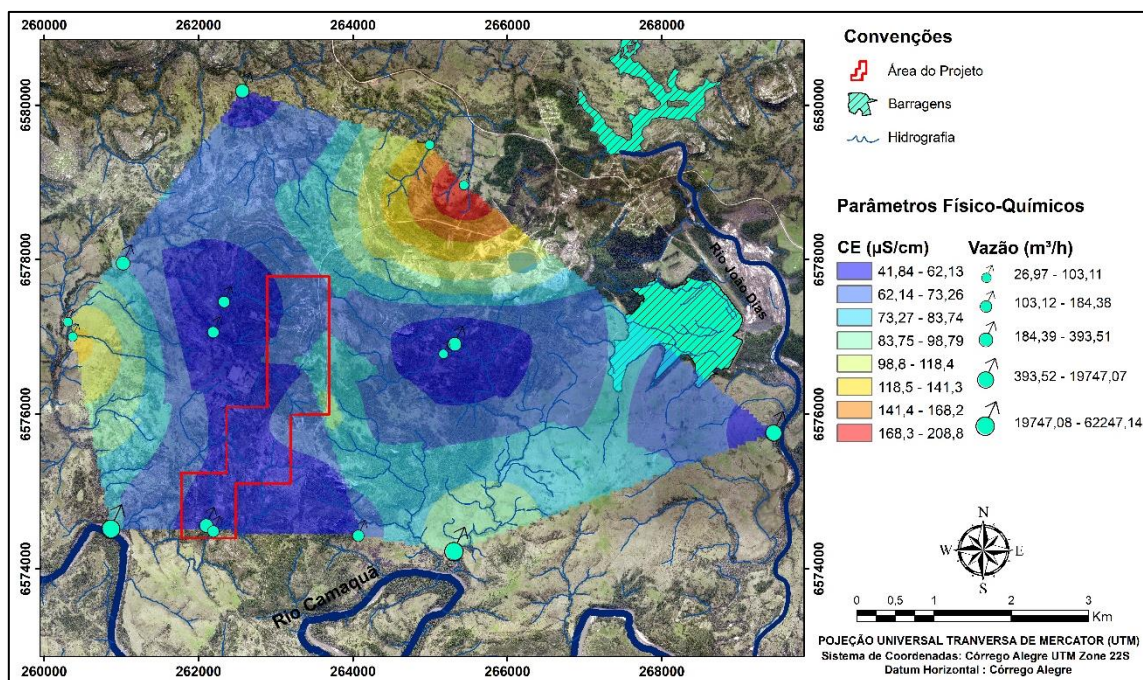
<b>Drenagens</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>
SM-VZ-01	24	151	39,28
SM-VZ-02	25,8	133,1	49,85
SM-VZ-03	144,7	344	232,72
SM-VZ-04	23,7	73,70	39,07
SM-VZ-05	27,1	62,70	44,26
SM-VZ-06	23,5	131,6	61,02
SM-VZ-07	24,2	84,4	35,82
SM-VZ-08	32,2	211	76,82
SM-VZ-09	32,3	289	72,71
SM-VZ-10	40,7	211	94,12
SM-VZ-11	44,1	364	152,20
SM-VZ-12	37,9	136,8	58,66
SM-VZ-13	31,6	388	98,76
SM-VZ-14	26,9	84,5	51,62
SM-VZ-15	26,7	203	48,46
SM-VZ-16	65	229	122,27

Fonte: o autor.

Por esse parâmetro observa-se que os pontos SM-VZ-03 e SM-VZ-11 apresentaram valores elevados quando comparados aos demais pontos, representando uma condição com grandes quantidades de íons. Esse parâmetro não identifica quais são os íons presentes na água, mas é um indicador importante de possíveis fontes poluidoras (ZUIN; IORIATTI; MATHEUS, 2009).

Abaixo observamos a configuração espacial da distribuição da condutividade elétrica média de cada ponto nas águas superficiais (Figura 51).

Figura 51 - Distribuição dos valores médios de CE através da interpolação dos dados na área de estudo.



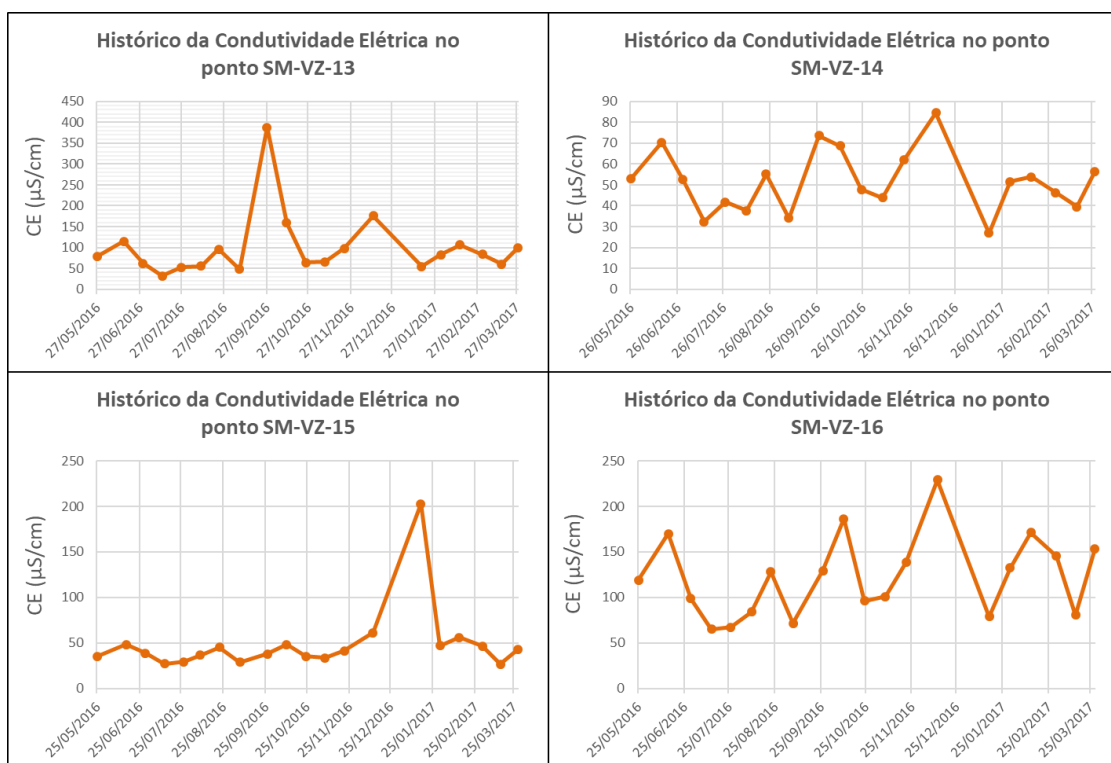
Fonte: o autor.

Por definição, condutividade elétrica da água é a capacidade que ela tem de transmitir corrente elétrica, considerando que esta depende da presença e do teor de sais dissolvidos ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ). Apesar valores de CE não representarem nenhum risco ao seres humanos e animais, mas pelo seu valor, pode-se calcular a concentração de Sólidos Totais Dissolvidos (STD), o qual oferece risco, pois, quando em excesso, tornam a água desagradável ao paladar, corroendo as tubulações e ocasionando problemas de saúde para os seres humanos. Considerando que grande parte da população local é abastecida por poços artesianos e corpos hídricos superficiais, deve-se atentar para não utilização das águas nos pontos SM-VZ-03 e SM-VZ-11 tendo em vista todo contexto.

Abaixo pode-se observar a evolução do parâmetro condutividade elétrica na Figura 52 durante as vinte campanhas de coleta dos dados nos dezesseis pontos.

Figura 52 - Evolução dos valores de CE ao longo do ano nas dezesseis drenagens.





Fonte: o autor.

## 8.2.5 Temperatura (C°) do Ar e da Água

Em relação ao parâmetro temperatura, os valores mínimos registrados foram de 7,3°C na 2ª campanha no dia 15 de junho de 2016 para o ar no ponto SM-VZ-06, e 7,5°C nos pontos SM-VZ-01 e SM-VZ-09 na 2ª campanha no mês de junho em ambas drenagens para a água. Os máximos obtidos foram 38,7°C na 18ª campanha em fevereiro de 2017 para o ar, e 30,7°C também na 18ª campanha em março de 2017 para a água. A média geral para a temperaturas do ar e da água foram aproximadamente 21,81°C e 17,87°C respectivamente.

Análise da variação dos valores apresentados nos gráficos abaixo (Tabela 8) com a evolução da temperatura do ar e da água ao longo das campanhas de coleta, é visível a correlação do aumento das temperaturas com as épocas do ano, onde os máximos foram registrados durante o verão com alta pluviosidade, bem como os mínimos obtidos durante o inverno.

Tabela 8 - Valores mínimos, máximos e médios da temperatura do Ar e Água para cada drenagem.

Drenagens	Temperatura do Ar			Temperatura da Água		
	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média
SM-VZ-01	10,4	28,1	20,1	7,5	22,2	16,5
SM-VZ-02	10,6	29	20,52	8,3	22,7	16,67
SM-VZ-03	10,5	32,4	23,1	12,7	24	18,43
SM-VZ-04	11	25,2	19,56	9,3	22,4	16,86
SM-VZ-05	11	25,2	19,39	8,9	22,2	16,67
SM-VZ-06	7,3	27,8	19,44	10,3	22,3	17
SM-VZ-07	7,4	25,8	18,86	10,4	22,3	17,05
SM-VZ-08	8,2	37,1	22,86	8,8	30,7	20,19
SM-VZ-09	7,6	34	23,14	7,5	25,2	17,84
SM-VZ-10	16,7	31,8	23,4	8,8	28,2	19,49
SM-VZ-11	15,1	31,4	22,98	8,5	24,7	18,24
SM-VZ-12	11,6	40,2	24,31	11,3	22,9	17,51
SM-VZ-13	11,8	33,1	22,57	8,1	23,9	17,38
SM-VZ-14	12,6	38,7	23,80	12,1	28,5	20,44
SM-VZ-15	10,5	33,8	23,11	9,6	24,3	17,85
SM-VZ-16	12,2	32,7	21,89	10,3	24,1	17,92

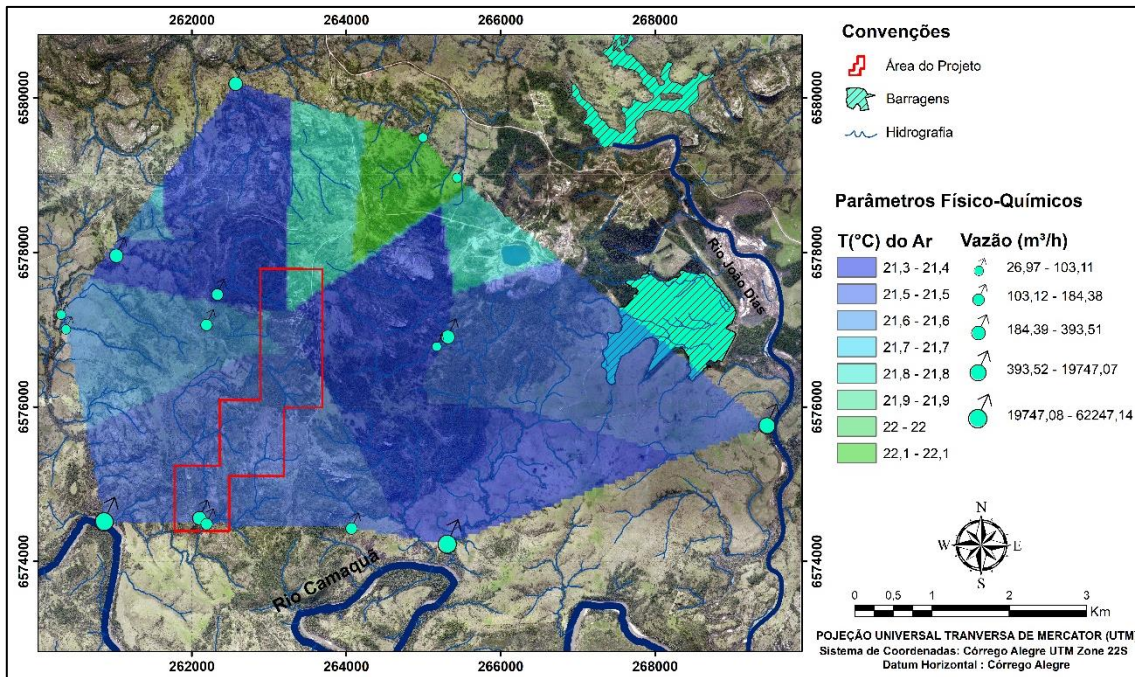
Fonte: o autor.

A temperatura é o parâmetro que faz a medição da intensidade de calor, refletindo o grau de aquecimento das águas e da radiação solar, e depende de fatores como clima, composição geológica, condutividade elétrica das rochas, dentre outras (Matic et al., 2013). mostrando uma estabilidade durante todo o ano característico da região subtropical (Esteves, 2011; Matic et al., 2013).

As Figuras 53 e 54 apresentam a configuração espacial da distribuição da temperatura média do ar e da água média de cada ponto nas águas superficiais.

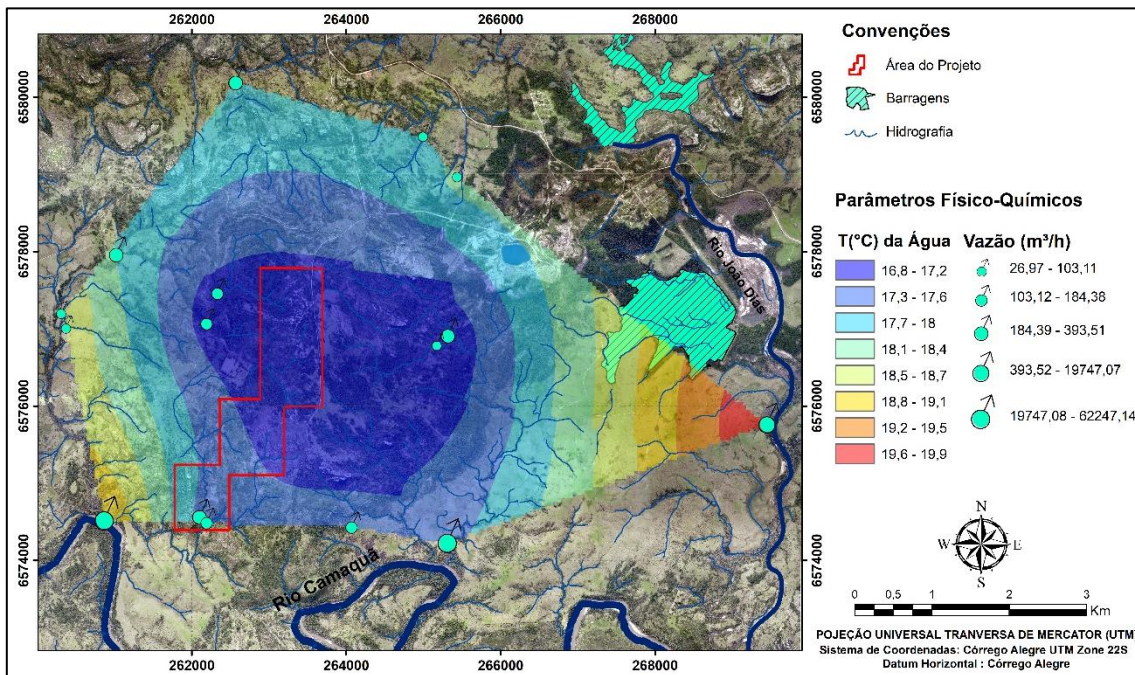


Figura 53 - Distribuição dos valores médios da Temperatura do Ar através da interpolação dos dados na área de estudo.



