

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Campus Litoral
Curso de Geografia

Josiane Leci Vanin Barbieri

**Espacialização, diagnóstico ambiental e caracterização das nascentes do
município de Veranópolis/RS**

Tramandaí

2022

Josiane Leci Vanin Barbieri

Espacialização, diagnóstico ambiental e caracterização das nascentes do município de Veranópolis/RS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de licenciada em Geografia do Departamento Interdisciplinar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Guilherme Garcia de Oliveira

Tramandaí

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

CIP - Catalogação na Publicação

Barbieri, Josiane Leci Vanin
Especialização, diagnóstico ambiental e
caracterização das nascentes do município de
Veranópolis/RS / Josiane Leci Vanin Barbieri. -- 2022.
140 f.
Orientador: Guilherme Garcia de Oliveira.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus
Litoral Norte, Licenciatura em Geografia, Tramandaí,
BR-RS, 2022.

1. áreas de preservação permanente. 2. SIG. 3.
recursos hídricos. 4. bacias de drenagem. 5.
geoprocessamento. I. Oliveira, Guilherme Garcia de,
orient. II. Título.

Josiane Leci Vanin Barbieri

Espacialização, diagnóstico ambiental e caracterização das nascentes do município de Veranópolis/RS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de licenciada em Geografia do Departamento Interdisciplinar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Guilherme Garcia de Oliveira

Aprovada em: Tramandaí, 21 de dezembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Lucimar de Fátima dos Santos Vieira - Bióloga e Geógrafa
Coordenadora do Departamento Interdisciplinar da Universidade do Rio Grande do Sul - Campus Litoral Norte

Prof. Dr. Laurindo Antonio Guasselli - Bacharel em Geografia
Departamento de Geografia da UFRGS - Campus do Vale

Dr. Rubens Müller Kautzmann – Engenheiro de Minas
Agência Nacional de Mineração (Gerência RS)

Dedico este trabalho à minha querida família, que tanto admiro. Não há exemplo maior de dedicação, égide e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço àqueles a quem dedico este trabalho, por abdicarem do seu tempo, e estender a sua mão no auxílio para que o trabalho no final acontecesse: minha família. Ao meu esposo, repleto de paciência e companheirismo para todas as horas; aos meus pais pelo esforço sólido de todos os dias; à minha irmã, cunhado e afilhada pelo incentivo interminável em todos os meus estudos; ao meu irmão, cunhada, sobrinha e afilhada pela convivência diária e ajuda sem igual nas dicas de ouro.

Agradeço também ao Prof. Dr. Guilherme, meu orientador, pelas noites intermináveis na revisão e confiança no trabalho, se mantendo sempre à disposição para qualquer dúvida e auxílio. À Prof^a. Dr^a. Lucimar pela diretriz e parceria na coordenação do curso de Geografia e pelo aceite da honra da sua presença na banca examinadora. Ao Dr. Laurindo pela disposição em doar seu tempo e conhecimento para com o meu trabalho. E, ao amigo de longa data, que sempre se dispõe a atender meu pedido, assim como foi para este trabalho, Dr. Rubens, meus sinceros agradecimentos.

Agradeço aos amigos do Centro de Diagnóstico e Pesquisa em Fruticultura (CEFRUTI), do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA) da Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural (SEAPDR) de Veranópolis, Diretor Lineu Migon e a Dr^a Pesquisadora em Agrometeorologia Amanda Heemann Junges pela disposição em auxiliar na busca das informações necessárias ao projeto e pelos dados pluviométricos.

Aos professores do curso de Geografia que de alguma forma abriram as portas do conhecimento para as sólidas pilastras construídas dia após dia, ao longo desses quatro anos, espero que este trabalho esteja à altura do ensino que recebi.

À todos, meu muito obrigada!

Os seres vivos, inclusive os humanos com toda sua tecnologia, não foram capazes de se adaptar à vida sem água. Entretanto, a irracionalidade humana do desperdício e da degradação superou o instinto de sobrevivência, colocando em risco até mesmo sua própria espécie.

Moraes D. S. de L. & Jordão B. Q.