Fonte: o autor.

Figura 54 - Distribuição dos valores médios da Temperatura da Água através da interpolação dos dados na área de estudo.



Fonte: o autor.

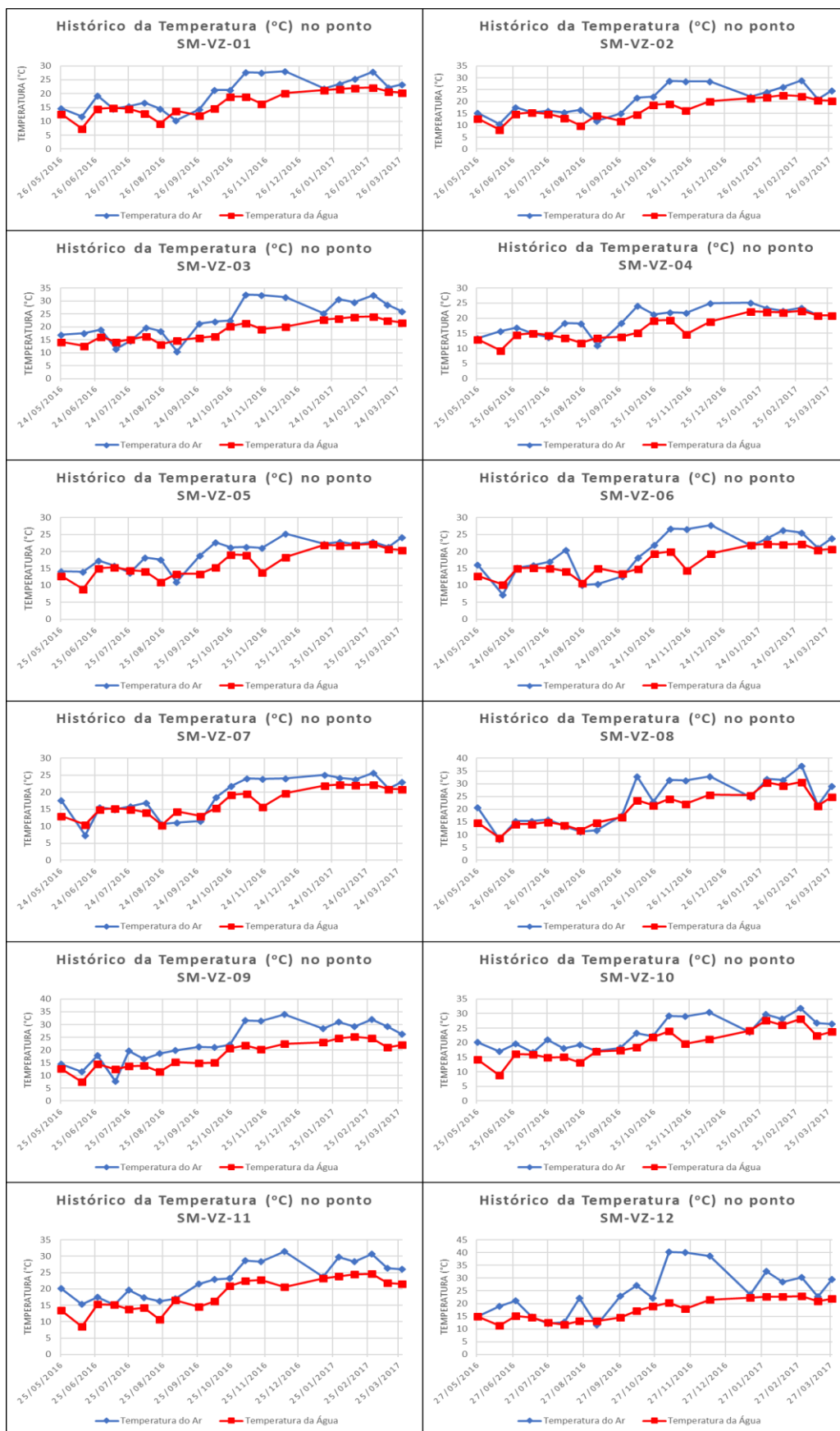
Na época de maior precipitação, a nebulosidade aumenta e dificulta a absorção dos raios solares nas superfícies dos corpos d'água, o que não sucede no período menos chuvoso, pois o tempo de incidência dos raios solares é maior (Sá Filho, 2010). A temperatura é um parâmetro que também permite determinar se há poluição térmica pela descarga de efluentes (Von Sperling, 2007; Sanchez, 2006). Como diversos corpos hídricos são receptores de efluentes, a resolução do CONAMA 430 estabelece como temperatura máxima para o lançamento de efluentes, 40°C.

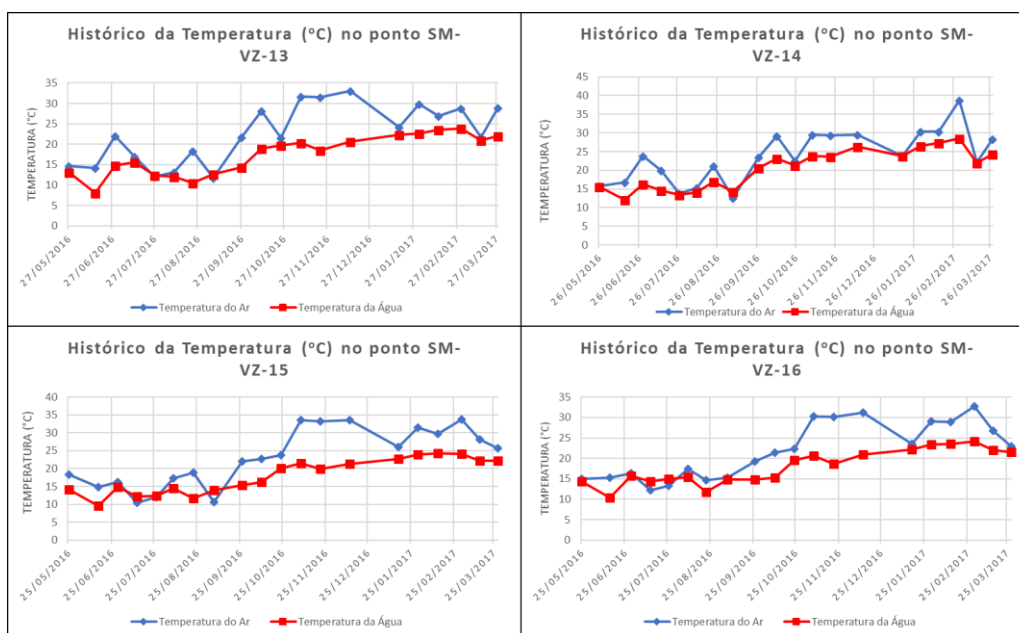
Todos os pontos analisados durante o decorrer do trabalho, estão dentro da resolução estabelecida pelo CONAMA, apesar de alguns valores pontuais estarem próximos ao valor máximo de 40°C.

Para Madden et al. (2013) as descargas de efluentes mudam a temperatura dos ecossistemas aquáticos representando ameaça para a biota aquática. Por outro lado, na coluna d'água a temperatura diminui com a profundidade de um corpo hídrico e tem correlação com outros parâmetros (Malheiros et al., 2012).

Abaixo pode-se observar a evolução da temperatura do ar e da água simultaneamente na Figura 55 durante as vinte campanhas de coleta dos dados nos dezesseis pontos.

Figura 55 - Evolução dos valores de temperatura do ar e da água ao longo do ano nas dezesseis drenagens.





Fonte: o autor.

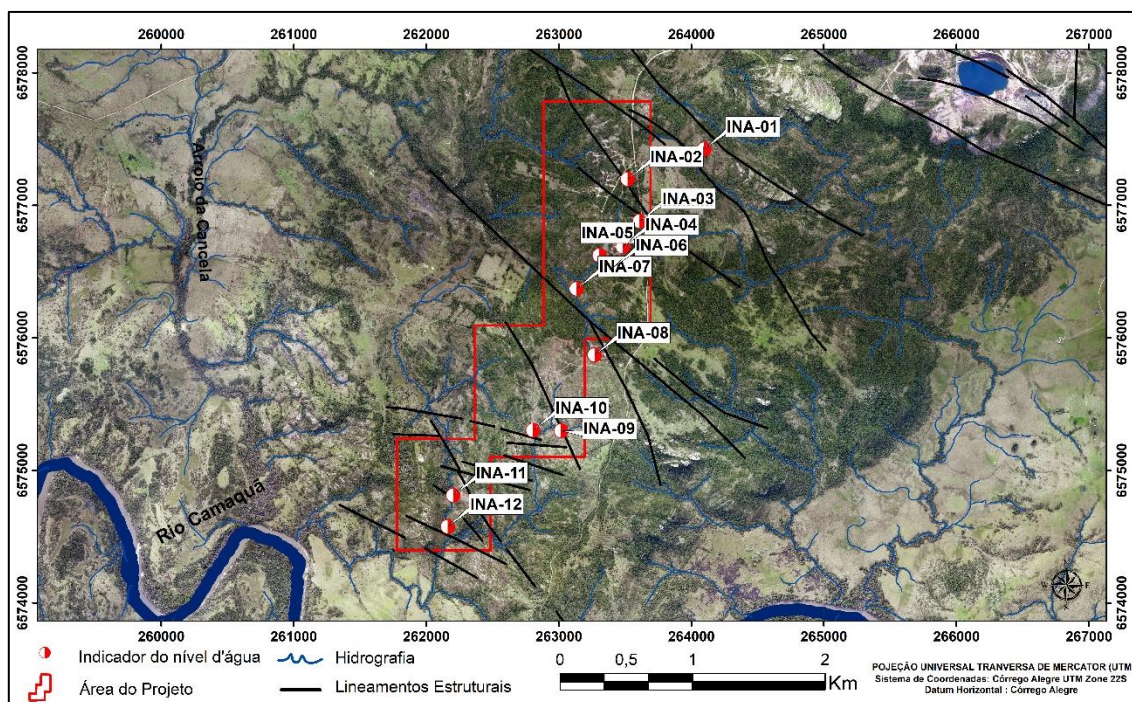
### 8.3 Estimativa do Vulnerabilidade do Aquífero

Para realização da estimativa da vulnerabilidade do aquífero, optou-se no presente estudo, reduzir o perímetro da área de trabalho para as proximidades da área de pesquisa mineral do Votorantim Metais, afim de obter resultados precisos quanto as características de fragilidade em uma futura implantação mineira.

Utilizou-se os dados de treze poços de monitoramento do nível d'água localizados dentro das áreas de sondagem do Projeto Caçapava do Sul (Figura 56) para monitoramento da vulnerabilidade do aquífero através da metodologia GOD durante nove meses sendo: março, junho, julho, agosto, setembro, novembro e dezembro de 2016, e fevereiro e abril de 2017.



Figura 56 - Localização geográfica dos treze poços de monitoramento do nível d'água próximos a área do projeto.



Fonte: o autor.

Todos os dados referentes as nove campanhas de monitoramento podem ser visualizadas abaixo nas Tabelas 9 a 17, onde constam as características que definem os índices para geral a vulnerabilidade final do aquífero.

Tabela 9 - Dados para determinação da vulnerabilidade do aquífero no mês de março de 2016.

PONTOS	UTM-E (m)	UTM-N (m)	COTA DO TERRENO (m)	Condição do Aquífero	G (Ocorrência do aquífero)	Litologia	O (Característica Litológica)	Nível D'água (m)	D (Profundidade da Água)	Índice Final	Vulnerabilidade
INA-01	264098	6577425	285	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	3,30	0,9	0,675	Alta
INA-02	263520	6577198	312	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	11,40	0,7	0,49	Média
INA-03	263611	6576881	308	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	3,70	0,9	0,675	Alta
INA-04	263484	6576688	295	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	13,74	0,7	0,525	Alta
INA-05	263307	6576624	280	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	6,02	0,8	0,6	Alta
INA-06	263409	6576531	284	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	5,10	0,8	0,6	Alta
INA-07	263134	6576371	250	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	12,20	0,7	0,525	Alta
INA-08	263271	6575871	285	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	57,03	0,5	0,35	Média
INA-09	263017	6575300	264	Livre	1	Solo Residual	0,4	0,20	1	0,4	Média
INA-10	262806	6575304	263	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	9,81	0,8	0,56	Alta
INA-11	262204	6574813	173	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	10,45	0,7	0,49	Média
INA-12	262162	6574577	154	Livre	1	Solo Residual	0,4	0,00	1	0,4	Média
INA-13	263965	6578597	306	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	23,18	0,6	0,42	Média

Fonte: o autor.

Tabela 10 - Dados para determinação da vulnerabilidade do aquífero no mês de junho de 2016.

PONTOS	UTM-E (m)	UTM-N (m)	COTA DO TERRENO (m)	Condição do Aquífero	G (Ocorrência do aquífero)	Litologia	O (Característica Litológica)	Nível D'água (m)	D (Profundidade da Água)	Índice Final	Vulnerabilidade
INA-01	264098	6577425	285	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	4,13	0,9	0,675	Alta
INA-02	263520	6577198	312	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	11,18	0,7	0,49	Média
INA-03	263611	6576881	308	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	3,87	0,9	0,675	Alta
INA-04	263484	6576688	295	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	13,13	0,7	0,525	Alta
INA-05	263307	6576624	280	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	6,45	0,8	0,6	Alta
INA-06	263409	6576531	284	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	5,29	0,8	0,6	Alta
INA-07	263134	6576371	250	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	12,67	0,7	0,525	Média
INA-08	263271	6575871	285	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	53,34	0,5	0,35	Média
INA-09	263017	6575300	264	Livre	1	Solo Residual	0,4	0,08	1	0,4	Média
INA-10	262806	6575304	263	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	10,04	0,7	0,49	Média
INA-11	262204	6574813	173	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	8,98	0,8	0,56	Alta
INA-12	262162	6574577	154	Livre	1	Solo Residual	0,4	0,00	1	0,4	Média
INA-13	263965	6578597	306	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	13,40	0,7	0,49	Média

Fonte: o autor.



Tabela 11 - Dados para determinação da vulnerabilidade do aquífero no mês de julho de 2016.

PONTOS	UTM-E (m)	UTM-N (m)	COTA DO TERRENO (m)	Condição do Aquífero	G (Ocorrência do aquífero)	Litologia	O (Característica Litológica)	Nível D'água (m)	D (Profundidade da Água)	Índice Final	Vulnerabilidade
INA-01	264098	6577425	285	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	3,47	0,9	0,675	Alta
INA-02	263520	6577198	312	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	10,44	0,7	0,49	Média
INA-03	263611	6576881	308	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	2,10	0,9	0,675	Alta
INA-04	263484	6576688	295	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	11,93	0,7	0,525	Alta
INA-05	263307	6576624	280	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	2,73	0,9	0,675	Alta
INA-06	263409	6576531	284	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	1,60	1	0,75	Extrema
INA-07	263134	6576371	250	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	11,55	0,7	0,525	Alta
INA-08	263271	6575871	285	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	52,29	0,5	0,35	Média
INA-09	263017	6575300	264	Livre	1	Solo Residual	0,4	0,10	1	0,4	Média
INA-10	262806	6575304	263	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	8,78	0,8	0,56	Alta
INA-11	262204	6574813	173	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	8,30	0,8	0,56	Alta
INA-12	262162	6574577	154	Livre	1	Solo Residual	0,4	0,00	1	0,4	Média
INA-13	263965	6578597	306	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	10,53	0,7	0,49	Média

Fonte: o autor.

Tabela 12 - Dados para determinação da vulnerabilidade do aquífero no mês de agosto de 2016.

PONTOS	UTM-E (m)	UTM-N (m)	COTA DO TERRENO (m)	Condição do Aquífero	G (Ocorrência do aquífero)	Litologia	O (Característica Litológica)	Nível D'água (m)	D (Profundidade da Água)	Índice Final	Vulnerabilidade
INA-01	264098	6577425	285	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	4,10	0,9	0,675	Alta
INA-02	263520	6577198	312	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	9,95	0,8	0,56	Alta
INA-03	263611	6576881	308	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	3,08	0,9	0,675	Alta
INA-04	263484	6576688	295	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	12,22	0,7	0,525	Alta
INA-05	263307	6576624	280	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	4,56	0,9	0,675	Alta
INA-06	263409	6576531	284	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	2,23	0,9	0,675	Alta
INA-07	263134	6576371	250	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	11,74	0,7	0,525	Alta
INA-08	263271	6575871	285	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	51,31	0,5	0,35	Média
INA-09	263017	6575300	264	Livre	1	Solo Residual	0,4	0,11	1	0,4	Média
INA-10	262806	6575304	263	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	8,99	0,8	0,56	Alta
INA-11	262204	6574813	173	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	9,01	0,8	0,56	Alta
INA-12	262162	6574577	154	Livre	1	Solo Residual	0,4	0,00	1	0,4	Média
INA-13	263965	6578597	306	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	10,64	0,7	0,49	Média

Fonte: o autor.

Tabela 13 - Dados para determinação da vulnerabilidade do aquífero no mês de setembro de 2016.

PONTOS	UTM-E (m)	UTM-N (m)	COTA DO TERRENO (m)	Condição do Aquífero	G (Ocorrência do aquífero)	Litologia	O (Característica Litológica)	Nível D'água (m)	D (Profundidade da Água)	Índice Final	Vulnerabilidade
INA-01	264098	6577425	285	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	2,58	0,9	0,675	Alta
INA-02	263520	6577198	312	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	9,23	0,8	0,56	Alta
INA-03	263611	6576881	308	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	3,48	0,9	0,675	Alta
INA-04	263484	6576688	295	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	11,95	0,7	0,525	Alta
INA-05	263307	6576624	280	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	4,37	0,9	0,675	Alta
INA-06	263409	6576531	284	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	2,43	0,9	0,675	Alta
INA-07	263134	6576371	250	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	11,50	0,7	0,525	Alta
INA-08	263271	6575871	285	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	49,81	0,6	0,42	Média
INA-09	263017	6575300	264	Livre	1	Solo Residual	0,4	0,16	1	0,4	Média
INA-10	262806	6575304	263	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	8,65	0,8	0,56	Alta
INA-11	262204	6574813	173	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	8,95	0,8	0,56	Alta
INA-12	262162	6574577	154	Livre	1	Solo Residual	0,4	0,00	1	0,4	Média
INA-13	263965	6578597	306	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	13,41	0,7	0,49	Média

Fonte: o autor.

Tabela 14 - Dados para determinação da vulnerabilidade do aquífero no mês de novembro de 2016.

PONTOS	UTM-E (m)	UTM-N (m)	COTA DO TERRENO (m)	Condição do Aquífero	G (Ocorrência do aquífero)	Litologia	O (Característica Litológica)	Nível D'água (m)	D (Profundidade da Água)	Índice Final	Vulnerabilidade
INA-01	264098	6577425	285	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	1,82	1	0,75	Extrema
INA-02	263520	6577198	312	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	9,66	0,8	0,56	Alta
INA-03	263611	6576881	308	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	3,49	0,9	0,675	Alta
INA-04	263484	6576688	295	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	12,00	0,7	0,525	Alta
INA-05	263307	6576624	280	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	5,60	0,8	0,6	Alta
INA-06	263409	6576531	284	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	2,94	0,9	0,675	Alta
INA-07	263134	6576371	250	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	11,75	0,7	0,525	Alta
INA-08	263271	6575871	285	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	46,13	0,6	0,42	Média
INA-09	263017	6575300	264	Livre	1	Solo Residual	0,4	0,10	1	0,4	Média
INA-10	262806	6575304	263	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	8,80	0,8	0,56	Alta
INA-11	262204	6574813	173	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	9,21	0,8	0,56	Alta
INA-12	262162	6574577	154	Livre	1	Solo Residual	0,4	0,00	1	0,4	Média
INA-13	263965	6578597	306	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	22,48	0,6	0,42	Média

Fonte: o autor.

Tabela 15 - Dados para determinação da vulnerabilidade do aquífero no mês de dezembro de 2016.

PONTOS	UTM-E (m)	UTM-N (m)	COTA DO TERRENO (m)	Condição do Aquífero	G (Ocorrência do aquífero)	Litologia	O (Característica Litológica)	Nível D'água (m)	D (Profundidade da Água)	Índice Final	Vulnerabilidade
INA-01	264098	6577425	285	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	0,57	1	0,75	Extrema
INA-02	263520	6577198	312	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	11,61	0,7	0,49	Média
INA-03	263611	6576881	308	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	12,20	0,7	0,525	Alta
INA-04	263484	6576688	295	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	13,53	0,7	0,525	Alta
INA-05	263307	6576624	280	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	6,32	0,8	0,6	Alta
INA-06	263409	6576531	284	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	5,84	0,8	0,6	Alta
INA-07	263134	6576371	250	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	13,05	0,7	0,525	Alta
INA-08	263271	6575871	285	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	15,05	0,7	0,49	Média
INA-09	263017	6575300	264	Livre	1	Solo Residual	0,4	0,30	1	0,4	Média
INA-10	262806	6575304	263	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	10,61	0,7	0,49	Média
INA-11	262204	6574813	173	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	11,92	0,7	0,49	Média
INA-12	262162	6574577	154	Livre	1	Solo Residual	0,4	0,00	1	0,4	Média
INA-13	263965	6578597	306	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	30,99	0,6	0,42	Média

Fonte: o autor.

Tabela 16 - Dados para determinação da vulnerabilidade do aquífero no mês de fevereiro de 2017.

PONTOS	UTM-E (m)	UTM-N (m)	COTA DO TERRENO (m)	Condição do Aquífero	G (Ocorrência do aquífero)	Litologia	O (Característica Litológica)	Nível D'água (m)	D (Profundidade da Água)	Índice Final	Vulnerabilidade
INA-01	264098	6577425	285	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	0,57	1	0,75	Extrema
INA-02	263520	6577198	312	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	11,61	0,7	0,49	Média
INA-03	263611	6576881	308	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	12,20	0,7	0,525	Alta
INA-04	263484	6576688	295	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	13,53	0,7	0,525	Alta
INA-05	263307	6576624	280	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	6,32	0,8	0,6	Alta
INA-06	263409	6576531	284	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	5,84	0,8	0,6	Alta
INA-07	263134	6576371	250	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	13,05	0,7	0,525	Alta
INA-08	263271	6575871	285	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	15,05	0,7	0,49	Média
INA-09	263017	6575300	264	Livre	1	Solo Residual	0,4	0,30	1	0,4	Média
INA-10	262806	6575304	263	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	10,61	0,7	0,49	Média
INA-11	262204	6574813	173	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	11,92	0,7	0,49	Média
INA-12	262162	6574577	154	Livre	1	Solo Residual	0,4	0,00	1	0,4	Média
INA-13	263965	6578597	306	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	30,99	0,6	0,42	Média

Fonte: o autor.

Tabela 17 - Dados para determinação da vulnerabilidade do aquífero no mês de abril de 2017.

PONTOS	UTM-E (m)	UTM-N (m)	COTA DO TERRENO (m)	Condição do Aquífero	G (Ocorrência do aquífero)	Litologia	O (Característica Litológica)	Nível D'água (m)	D (Profundidade da Água)	Índice Final	Vulnerabilidade
INA-01	264098	6577425	285	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	3,30	0,9	0,675	Alta
INA-02	263520	6577198	312	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	13,54	0,7	0,49	Média
INA-03	263611	6576881	308	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	8,82	0,8	0,6	Alta
INA-04	263484	6576688	295	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	13,17	0,7	0,525	Alta
INA-05	263307	6576624	280	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	6,09	0,8	0,6	Alta
INA-06	263409	6576531	284	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	5,30	0,8	0,6	Alta
INA-07	263134	6576371	250	Livre	1	Conglomerado Polimítico	0,75	12,73	0,7	0,525	Alta
INA-08	263271	6575871	285	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	54,90	0,5	0,35	Média
INA-09	263017	6575300	264	Livre	1	Solo Residual	0,4	0,30	1	0,4	Média
INA-10	262806	6575304	263	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	10,12	0,7	0,49	Média
INA-11	262204	6574813	173	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	11,30	0,7	0,49	Média
INA-12	262162	6574577	154	Livre	1	Solo Residual	0,4	0,00	1	0,4	Média
INA-13	263965	6578597	306	Livre	1	Arenito Arcoseano	0,7	29,70	0,6	0,42	Média

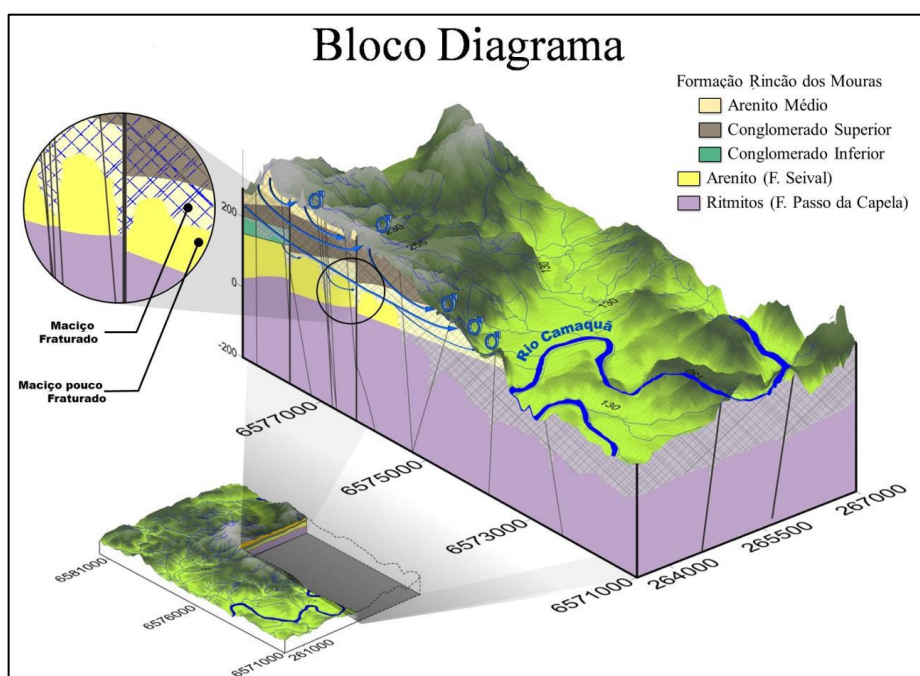
Fonte: o autor.

As características hidrogeológicas propostas por Nascimento (2016) após a realização da caracterização hidrogeológica na região, permitem classificar a área com a ocorrência da água subterrânea de forma não confinada (livre) em um sistema de aquícludes (Figura 57) onde a água subterrânea esta alojada em família de fraturas interconectadas. Atribuindo valor de índice G (tipo de ocorrência do aquífero) igual a 1.

Quanto a caracterização dos estratos de cobertura, contata-se a predominância de arenitos arcóseos e conglomerados polimíticos da Formação Rincão dos Mouras, sobrepostos por uma fina camada de solo residual não consolidado com matéria orgânica, conferindo uma variação de índice O (litologia do aquífero) entre 0,4 a 0,75.

Com relação ao nível da água subterrânea, destaca-se uma variedade enorme onde em pontos localizados em cotas topográficas elevadas, apresenta níveis menores que 1 metro, enquanto pontos localizados em vales compreendem cotas do nível do aquífero acima de 50 metros de profundidade. Essa característica denota índices D (profundidade do lençol freático) entre 0,4 a 0,675.

Figura 57 - Bloco diagrama do modelo conceitual do aquíferos na região das minas do Camaquã.