RESUMO

As nascentes são importantes ecossistemas do ciclo hidrológico e exercem importante função ambiental na superfície geográfica dando início à rede de drenagem. O estudo foi desenvolvido no município de Veranópolis, Rio Grande do Sul, que devido às suas características geomorfológicas, abriga inúmeras áreas de nascentes que originam rios de importância regional e local. Diante da necessidade de identificar a sua localização e caracterizar a tipificação de cada uma dessas áreas, propõe-se com este estudo, o mapeamento para a geolocalização, a identificação e a definição das nascentes. A metodologia fez uso de ferramentas de geoprocessamento em um SIG, instrumento computacional de tratamento de informações geográficas, e amostragem de campo para a obtenção e manipulação dos dados. As informações foram obtidas em bases cartográficas de hidrografia e relevo e posteriormente certificadas a partir da confirmação em amostragens de campo. O que se espera com o estudo, é que se produzam bases cartográficas interconectadas para a descrição geográfica do território municipal, indicando as áreas onde há maior possibilidade para a existência de ambiente com as características de nascentes. A natureza fisiográfica, as condições de conservação e a intervenção do ambiente serão estudadas. Ademais, serão demonstradas as morfologias das áreas amostradas, e que apesar de estarem posicionadas algumas vezes em desconformidade com a base cartográfica oficial, apresentam complexa dinâmica hídrica algumas vezes sujeita a inundação de acordo com suas propriedades físicas, onde as especificidades e generalidades mostram como as nascentes são heterogêneas. O estudo se mostrou uma ferramenta importante na gestão das nascentes para o município.

Palavras-chave: áreas de preservação permanente; SIG; recursos hídricos; bacias de drenagem; geoprocessamento.

ABSTRACT

Springs are important ecosystems in the hydrological cycle and play an important environmental role on the geographic surface, starting the drainage network. The study was carried out in the municipality of Veranópolis, Rio Grande do Sul, which, due to its geomorphological characteristics, is home to numerous areas of springs that originate rivers of regional and local importance. Faced with the need to identify their location and characterize the typification of each of these areas, this study proposes mapping for geolocation, identification and definition of springs. The methodology made use of geoprocessing tools in a GIS, a computational instrument for the treatment of geographic information, and field sampling to obtain and manipulate data. The information was obtained from hydrographic and relief cartographic bases and later certified from confirmation in field sampling. What is expected from the study is that interconnected cartographic bases are produced for the geographic description of the municipal territory, indicating the areas where there is a greater possibility for the existence of an environment with the characteristics of springs. The physiographic nature, conservation conditions and environmental intervention will be studied. In addition, the morphologies of the sampled areas will be demonstrated, and that despite being positioned sometimes in disagreement with the official cartographic base, they present complex water dynamics sometimes subject to flooding according to their physical properties, where the specificities and generalities show how the sources are heterogeneous. The study proved to be an important tool in the management of springs for the municipality.

Keywords: permanent preservation areas; GIS; water resources; drainage basins; geoprocessing tools.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxos da água precipitada em uma Bacia Hidrográfica.	20
Figura 2 – Nascentes originárias de aquífero freático não confinado: a) de encosta - de fundo de vale e b) de contato.	24
Figura 3 – Corpos hídricos e suas APPs.	26
Figura 4 – Componentes de um SIG.	28
Figura 5 – Fluxograma de etapas de trabalho em SIG.	29
Figura 6 – Localização da área de estudo.	31
Figura 7 – Coluna estratigráfica dos vulcanismos ácidos do membro Palmas	35
Figura 8 – Mapa da litoestratigrafia dos membros Palmas e Chapecó pertencentes a Formação Serra Geral.	36
Figura 9 – Mapa da geologia do município de Veranópolis.	38
Figura 10 – Mapa da geomorfologia de Veranópolis.	41
Figura 11 – Mapa da tipologia climática do Rio Grande do Sul.	42
Figura 12 – Precipitação anual acumulada do ano de 1987 a 2016 para o Rio Grande do Sul.	45
Figura 13 – Gráfico de colunas da precipitação média mensal nos dados históricos de 1956-2015 do município de Veranópolis.	46
Figura 14 – Usina Hidrelétrica Montes Claros no Rio das Antas.	48
Figura 15 – Bacia Hidrográfica Taquari-Antas.	49
Figura 16 – Fluxograma das etapas da metodologia do projeto.	50
Figura 17 – Cabeceiras das drenagens pré selecionadas como unidades de estudo.	51
Figura 18 – Pontos selecionados na amostragem de campo.	52
Figura 19 – Equipamento de GPS utilizado na amostragem de campo.	54
Figura 20 - Fotografia da superfície do terreno no ponto indicado na BCRS25.	59
Figura 21 - Antiga área de mineração cuja nascente de fraturamento junto à cava.	60
Figura 22 – Vegetação instalada na área de intervenção pela atividade de extração.	61
Figura 23 – Imagem de satélite do Ponto 1 com o sentido de fluxo hídrico.	61
Figura 24 – Fotografia do local provável da difusão da nascente no Ponto 2.	62
Figura 25 – Ponto 2 com a indicação do sentido de fluxo.	63
Figura 26 – Foto panorâmica do espelho d'água.	63