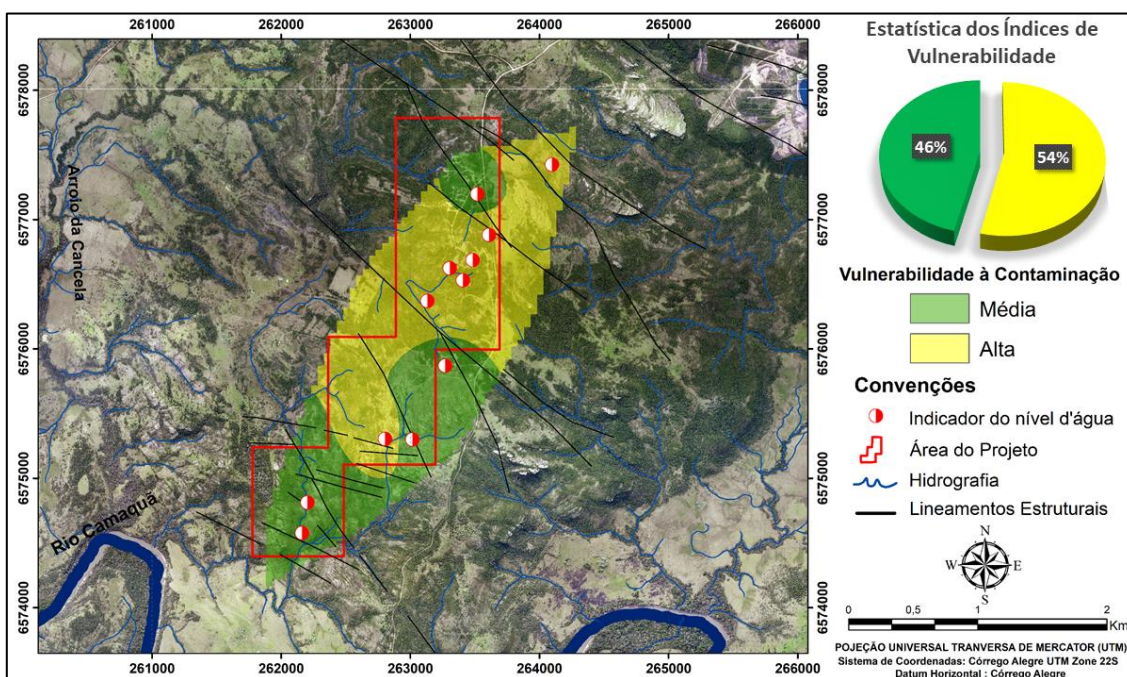
Fonte: Nascimento (2016).

A combinação dos fatores intrínsecos ao manancial, que caracterizam o acesso à água subterrânea, permitiu avaliar um comportamento pouco variável da vulnerabilidade ao longo do trabalho.

De maneira geral, os índices mantiveram-se entre médio, alto e extremo, no qual na maioria dos casos a tendência dos valores médios vulnerabilidades geograficamente localizava-se ao sul da área de estudo, encaso quanto que as vulnerabilidades altas estavam situadas no centro e ao norte. Resultados pontuais e não constantes como índices extremos foram evidenciados duas vezes no mesmo ponto (INA-01) nos meses de novembro e dezembro na transição entre primavera e verão, e em julho (INA-06) durante o inverno sendo todos os casos sobre regime chuvoso.

Os resultados finais de vulnerabilidade do aquífero para cada mês juntamente com dados estatísticos, podem ser observados nas Figuras 58 a 66.

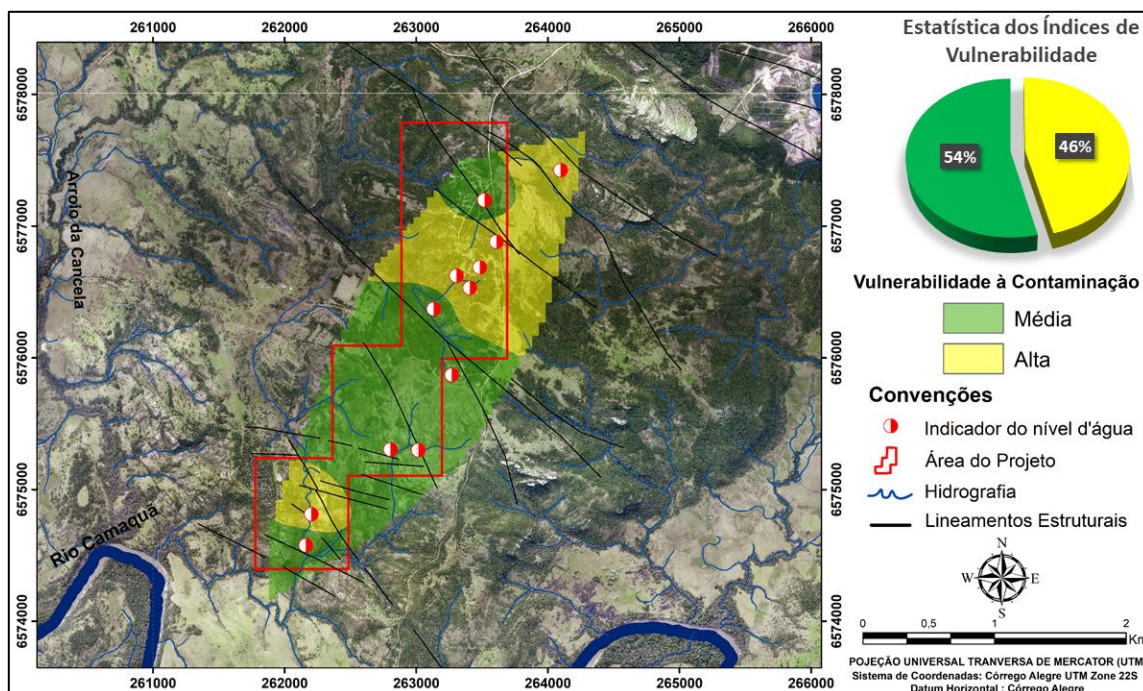
Figura 58 - Vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero livre durante o mês de março de 2016 na área de estudo.



Fonte: o autor.

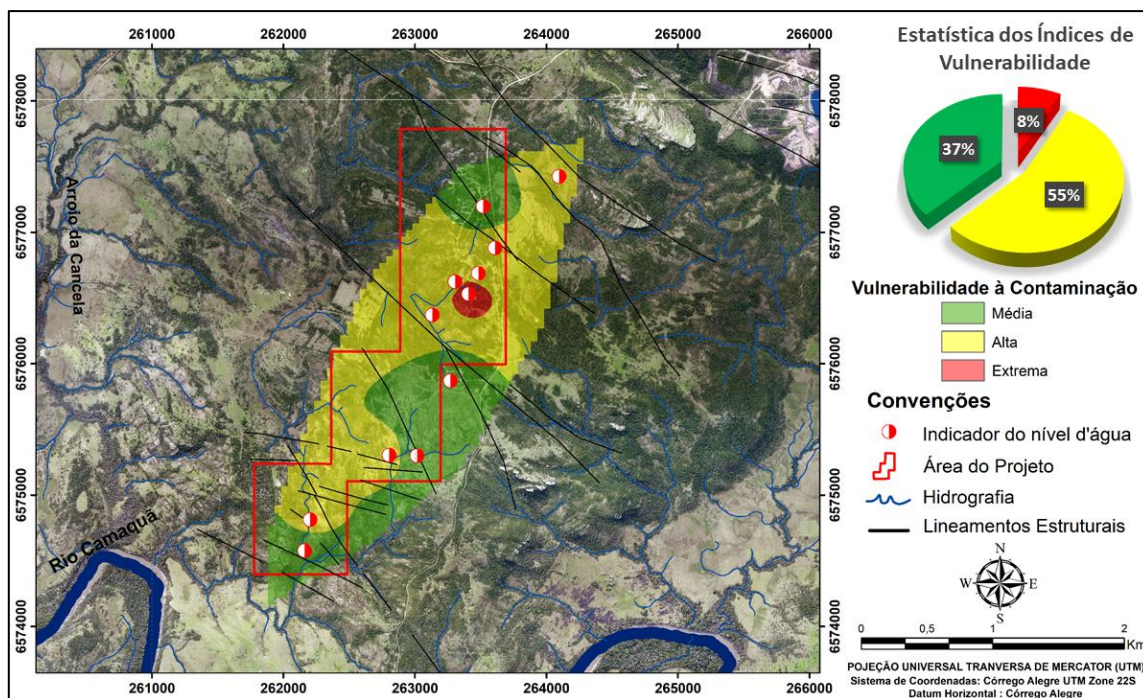


Figura 59 - Vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero livre durante o mês de junho de 2016 na área de estudo.



Fonte: o autor

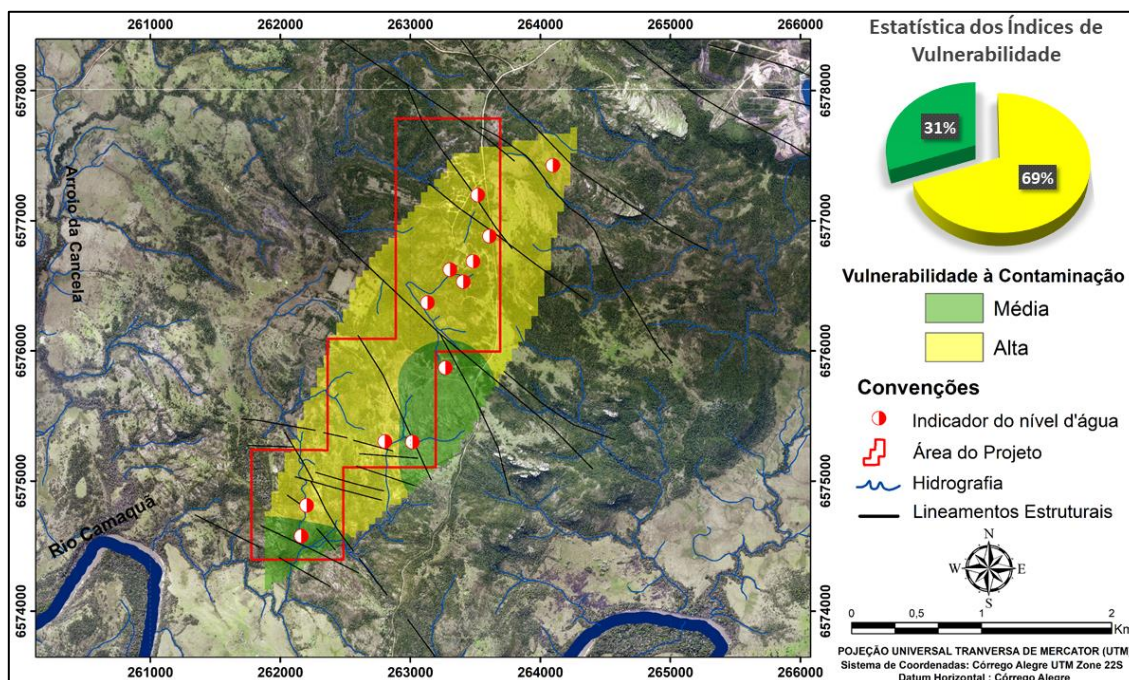
Figura 60 - Vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero livre durante o mês de julho de 2016 na área de estudo.



Fonte: o autor.

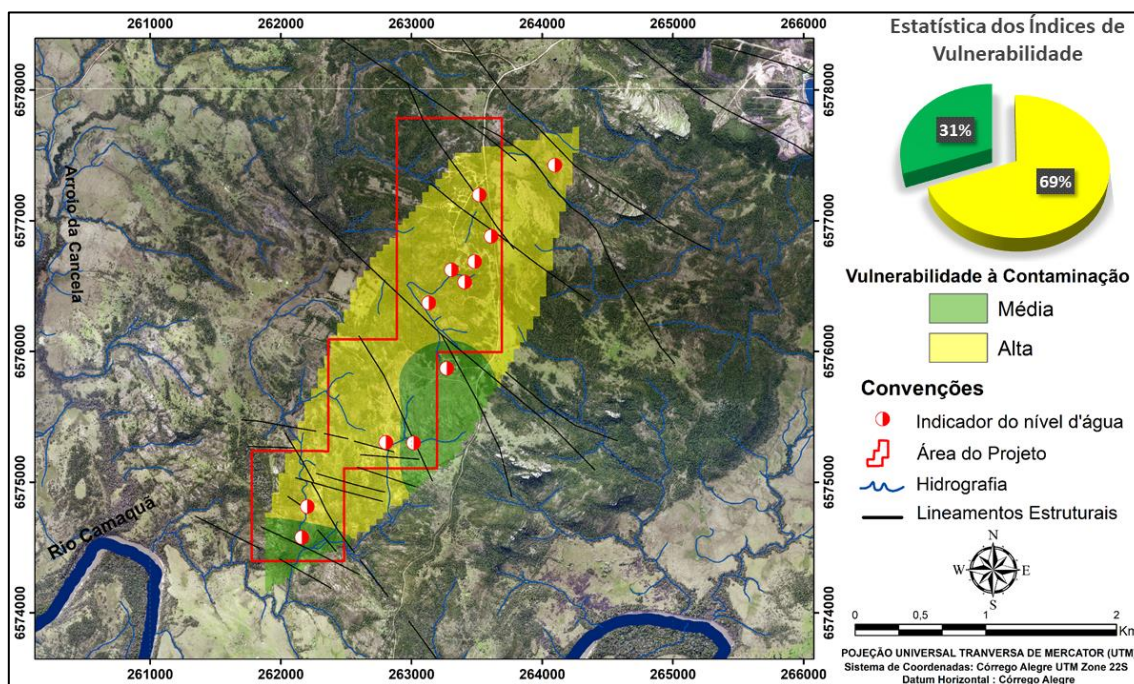


Figura 61 - Vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero livre durante o mês de agosto de 2016 na área de estudo.



Fonte: o autor.

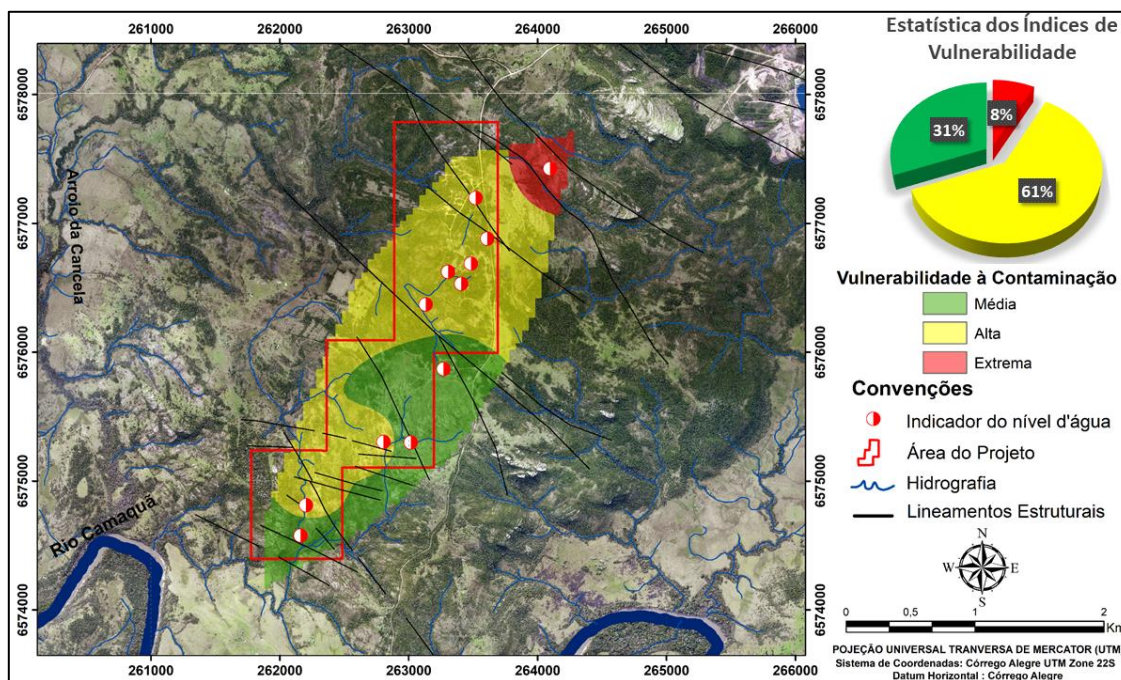
Figura 62 - Vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero livre durante o mês de setembro de 2016 na área de estudo.



Fonte: o autor.

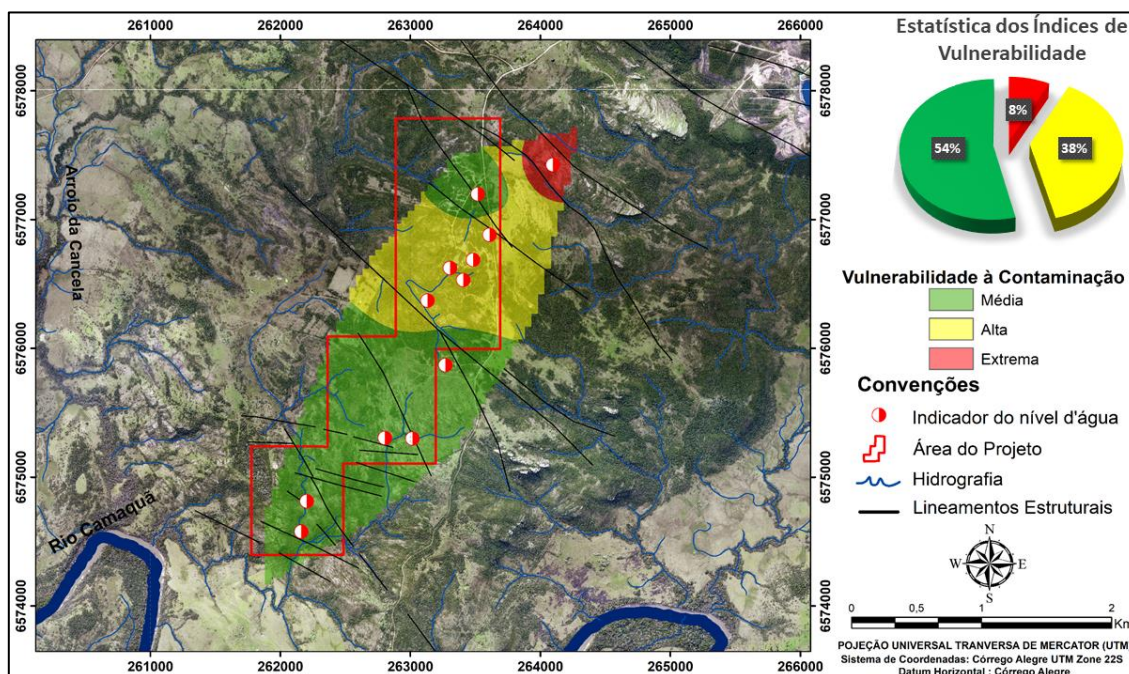


Figura 63 - Vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero livre durante o mês de novembro de 2016 na área de estudo.



Fonte: o autor.

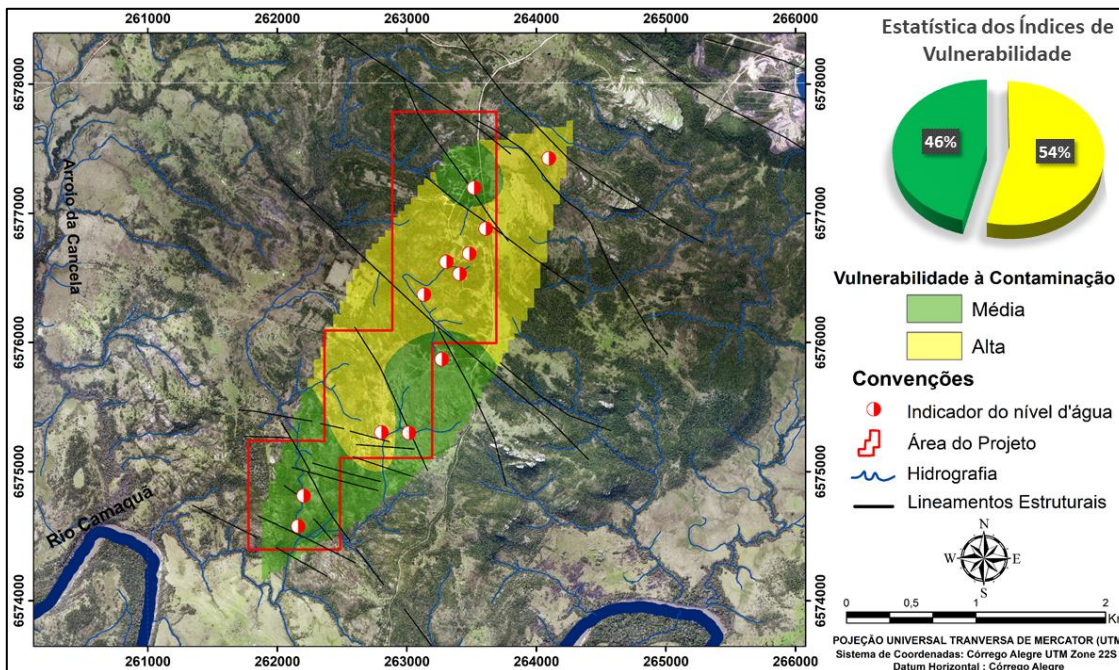
Figura 64 - Vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero livre durante o mês de dezembro de 2016 na área de estudo.



Fonte: o autor.

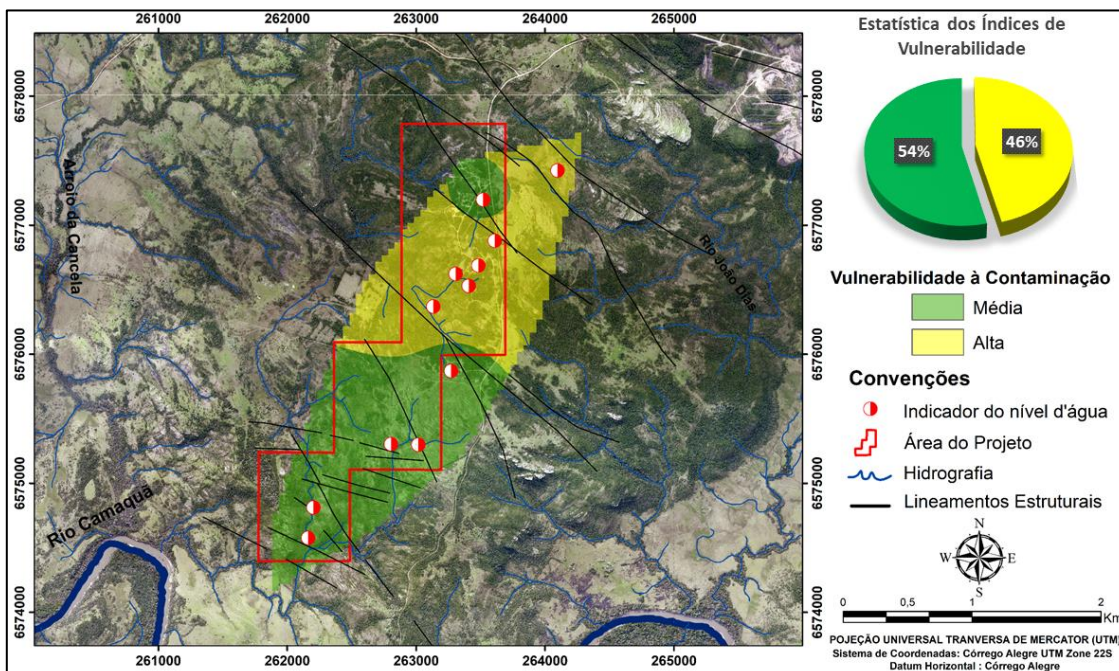


Figura 65 - Vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero livre durante o mês de fevereiro de 2017 na área de estudo.



Fonte: o autor.

Figura 66 - Vulnerabilidade natural a contaminação do aquífero livre durante o mês de abril de 2017 na área de estudo.



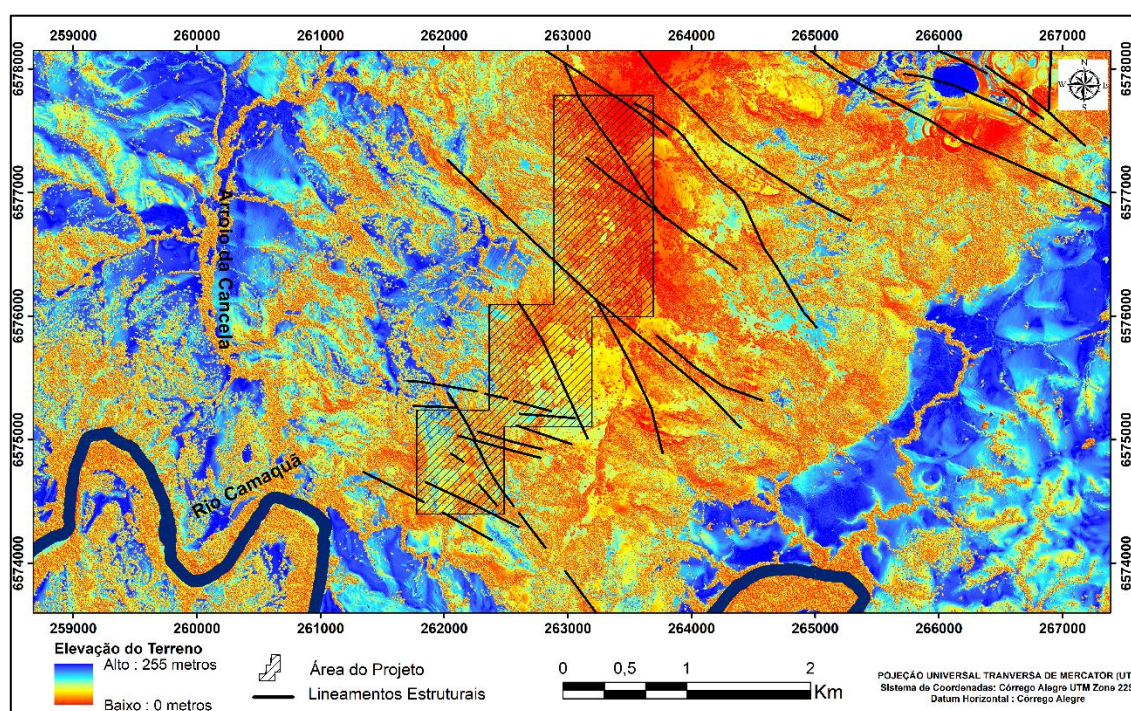
Fonte: o autor.

Os elevados graus de vulnerabilidade observados durante os nove meses são decorrentes principalmente: i) da baixa profundidade do aquífero na área de estudo,



permitindo um menor tempo para um potencial contaminante atingir o nível freático devido a rápida infiltração; ii) topografia local onde, os pontos encontram-se em cotas altas (Figura 67), elevando a superfície freática tornando-a mais susceptível a degradação e; iii) as características arenosas e conglomeráticas da Formação Rincão dos Mouras, que tem alta permeabilidade mesmo em situações com forte cimentação diagenética, facilitando a percolação dos contaminantes no solo, que não fim retidos no mesmo.

Figura 67 - Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno no entorno da área de estudo



Fonte: o autor.

## 9 CONCLUSÕES

Considerando os resultados apresentados a implantação de um empreendimento mineiro deve possuir um rígido controle ambiental e planejamento levando em consideração a fragilidade das águas subterrâneas na área de estudo. Com as normas rígidas exigidas hoje em dia pelos órgãos regulamentadores que fornecem a licença para operação, cuidados e monitoramentos devem ser realizados nessa etapa onde, a atividade de sondagem (perfuração) para pesquisa mineral representa a atividade mais impactante em termos de contaminação.

Durante as atividades de sondagem vazamentos e/ou derramamentos de óleo, graxas e águas da caixa de decantação são comuns. Conseqüentemente, a percolação destes materiais no subsolo atingindo as águas superficiais constituem o principal efeito colateral. Alguns hidrocarbonetos constituintes do óleo de motor para sonda têm maior solubilidade em água, onde, uma vez presentes na zona saturada eles se difundem no meio, aumentando o perímetro de contaminação.

Portanto é imprescindível na instalação de um empreendimento do porte de uma mina, o controle absoluto da qualidade das águas subterrâneas mantendo-se controle intensivo para que não haja impacto significativo no meio físico da região.

Através das tecnologias existentes atualmente no mercado, é altamente recomendável afim de evitar danos e prejuízos para a empresa, a transposição das nascentes inventariadas afim de manter o equilíbrio natural dos cursos d'água dentro das micro bacias da região, impermeabilização de áreas como a cava onde serão depositados os rejeitos da mineração através de mantas geotêxtil impermeável com canais de drenagem de águas pluviais; fiscalização acentuada dos veículos que circulam no perímetro de mina para monitorar, identificar e concertar defeitos mecânicos que possibilitem a percolação de fluidos indesejáveis para o lençol freático.

Recomenda-se também a análise hidroquímica multielementar dos poços de monitoramento para melhor compreender a situação química das águas em relação a influência da geologia local com por exemplo o arcabouço mineral que compões as rochas e lixiviam elementos para os fluidos, bem como a influência dos tipos de mineralizações da área. Como uma resposta comparativa as atividades da região correlacionando com as normas estabelecidas pelo CONAMA e pelo Ministério da Saúde.

## **10 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante das características abordadas no estudo, as análises relacionadas ao balanço das vazões com a pluviometria e, bem a precipitação mensal, evidenciam que o caráter perene dos rios sustenta os corpos hídricos situados na região das minas do Camaquã. Situadas próximo ao principal rio efluente da bacia, as drenagens examinadas durante o estudo demonstraram características distintas no controle físico das vazões tais como: dimensões, disposição topográfica/geográfica, fluxos de água,



influência de estações de seca e chuva, relação da taxa precipitação com a evaporação entre outros.

Oscilações pontuais que poderiam alterar os valores observados em alguns pontos, mas os dados comprovam que mesmo em épocas de muita estiagem os cursos d'água nunca desaparecem, evidenciando a funcionalidade do balanço hídrico na recarga das águas superficiais e subterrâneas.

O detalhamento dos parâmetros físico-químicos permitiu verificar que na média, a maioria dos valores encontrados durante o estudo para todos os pontos amostrados, são condizentes com os da classe especial estabelecidos segundo a resolução do CONAMA 357/2005 e pela portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011, caracterizando assim as águas como não impactadas na região das minas do Camaquã, tornando-se propícia a utilização na pecuária, silvicultura e agricultura.

É importante considerar as atividades impactantes ocasionadas pela falta de monitoramento ambiental no passado durante a intensa exploração de cobre pela extinta Companhia Brasileira do Cobre onde havia o despejo incorreto de materiais poluentes sobre a região. Apesar desses agentes impactantes no passado, a qualidade dos rios voltou a normalidade após longos anos de recuperação natural com a inatividade de empreendimentos mineiros na região.

No entanto é importante levar-se em conta que, apesar das análises físico-químicas serem fundamentais para a caracterização da qualidade da água, elas não permitem uma avaliação dos efeitos a poluição sobre os seres vivos. Ainda disso, elas são realizadas de forma pontual e medidas instantaneamente nos pontos amostrais, necessitando de um grande número de medições constantes por um longo período de tempo, para que se tenha maior acuracidade nos resultados.

Na estimativa da vulnerabilidade do aquífero o método GOD demonstrou efetividade e vantagens diante, principalmente da limitada quantidade de dados disponíveis em uma área de estudo representativa para esses dados.

Os resultados práticos demonstram a fragilidade do manancial subterrâneo local e a necessidade de adoção de políticas de zoneamento afim de conservar e evitar ao máximo efeitos de degradação e poluição no meio. Apesar das atividades de mineração ainda estarem nos estágios iniciais a implantação do empreendimento.

Considerando os resultados obtidos recomenda-se a utilização de técnicas para a proteção dos aquíferos, desde a determinação espacial precisa de fontes de

contaminação organizadas através de um Sistema de Informações Geográficas confrontando a disposição de áreas vulneráveis as cargas contaminantes no diagnóstico do risco de contaminação, bem como a utilização de materiais que evitem o despejo ou a percolação de fluidos indesejáveis nas águas subterrâneas.

Sugere-se, também, a aplicação de projetos e ações de Educação Ambiental juntamente aos proprietários e trabalhadores que vivenciaram durante as atividades da CBC um período de impactos significativos no meio físico e biótico local. O mesmo deve-se realizar junto as escolas da região, no intuito de explanar a importância da preservação da qualidade ambiental das águas superficiais e subterrâneas na implantação do empreendimento mineiro.

Para trabalhos futuros, recomenda-se um trabalho contínuo em longos períodos no monitoramento das vazões, parâmetros físico-químicos e estimativas mensais da vulnerabilidade dos aquíferos, afim de comparar a evolução dos dados com os obtidos nesse projeto.

Aconselha-se a utilização de metodologias para análise multielementar no estudo dos elementos químicos dispostos nas águas superficiais com intuito de avaliar rigorosamente o grau de contaminação dos corpos hídricos.

## REFERÊNCIAS

ALLER, L. et al. **DRASTIC: a standardized system to evaluate groundwater pollution potential using hydrogeologic settings**. National Water Well Association, Worthington, Ohio, United States of America, 1987.

ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B. B.; FUCK, R. A. **Províncias Estruturais Brasileiras**. Atas do VIII Simpósio de Geologia do Nordeste. Campina Grande (Pb) novembro de 1977.

ALMEIDA, R. P. **Evolução tectono-sedimentar da Formação Santa Bárbara na Sub-bacia Camaquã ocidental, RS**. 2001. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (USP). Instituto de Geociências.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Medição de descargas líquida em grandes rios: manual técnico**. Brasília: ANA; SGH, 2009. 88 p. ISBN 978-85-89629-34-8.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture**. 3rd. ed. Rome: FAO, 1994. 174p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29).

BACARO, F. **Vulnerabilidade natural e risco à contaminação do aquífero livre da área urbana de Rio Claro-SP**. São Paulo, 2015.

BACK, A. J. **Hidráulica e hidrometria aplicada: (com programa hidrom para cálculo)**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. 299 p. ISBN 8585014504.

BRAGA, B; HESPANHOL, I; CONEJO, J. G. L; MIERZWA, J. C; BARROS, M. T. L; SPENCER, M; PORTO, M; NUCCI, N; JULIANO, N; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária**. Editora Pearson – Prentice Hall: São Paulo. 2002.

BRAGA, A. C. O. **Métodos da eletrorresistividade e polarização induzida aplicados nos estudos da captação e contaminação de águas subterrâneas: uma abordagem metodológica e prática.** 2006 a. 126 p. Tese (Livre-Docência na Disciplina Métodos Geométricos Aplicados à Hidrogeologia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

BORGHETTI, N. R. B.; BORGHETTI, J. R.; DA ROSA FILHO, E. F. **Aqüífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul.** publisher not identified, 2004.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. **Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal.** Acta Geográfica, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2015.

CARVALHO, P.F. **Reconhecimento geológico no Estado do Rio Grande do Sul.** Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, v. 66. 1932.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Hidrologia.** Rio de Janeiro/RJ: UFRRJ, 2006.

CARVALHO, C. M et al. Avaliação de impacto ambiental em nascentes do Alto Camaquã a partir de uma análise multivariada. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 1, p. 202-212, 2015.

CHEMALE Jr., F. **Evolução geológica do Escudo Sul-rio-grandense.** In: Holz, M. & De Ross, L. F. (eds.). Geologia e Estratigrafia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Editora Gráfica da UFRGS, p. 3-44, 2000.

COELHO, B. Z. **Avaliação de técnicas e métodos de hidrometria na Estação Fluviométrica São Ludgero, SC.** Santa Catarina, 2012.

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução. 357.** Disponível em: [http://www.Cetesb.sp.gov.br/Água/praias/res\\_conama\\_357\\_05.pdf](http://www.Cetesb.sp.gov.br/Água/praias/res_conama_357_05.pdf), 2005. Acessado em: 27/05/2017.

CPTEC – **Precipitação durante o inverno Brasil**. Disponível em: <http://clima1.cptec.inpe.br/estacoes/>. Acessado em: 28/05/2017.

CRÓSTA, A. P. (Tradução e Adaptação). **Recursos hídricos**. Campinas: Editora da Unicamp. Bloco 4, Parte I – Os recursos físicos da Terra, 149 p. 2000.

DAE - Bauru - **Departamento de Água e Esgoto de Bauru**. Disponível em: <http://www.daebauru.sp.gov.br/2014/home.php>. Acessado em: 15/04/2017.

DE BORBA, A. W.; MIZUSAKI, A. M. P. **Santa Bárbara Formation (Caçapava do Sul, southern Brazil): depositional sequences and evolution of an Early Paleozoic postcollisional basin**. Journal of South American Earth Sciences, v. 16, n. 5, p. 365-380, 2003.

DE SANTOS LOUREIRO, N.; DE AZEVEDO COUTINHO, M. **A new procedure to estimate the RUSLE EI 30 index based on monthly rainfall data and applied to the Algarve region, Portugal**. Journal of hydrology, v. 250, n. 1, p. 12-18, 2001.

DOS SANTOS, M. G. M. **Tectônica e sedimentação na Bacia do Camaquã Central (RS): exemplos do Grupo Guaritas e do Grupo Santa Bárbara**. Tese de Doutorado. INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, 2010.

DIGIMED - **Instrumentação Analítica**. Disponível em: <http://www.digimed.ind.br/br/>. Acessado em: 30/05/2017.

ESTEVES, F. A. **Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. Rio de Janeiro, NUPEM-UFRJ, 1998.

ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FAMBRINI, G. L. **O grupo Santa Bárbara (neoproterozóico III) da bacia do Camaquã, Rio Grande do Sul**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2003.



FAMBRINI, G. L. et al. **O Grupo Santa Bárbara (Neoproterozóico III) na sub-bacia Camaquã Central, RS: sistemas deposicionais, paleogeografia e implicações tectônicas**. Revista Brasileira de Geociências, v. 35, p. 227-238, 2005.

FEITOSA, F. A. C. **Hidráulica de poços. Hidrogeologia Conceitos e Aplicações**. Coordenado por Fernando AC Feitosa e João Manoel Filho. Fortaleza, CPRM/REFO, LABIH-UFPE, 2000.

FOSTER, S.; HIRATA, R. **Avaliação do risco de poluição das águas subterrâneas: uma metodologia baseada em conceitos existentes**. Organização Mundial da Saúde, Organização Panamericana de Saúde, Centro Panamericano de Engenharia Sanitária e Ciências Ambientais. Lima, 78 p. 1988.

FOSTER, S., HIRATA, R. **Determination del riesgo de contaminacion de águas subterraneas – una metodología basada en datos existentes**. 2. ed. Lima, Perú: CEPIS/OMS, 1991. 81p.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D`ELIA, M.; PARIS, M. **Groundwater Quality Protection: A Guide for Water Service Companies, Municipal Authorities and Environment Agencies**. The International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank. 2002.

FRAGOSO-CESAR, A. R. S. et al. **The Camaquã extensional basin: Neoproterozoic to early Cambrian sequences in southernmost Brazil**. Revista Brasileira de Geociências, v. 30, n. 3, p. 442-445, 2017.

FRANCISCO, R. F. **Avaliação da Vulnerabilidade Natural à Contaminação do Sistema Aquífero Bauru, na Região Centro-Sul do Estado de São Paulo**. 2013. 116 p. Tese (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.

GIRÃO, E. G. et al. **Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibas pelo emprego da análise da componente principal**. Revista Ciência Agronômica, v. 38, n. 1, p. 17-24, 2008.

GRASSI, M. T.; DE CAMPOS, M. S. **Chumbo e zinco em águas e sedimentos de área de mineração e metalurgia de metais**. Quim. Nova, v. 35, n. 1, p. 22-29, 2012.

GRISON, F. **Uso do ADCP como ferramenta de apoio no traçado e extrapolação de curva-chave na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte. Florianópolis, SC**. Originalmente apresentada como dissertação de graduação. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2008, p. 46.

GOWLER, A. **Underground purification capacity**. IAHS Publishers, v. 2, n. 142, p.1063-1072.1983.

HARTMANN, L. A. & NARDI, L. V. S. **Os granitos Santo Afonso, Saibro e Vauthier da região do Arroio Santa Maria Chico, Dom Pedrito, RS**. Acta Geologica Leopoldensia, 6:153-178, 1982.

HARTMANN, L. A.; CHEMALE JUNIOR, F.; PHILLIPP, R. P. **Evolução Geotectônica do Rio Grande do Sul no Pré-Cambriano**. In: 50 Anos de Geologia. 2007.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Censo**. Disponível em:< [http://www. ibge. gov. br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 05/04/2017.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. **As Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente – SMA, 2008. 104p.

JANIKIAN, L. et al. **Redefinição do Grupo Bom Jardim (Neoproterozóico III) em sua área-tipo: litoestratigrafia, evolução paleoambiental e contexto tectônico**. Revista Brasileira de Geociências, v. 33, n. 4, p. 349-362, 2003.

JANIKIAN, L. et al. **Evolução paleoambiental e seqüências deposicionais do Grupo Bom Jardim e da Formação Acampamento Velho (Supergrupo Camaquã) na Porção Norte da Sub-Bacia Camaquã Ocidental**. Revista Brasileira de Geociências, v. 35, n. 2, p. 245-256, 2005.

JOST, H. & HARTMANN, L. A. **Província Mantiqueira – Sector Meridional**. In: Almeida, F.F.M. & Hasui, Y. (Ed.). *O Pré-Cambriano do Brasil*. São Paulo, Edgard Blücher, p. 345-368, 1984.

KÖPPEN, W. **Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt**. – *Geogr. Zeitschr.* 6, 593–611, 657–679. 1900.

KOTTEK, Markus et al. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

LAYBAUER, L.; BIDONE, E. D. Partição de metais pesados em águas fluviais impactadas por mineração de cobre no Rio Grande do Sul. In: **Congresso Brasileiro de Geoquímica**. 1997. p. 293-296.

LÖBLER, C. A.; DA SILVA, J. L. S. **Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas do município de Nova Palma, Rio Grande do Sul, Brasil/Contamination vulnerability of groundwater in the municipality of Nova Palma, Rio Grande do Sul, Brazil**. *Revista Ambiente & Água*, v. 10, n. 1, p. 141, 2015.

LOGAR, J. **Interpretação de Análises Químicas de Águas**, 1a Ed. Tradução: Araknéa Martins de Lemos Recife, 1965.

LOPES, C. G. **Análise de U-Pb por LA-ICP-MS e SHRIMP em zircões detríticos do Complexo Passo Feio, Terreno São Gabriel: implicações geotectônicas para evolução do Cinturão Dom Feliciano**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Instituto de Geociências. 2014.

MADDEN, N.; LEWIS, A.; DAVIS, M. **Thermal effluent from the power sector: an analysis of once-through cooling system impacts on surface water temperature**. *Environmental Research Letters*, v. 8, 2013.

MATIC, N.; MIKLAVCIC, I.; MALDINI, K.; DAMIR, T.; CUCULIC, V.; CARDELLINI, C. ET AL. **Geochemical and isotopic characteristics of karstic springs in coastal mountains (Southern Croatia)**. Journal of Geochemical Exploration, n. 132, p. 90–110, 2013.

MELCHIOR, C. **Comparativo de resultados de medição de vazão pelos métodos: convencional e acústico. Foz do Iguaçu, PR**. Originalmente apresentada como dissertação de graduação. União Dinâmica de Faculdades Cataratas – UDC, 2006, p. 72.

MIGLIORINI, R. B.; DUARTE, U.; BARROS NETA, M. D. A. P. **Aqüífero Guarani: educação ambiental para sua preservação na região do planalto dos Guimarães**. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas–ABAS, 2007.

NAIME, R; DO NASCIMENTO, C. A. **Monitoramento de pH, temperatura, OD, DBO e condições microbiológicas das águas do arroio pampa em novo Hamburgo-RS**. Uniciências, v. 13, n. 1, 2015.

NARDI, L. V. S. & HARTMANN, L. A. **O Complexo Santa Maria Chico do Escudo Sul-Riograndense**. Acta Geológica Leopoldensia, 6:45-75, 1979.

NÓBREGA, J. E. S. **Proveniência Sedimentar Do Grupo Guaritas, Cambriano Da Bacia Do Camaquã (RS)**. Tese de Doutorado. INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS, 2011.

NASCIMENTO, G. C. S.. **Modelo conceitual e numérico do aquífero hospedeiro de depósito polimetálico-Caçapava do Sul: relações entre lavra e recursos hídricos subterrâneos**. 2016.

NUNES, M. L. **Diagnóstico da qualidade ambiental das bacias do rio Mau e Caima: estudo da dinâmica dos processos naturais e antrópicos e definição de zonas vulneráveis**. Portugal, 2007.

PALM, J. G. **Contaminação secundária na sub-bacia do Arroio João Dias, relacionada à antiga mineração de cobre**. 2013.

PELOSI, A. P. M. R.; FRAGOSO-CÉSAR, A. R. S. **Proposta de classificação litoestratigráfica para o Grupo Maricá**. Encontro Sobre a Estratigrafia Do Rio Grande Do Sul: Escudos e Bacias, v. 1, p. 133-138, 2003.

PERALTA, E. A; FRANCES, A. P; RIBEIRO, L. F. **Avaliação da Vulnerabilidade do Sistema Aquífero dos Gabros de Beja e Análise Crítica das Redes de Monitorização no Contexto da Directiva Quadro da Água**. 7º SILUSBA (Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa) – Évora, 2005.

PHILIPP, R. P.; DE CAMPOS, R. S. **Geologia, petrografia e litogeoquímica dos Gnaisses Porto Alegre, RS, Brasil: implicações geotectônicas**. Pesquisas em Geociências. Porto Alegre, RS. Vol. 31, n. 2, p. 79-94, 2004.

PHILIPP, R. P.; LUSA, M. & NARDI, L. V. S. **Geochemistry and petrology of dioritic, tonalitic and trondhjemitic gneisses from Encantadas Complex, Santana da Boa Vista, southernmost Brazil: a Paleoproterozoic continental-arc magmatism**. Anais da Academia Brasileira de Ciências. Submetido, 2007.

PORTO, R. L. L. ET AL. **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: ABRH, 1991.411p.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2 ed. São Paulo: Escrituras, 2002. 704 p.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. In: Tratamento de água: tecnologia atualizada. Edgard Blucher, 2003.

SÁ FILHO, J. A. R. de. **Avaliação qualitativa das águas no sistema da macrodrenagem da Bacia do Tabuleiro do Martins – Maceió/ AL**. 2010. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.

SANCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. p. 24.

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo**. Editado pela Comissão interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí, 1966.

SILVA, E. F.; ALMEIDA, S. F.; NUNES, M. L.; LUÍS, A. T.; BORG, F.; HEDLUND, M.; PATINHA, C.; TEIXEIRA, P.; **Sci. Total Environ.** United States, 2009, 407, 5620.

SOLIMAN, M. M. et al. Hydrogeology. In: SOLIMAN, M. M. (Org). **Environmental Hydrogeology**. Florida: Lewis Publishers, 1998. p. 37 – 80.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (Orgs.) **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 568 p.

TODD, D. K. **Groundwater hydrology**. New York: Wiley, 1959. 535 p.

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

TUNDISI, J. G. et al. **A bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento**. Estudos avançados, v. 22, n. 63, p. 159-172, 2008.

USGS – **United States Geological Survey. The Water Cycle**. Disponível em: <http://water.usgs.gov/edu/watercycle.html>. Acessado em 17/04/2017.

VON SPERLING, M. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios. Belo Horizonte**: UFMG, 2007. Vol. 7. 452 p.

VOTORANTIM METAIS HOLDING - **Projeto Caçapava do Sul - RS**. Relatório Interno 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality**. World Health Organization, 2004.



ZIMBRES, E. **Química da água subterrânea**. Rio de Janeiro, RJ: Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), 2007. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pro.br/água/guia/águasubterranea.htm/>>. Acesso em: 01 de maio de 2017.

ZUIN, V. G., Ioriatti, M. C. S., & Matheus, C. E. (2009). **O emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: Uma proposta para a educação química e ambiental na perspectiva CTSA**. *Química Nova na Escola*, 31(1), 3-8.

## ANEXO I

Tabela 18 - Parâmetros coletados nas drenagens – 1ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		1ª Campanha							
	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	Referência
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	93,99	14,7	12,8	29,9	8,34	441,2	11,89	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	7,69	15,3	13	39,4	7,66	440,6	15,77	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	12,67	16,9	14,3	243	7,7	465,3	100	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	47,95	13,3	13	31,3	8,22	475,3	12,73	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	133,83	14,2	12,8	36,9	8,31	462,6	14,68	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	37,96	16,1	12,9	65,7	8,15	466,7	27	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	112,93	17,6	13,1	26,1	7,89	484,7	10,48	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	-	20,7	14,8	69,5	7,83	457,8	28	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	145,37	14,5	12,6	50,4	8,37	447	20,4	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	12,81	20,1	14,2	71,7	8,14	442,8	28,7	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	22,46	20,2	13,5	130,3	8,11	438,4	53,1	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	38,98	14,9	15	49,1	7,9	432,3	19,76	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	118,69	14,7	13,2	78,9	8,16	412,4	32	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	32589,7	15,7	15,6	53,1	8,07	428,4	21,4	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	43,09	18,4	14,2	35,5	7,9	456	14,18	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	20,74	15	14,4	119,1	7,7	436,9	48,4	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.

Tabela 19 - Parâmetros coletados nas drenagens – 2ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		2ª Campanha							Referência
	UTM - X	UTM - Y	Q (m³/h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (µS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	6,12	11,8	7,5	36,8	8,27	403,9	14,79	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	5,53	10,6	8,3	45,6	8,04	410,1	18,52	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	0,49	17,5	12,7	252	7,31	406,5	103,4	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	17,24	15,7	9,3	43,5	8,18	407,4	17,7	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	32,58	14	8,9	51	7,97	400,7	20,6	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	7,83	7,3	10,3	131,6	8,21	380,2	53,6	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	7,17	7,4	10,5	31,3	8,22	405,9	12,25	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	-	8,2	8,8	88,5	8,12	385,9	35,6	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	64,20	11,4	7,5	79,2	8,21	400,3	32,2	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	20,70	17	8,8	113,2	8,12	405	45,7	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	10,68	15,4	8,5	226	7,94	397,3	93,4	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	16,67	19	11,3	60,2	7,87	395,5	24,3	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	32,37	14,2	8,1	115,1	8,25	391,7	47	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	1717,22	16,7	12,1	70,4	8,1	396	28,3	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	12,02	14,8	9,6	48,4	8,07	399,3	19,59	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	1,39	15,3	10,3	169,8	8	385,9	69,7	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.

Tabela 20 - Parâmetros coletados nas drenagens – 3ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		3ª Campanha							Referência
	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	236,16	19,3	14,5	30,5	7,88	401,6	12,36	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	93,3	17,7	14,8	68	7,64	398,9	28	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	65,47	19	16,2	210	7,11	403,3	89,4	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	67,94	16,9	14,6	30,9	7,62	403,8	12,89	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	120,48	17,3	15	31,3	7,99	404,6	13,1	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	176,16	15,2	15	83,5	7,92	381,7	35,1	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	49,23	15,5	14,9	27,1	7,82	397,2	11,02	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	-	15,4	14,2	64,4	7,88	463,8	25,4	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	826,66	17,9	14,4	72,5	7,75	390,8	29,1	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	144,06	19,7	16,2	45,7	7,83	400,3	18,41	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	52,93	17,5	15,3	69,6	7,71	392,9	28,1	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	199,07	21,2	15,2	42,3	7,73	391,4	17,73	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	375,28	22	14,9	61,5	7,49	398,9	25,9	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	18239,16	23,9	16,3	52,5	7,86	391,3	22,2	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	105,72	16,2	14,9	38,7	7,51	398,2	16,02	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	98,29	16,3	15,8	98,6	7,56	396,4	41,5	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.

Tabela 21 - Parâmetros coletados nas drenagens – 4ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		4ª Campanha							Referência
	UTM - X	UTM - Y	Q (m³/h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (µS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	1638,34	14,6	15	24	7,46	428,8	9,7	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	656,45	15,4	15,4	35,5	7,59	426,6	14,59	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	105,81	11,4	14,3	147,8	6,92	452,3	61,9	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	662,67	14,9	15	33,2	7,84	425,5	13,64	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	572,64	15,8	15,4	52,9	7,89	417,7	22	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	2888,55	15,9	15,2	23,5	8,2	440,3	9,52	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	369,03	15	15,3	33,3	8,03	428,2	13,69	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	115872,71	15,3	14,2	36,8	7,87	434,3	15,37	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	1387,76	7,6	12,5	39,4	8,04	449,8	15,84	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	187,64	16,7	15,9	51,5	7,66	405,5	22,4	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	80,67	15,1	15,1	44,1	7,6	416,5	18,25	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	562,13	14,8	14,5	37,9	7,02	439,3	15,73	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	1.235.035,76	17	15,6	31,6	6,98	439,1	13,09	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	213561,99	19,9	14,6	32,4	6,91	445,6	13,32	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	1005,61	10,5	12,2	27	7,18	452,5	10,87	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	472,4	12,2	14,4	65	7,16	438,5	26,9	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.

Tabela 22 - Parâmetros coletados nas drenagens – 5ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		5ª Campanha							
	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	Referência
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	1301,89	15,4	14,5	33,4	7,39	469,5	13,79	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	412,14	16,1	14,9	30,5	7,4	473,2	12,55	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	111,77	14,7	15,3	144,7	7,22	419,5	61,3	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	512,5	13,7	14,3	23,7	7,7	459,4	9,62	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	366,64	13,8	14,5	35,2	7,81	439,1	14,47	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	1042,81	17	15	27,2	7,54	426,3	10,94	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	960,76	15,8	14,9	24,2	7,77	426,5	9,83	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	-	16	15	32,2	8,01	426,3	13,48	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	261,06	19,6	13,6	54,3	7,84	431,2	22,8	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	39,23447	21	14,9	62,7	8,08	432,1	26,6	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	9,28	19,7	13,8	126,2	8,02	453,4	53,4	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	544,19	12,2	12,5	42,6	7,91	427,7	17,63	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	2866,47	12,1	12,3	52,7	7,85	437,3	22,1	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	49012,9	13,7	13,4	41,8	7,69	405	17,28	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	356,04	12	12,3	29,2	7,63	460,4	11,82	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	464,46	13,3	14,9	67,2	7,26	422,5	28	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.



Tabela 23 - Parâmetros coletados nas drenagens – 6ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		6ª Campanha							
	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (µS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	Referência
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	221,09	16,7	12,9	42,8	7,99	411,1	17,64	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	85,51	15,5	13,1	46,8	7,47	417,2	19,58	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	14,55	19,8	16,3	181,4	7,11	408,5	76,8	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	73,71	18,4	13,5	28,4	8,38	423,8	11,67	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	116,81	18,2	14,1	38,5	8,16	419,9	15,38	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	190,49	20,5	14,1	48,2	8,04	411,3	20,2	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	33,5	16,9	14,1	35,7	8,16	415,9	14,78	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	156456,6	13,4	13,7	63	7,95	432,6	26,1	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	985,84	16,5	13,8	35,1	8,1	410,5	14,63	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	121,46	18,1	15	41,5	8	431,5	17,04	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	33,33	17,4	14,2	79,2	8,09	412,6	34,2	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	174,16	12,7	11,8	41,2	7,65	451,3	17,23	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	340,33	13,1	12,1	55	7,73	434,9	23	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	6551,92	15,2	14,1	37,7	7,66	434	15,66	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	361,35	17,2	14,5	36,4	7,86	404,1	15,62	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	71,95	17,4	15,4	83,9	7,43	419,6	36,4	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.

Tabela 24 - Parâmetros coletados nas drenagens – 7ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		7ª Campanha							Referência
	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	63,05	14,5	9,3	30,08	7,94	418,7	12,83	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	11,2	16,6	9,9	42,1	8,19	422,5	17,67	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	2,6	18,3	13,3	232	7,41	417,3	99,3	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	54,88	18,3	11,9	34,1	7,98	430,3	14,25	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	90,17	17,6	11,1	47,4	7,92	416,1	19,82	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	20,26	10,1	10,8	84,4	7,98	413,3	35,6	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	55,46	10,6	10,4	36,8	8,31	431,8	15,21	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	-	11,2	11,7	73,8	8,29	430,7	30,8	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	90,18	18,6	11,5	60,5	8,1	442,9	25,4	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	2,7	19,3	13,2	83,4	8,32	415,6	35,4	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	6,88	16,2	10,7	183,1	8,24	411,2	77,2	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	39,08	22,1	13,2	52,7	7,75	407,1	22,4	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	206,26	18,4	10,6	95,6	7,22	397,9	40,5	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	6758,1	21,2	16,9	55,1	7,97	403,9	23,2	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	137,26	18,9	11,7	45,2	8,15	401,6	18,99	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	29,91	14,7	11,7	128,3	8,01	400	54,4	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.

Tabela 25 - Parâmetros coletados nas drenagens – 8ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		8ª Campanha							Referência
	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	703,97	10,4	13,8	27,8	8,1	428,7	11,26	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	131,92	11,9	14,3	32,1	7,86	446,3	13,16	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	187,07	10,5	14,9	155,7	6,88	446,9	65,5	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	324,02	11	13,5	25,7	8,29	448,2	10,38	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	430,78	11	13,4	27,1	8,14	442,2	10,94	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	512,92	10,4	15,1	46	8,25	422,4	19,21	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	1017,23	11,1	14,3	28,6	8,31	419,6	11,44	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	49853,67	11,7	14,7	48,5	8,23	426,8	20	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	637,98	19,8	15,2	50,4	8,12	391,4	21,3	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	83,64	17,1	17	63,8	8,2	387	27,1	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	62,56	17	16,6	73,1	7,79	394,5	30,8	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	551,22	11,6	13,1	40,2	7,65	446,7	16,5	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	2400,38	11,8	12,7	48,1	7,57	484,4	19,87	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	3588,45	12,6	14,2	34	7,76	478,1	14,03	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	1360,53	10,6	14	29	7,94	422,8	11,8	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	126,48	15,3	14,8	71,4	7,81	422,3	29,8	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.

Tabela 26 - Parâmetros coletados nas drenagens – 9ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		9ª Campanha							
	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	Referência
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	81,22	14,3	12,1	37	7,32	217,8	15,3	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	26,08	15	11,8	43,4	7,09	218,5	16,7	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	4,89	21,2	15,8	220	7,17	211,6	93,9	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	39,54	18,4	13,8	34,8	7,29	216,4	14,45	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	362,91	18,8	13,4	43	6,91	221,9	18	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	116,31	12,7	13,6	93,5	7,34	186,6	37,4	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	106,42	11,6	13,1	39,6	7,38	203,4	16,27	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	69.567,77	17,5	17	211	7,26	207	93,8	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	170	21,3	14,8	59,8	7,98	202,4	25,2	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	17,64	18,3	17,4	93,6	8,34	214,8	39,6	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	29,1	21,6	14,5	164,2	8,08	201,9	69,8	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	122,7	22,9	14,5	73,1	7,72	247,4	31,4	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	274,37	21,7	14,3	388	7,31	250,9	152	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	2275,31	23,5	20,7	73,7	7,42	214,8	31,2	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	378,95	22	15,3	37,7	7,61	198,4	15,06	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	18,58	19,2	14,8	129,2	7,41	211	54,9	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.

Tabela 27 - Parâmetros coletados nas drenagens – 10ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		10ª Campanha							Referência
	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	12,46	21,4	14,7	54,7	7,99	494	22,9	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	38,95	21,6	14,6	55,4	7,04	392,4	23,2	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	70,29	22	16,3	234	6,95	446,2	100,1	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	41,15	24,2	15,3	48,2	7,7	414,5	20,3	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	37,82	22,7	15,4	56,8	7,35	494	24	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	33,88	18,2	14,9	48,3	7,44	438	20,1	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	22,86	18,5	15,4	51,1	7,66	453,8	21,4	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	21.343,96	32,9	23,6	95,4	7,84	444,5	40,5	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	147,44	21	15,1	289	7,9	430,9	124,3	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	34,05	23,2	18,4	132,7	7,71	404,1	56,3	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	9,54	22,9	16,2	99,5	7,44	405	42,4	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	53,53	27,1	17,1	68,9	6,54	518,4	29,2	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	131,97	28,2	19	158,6	6,89	503,8	67,2	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	2084,64	29,1	23,1	68,7	7,32	537,7	29	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	26,81	22,7	16,2	48,3	8,02	441,1	20,3	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	6,23	21,4	15,2	186,2	7,8	433,5	78,9	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.

Tabela 28 - Parâmetros coletados nas drenagens – 11ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		11ª Campanha							
	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	Referência
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	212,18	21,4	18,9	29,7	7,92	410,7	12,25	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	56,07	22	18,6	37,8	8,16	415,1	15,78	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	8,14	22,5	20,3	231	7,39	405,2	99,3	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	89,62	21,3	19,3	37,5	7,97	406,1	15,48	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	35,66	21,2	19,1	56,4	7,93	416,2	24,8	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	128,14	21,9	19,4	49,9	7,96	388,1	20,8	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	65,67	21,9	19,3	28	8,3	400,7	11,47	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	170860,42	23	21,6	79,3	8,28	438,9	33,4	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	222,51	22	20,7	45,6	8,11	403,8	19,12	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	106,51	22,2	21,9	54,7	8,31	372,6	22,9	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	38,48	23,2	20,9	104,2	8,24	371,6	43,5	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	177,55	22,1	19	48,4	7,76	421,3	20,3	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	380,13	21,5	19,8	64	7,23	410,2	26,9	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	10353,62	22,5	21,3	47,9	7,98	412,9	19,98	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	206,20	23,8	20,1	35,4	8,14	384,2	14,61	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	158,71	22,3	19,6	96,1	8,02	384,3	40,6	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.



Tabela 29 - Parâmetros coletados nas drenagens – 12ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		12ª Campanha							Referência
	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	243,1	27,8	18,9	29,9	7,87	408,8	12,46	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	33,26	28,7	19	37,5	7,64	416,4	15,6	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	9,64	32,4	21,5	235	7,19	422	99,3	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	70,99	21,9	19,4	32,3	7,92	437,7	13,32	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	50,74	21,3	19	34,3	7,85	431,7	14,15	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	191,15	26,8	20	71	7,91	400,1	30,1	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	31,46	24,1	19,6	29,5	7,98	410,8	12,13	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	258046,9	31,5	24,2	57,6	7,96	390,9	24,3	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	481,16	31,5	21,9	43,5	8,04	430,4	18,33	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	49,42	29,2	24	57,6	8,06	433,2	24,1	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	35,31	28,6	22,4	104,1	7,93	427	44,2	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	127,84	40,2	20,3	46,5	7,59	394,6	19,5	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	508,89	31,7	20,4	65,7	7,51	398,1	27,7	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	13447,67	29,5	23,9	43,8	7,7	396,2	18,36	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	119,76	33,5	21,5	33,6	7,81	413,1	14,11	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	29,01	30,3	20,7	100,9	7,65	422,3	42,6	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.

Tabela 30 - Parâmetros coletados nas drenagens – 13ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		13ª Campanha							Referência
	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	36,68	27,6	16,3	33,7	7,67	407,3	14,06	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	3,84	28,5	16,4	46,6	7,44	414,9	19,7	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	18,49	32,2	19,2	238	6,99	420,5	102,3	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	46,31	21,7	14,7	38,9	7,72	436,2	15,97	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	41,15	21,1	13,9	47,4	7,65	430,2	19,47	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	36,48	26,6	14,4	110,6	7,71	398,6	47,1	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	17,26	23,9	15,7	34,1	7,78	409,3	14,03	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	64753,33	31,3	22,2	83,5	7,76	389,4	33,1	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	190,62	31,3	20,3	65,2	7,84	428,9	27,7	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	9,51	29	19,6	211	7,86	431,7	90,5	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	24,4	28,4	22,8	87,7	7,73	425,5	36,9	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	52,68	40	18	62,6	7,39	393,1	26,5	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	114,76	31,5	18,5	97,7	7,31	396,6	41,4	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	3548,25	29,3	23,7	62,2	7,5	394,7	26,1	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	65,95	33,3	19,9	41,3	7,61	411,6	17,34	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	3,58	30,1	18,7	138,6	7,45	420,8	58,8	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.

Tabela 31 - Parâmetros coletados nas drenagens – 14ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		14ª Campanha							Referência
	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	2,04	28,1	20,3	44,4	8,01	492	18,8	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	34,98	28,5	20,2	67,8	7,03	391,8	28,7	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	35,89	31,5	20,1	253	6,91	445	108,4	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	5,33	25	19	64,1	7,6	415,2	27,2	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	9,75	25,2	18,4	62,7	7,4	496	26,7	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	27,23	27,8	19,4	67,4	7,38	440	27,2	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	1,36	24,1	19,7	49,4	7,58	454,6	20,7	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	17140,72	33	25,7	108,4	7,74	445,8	45,4	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	7,15	34	22,4	147,5	7,82	437	62,9	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	5,98	30,5	21,1	207	7,8	408,1	88,9	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	2,04	31,4	20,6	348	7,5	403,8	148,7	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	7,45	38,6	21,5	84,5	6,49	516	36,4	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	11,05	33,1	20,7	175,8	6,7	502,1	74,8	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	280,34	29,5	26,4	84,5	7,1	541	35,6	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	36,77	33,5	21,3	61,2	8	443	25,8	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	165,07	31,2	21	229	7,65	438	98,1	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.

Tabela 32 - Parâmetros coletados nas drenagens – 4ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		15ª Campanha							
	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	Referência
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	263,82	21,8	21,4	151	7,67	441	64,8	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	113,52	22,2	21,4	133,1	7,65	453	55,5	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	59,42	25,2	22,8	334	7,3	465	144,4	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	166,82	25,2	22,2	73,7	7,89	460	30,9	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	150,56	22,3	21,9	34,6	8,08	459	14,18	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	98,18	21,7	22	40,2	7,21	444	17,04	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	120,77	25,2	22	31,3	7,53	453	12,96	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	35899,98	24,8	25,5	51,7	7,35	428	21,7	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	388,44	28,4	23	41,2	7,65	472	16,98	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	60,93	23,7	24,2	73,8	7,58	473	31,2	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	62,8	23,7	23,2	103,1	7,72	475	43,6	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	365,11	23,5	22,3	136,8	7,59	445	58,9	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	767,17	24,2	22,3	54,6	7,62	448	22,9	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	987,58	23,9	23,9	26,9	7,57	450	10,93	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	164,28	26,1	22,7	203	7,55	473	89	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	171,96	23,5	22,2	78,7	7,69	467	33,1	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.

Tabela 33 - Parâmetros coletados nas drenagens – 16ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		16ª Campanha							
	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	Referência
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	46,95	23,5	21,7	36,2	7,3	483	14,98	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	5,76	24	21,8	52,6	6,94	474	22	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	10,33	30,7	23,3	317	6,97	438	136,3	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	86,59	23,3	22,1	43,5	7,37	450	18,07	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	33,33	22,9	21,8	52,4	7,36	439	21,9	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	44,37	23,9	22,2	62,8	7,06	466	26,4	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	9,24	24,3	22,3	36,5	7,05	456	15,09	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	54410,27	32	30,5	86,6	7,85	437	35,8	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	50,61	31	24,7	69,5	7,48	417	29,4	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	4,15	29,8	27,6	115,1	7,25	438	48,8	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	4,42	29,8	23,9	280	7,62	422	120,2	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	26,54	32,6	22,6	61,7	6,56	453	26	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	248,41	29,9	22,7	82,7	7,17	463	35	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	6987,98	30,3	26,5	51,6	7,25	457	21,6	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	57,81	31,4	24	46,9	7,21	426	19,68	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	6,36	29,1	23,4	132,5	7,3	429	56,5	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.

Tabela 34 - Parâmetros coletados nas drenagens – 17ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		17ª Campanha							Referência
	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	47,75	25,3	22,1	41,1	6,93	464	17,16	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	32,6	26,2	22,7	59,9	6,62	437	25,5	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	12,98	29,5	23,9	308	7,13	245	131,7	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	36,28	22,5	22	51,1	7,4	463	21,3	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	19,05	22,1	22	58,6	7,22	469	24,6	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	18,13	26,3	22,1	74,6	7,01	416	31,6	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	9,67	23,8	22,2	35,5	7,15	463	14,86	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	73733,49	31,6	29,4	102,4	6,7	395	43,6	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	24,65	29,2	25,2	87,4	7,48	433	37,3	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	4,98	28,2	26,1	158	7,34	424	67,5	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	1,13	28,4	24,5	364	7,69	420	155,3	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	32,48	28,4	22,7	64,4	6,48	412	27,1	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	113,47	26,9	23,5	106,6	6,94	444	45,1	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	1202,31	30,4	27,3	53,8	7,17	423	22,6	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	65,46	29,7	24,3	56	7,19	451	23,6	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	1,37	28,9	23,6	171,3	7,32	449	72,9	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.



Tabela 35 - Parâmetros coletados nas drenagens – 18ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		18ª Campanha							
	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	Referência
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	36,45	27,9	22,2	36	7,16	471	15,05	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	6,74	29	22,3	50,6	6,84	477	21,2	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	42,95	32,3	24	289	6,98	466	123,5	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	50,86	23,5	22,4	44,2	7,92	482	18,25	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	62,17	22,9	22,2	47,3	7,41	480	19,58	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	40,78	25,6	22,3	35,5	7,46	470	14,7	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	11,52	25,8	22,3	32,6	7,64	462	13,41	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	85079,11	37,1	30,7	70,6	7,55	436	29,8	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	86,07	31,9	24,6	64,7	7,44	474	27,3	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	4,88	31,8	28,2	107,6	7,69	434	45,7	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	3,21	30,7	24,7	214	7,71	434	92,1	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	77,29	30,3	22,9	58	6,89	445	24,2	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	140,51	28,8	23,9	83,3	7,29	456	35,2	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	12072,93	38,7	28,5	46,4	7,14	422	19,45	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	58,6	33,8	24,1	46,7	7,28	464	19,62	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	4,73	32,7	24,1	145,2	7,26	461	61,6	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.

Tabela 36 - Parâmetros coletados nas drenagens – 19ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		19ª Campanha							Referência
	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	120,74	22,2	20,7	33,1	7,26	434	13,68	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	302,47	21,1	20,5	25,8	6,84	441	10,49	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	60,72	28,5	22,5	198,1	6,85	443	84,5	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	157,72	21	20,9	24,6	7,53	453	9,94	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	358,61	21,3	20,8	28	7,25	448	11,43	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	362,18	21	20,5	24,6	7,36	454	9,98	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	150,53	21,1	20,9	26,1	7,67	457	10,57	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	98756,25	21,6	21,4	43,2	7,11	415	17,87	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	1495,03	29,2	21	32,3	7,52	444	13,58	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	66,03	26,7	22,4	40,7	7,55	461	17,05	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	45,57	26,4	21,9	59,2	7,59	399	25	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	439,93	22,6	20,9	40	6,68	448	16,6	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	759,86	21,7	21	60,3	6,74	430	25,3	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	6551,92	22,2	21,9	39,5	6,92	434	16,43	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	363,71	28,2	22,1	26,7	6,92	450	11,1	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	35,87	26,7	22	80,7	7,08	435	34,4	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.

Tabela 37 - Parâmetros coletados nas drenagens – 20ª campanha.

Drenagens	Coordenadas		20ª Campanha							Referência
	UTM - X	UTM - Y	Q (m <sup>3</sup> /h)	T <sub>ar</sub> (°C)	T <sub>água</sub> (°C)	CE (μS/cm)	pH	Eh (mV)	STD (ppm)	
SM-VZ-01	265,322	6.576.908	37,26	23,4	20,4	33,7	7,62	435	14,01	Faz. do Ivan (1)
SM-VZ-02	265,176	6.576.782	4,25	24,6	20,4	46,6	7,15	431	19,6	Faz. do Ivan (2)
SM-VZ-03	265,441	6.578.968	70,29	25,9	21,6	231	6,97	449	99,3	Chácara Didi/Drenagem
SM-VZ-04	262,336	6.577.457	15,88	21	21	37,7	7,58	444	15,6	Santa Maria – Área 3 - (1)
SM-VZ-05	262,195	6.577.064	28,17	24,2	20,4	43,4	7,45	454	18,16	Santa Maria – Área 3 - (2)
SM-VZ-06	262,105	6.574.562	50,45	23,9	20,8	32	7,49	440	13,19	Próximo ao Ina 12
SM-VZ-07	262,197	6.574.488	171,8	23,1	21	32	7,26	435	13,25	Cachoeira – Área 1
SM-VZ-08	260,873	6.574.520	104970,69	29,1	24,9	70,1	7,34	407	29,4	Rio Camaquã
SM-VZ-09	261,028	6.577.958	207,35	26,2	22,1	66,7	7,41	437	28,2	Fazendo Sr. Manuel
SM-VZ-10	260,311	6.577.197	11,25	26,4	23,8	97,1	7,7	413	41,2	João Alberto (1)
SM-VZ-11	260,373	6.577.007	4,64	26,1	21,6	184,5	7,73	424	78,4	João Alberto (2)
SM-VZ-12	264,74	6.574.431	78,9	29,4	21,9	62,1	6,89	407	26,3	Marco Osorio Oliveira
SM-VZ-13	265,318	6.574.230	116,73	28,9	22	99,5	7,36	420	42	Sergio Dorneles
SM-VZ-14	269,456	6.575.762	3129,38	28,3	24,4	56,5	7	424	23,9	Rio João Dias
SM-VZ-15	262,573	6.580.185	90,76	25,6	22,2	43,1	7,46	436	17,99	Fazenda Sr. Lula (granja Figueira)
SM-VZ-16	264,998	6.579.488	2,38	22,9	21,5	153,7	7,4	440	65,4	Fazendo Sr. Carlinhos

Fonte: o autor.