Figura 27 – Tubulação de saída do barramento existente no Ponto 2.	64
Figura 28 – Dispersão de sulcos erodidos pela drenagem no local do Ponto 3 da BCRS25.	65
Figura 29 – Imagem de satélite do Ponto 3 com destaque das características em raio de 100 m.	66
Figura 30 – Espelhos d’água à jusante do ponto indicado pela BCRS25.	67
Figura 31 – Aspecto da vegetação e uso do solo nas imediações do Ponto 4.	67
Figura 32 – Área de estudo do ponto 4.	68
Figura 33 – Pequeno reservatório construído na nascente para a dessedentação humana.	69
Figura 34 – Posição da nascente identificada em campo e o local da BCRS25 da SEMA.	70
Figura 35 – Nascente em fraturas horizontais de rocha basáltica, Ponto 6.	71
Figura 36 – Posição da nascente em campo comparada ao ponto da BCRS25.	72
Figura 37 – Condição da vegetação periférica à nascente do Ponto 6.	73
Figura 38 – Posição do Ponto 7 com base na cartografia estadual.	73
Figura 39 – Foto panorâmica da nascente em reservatório do Ponto 7.	74
Figura 40 – Posição do ponto 8 e a sua correlação com a BCRS25.	75
Figura 41 – Foto panorâmica da nascente e reservatório do Ponto 8.	76
Figura 42 - Foto panorâmica do Ponto 9. A seta indica o ponto segundo a BCRS25.	76
Figura 43 – Nascente em meio aos lineamentos naturais da rocha encaixante.	77
Figura 44 – Posição da nascente no Ponto 9 em comparação com a BCRS25.	78
Figura 45 – Foto panorâmica do ponto e a condição geográfica do entorno.	79
Figura 46 – Posição do Ponto 10 e a BCRS25.	79
Figura 47 – Posição do Ponto 10 e a caracterização geográfica do entorno.	80
Figura 48 – Foto panorâmica do ponto indicado na BCRS25 em seta.	81
Figura 49 – Imagem de satélite da periferia do Ponto 11.	82
Figura 50 – Foto panorâmica da região limítrofe do Ponto 11 indicando o fluxo.	83
Figura 51 - Fotografia do Ponto 12, local indicado na BCRS25.	83
Figura 52 – Usos do solo do entorno do reservatório do ponto 12.	84
Figura 53 – Canal de drenagem do Ponto 12, local de realização do teste de vazão.	85
Figura 54 – Fotografia panorâmica da situação local do Ponto 13.	86

Figura 55 – Local de surgência da água em nascente de encosta.	86
Figura 56 - Nascente do Ponto 13 e os usos do solo do entorno.....	87
Figura 57 – Condições do solo na periferia do local indicado na BCRS25.	88
Figura 58 – Poço raso construído à montante da área com bombeamento.....	88
Figura 59 – Local de intervenção nas condições fisiográficas da dinâmica hídrica...	89
Figura 60 – Análise espacial da nascente do Ponto 14 e o uso do solo.	90
Figura 61 – Fotografia do barramento existente à cota aproximada de 560 m.	91
Figura 62 – Imagem de satélite da periferia do Ponto 15.....	92
Figura 63 – Fotografia do Ponto 16 indicado na BCRS25.....	93
Figura 64 – Imagem de satélite da periferia do ponto indicado pela SEMA.	94
Figura 69 – Fisiografia da área do entorno do Ponto 16.	95
Figura 66 – Imagem de satélite do local indicado pela SEMA, Ponto 17.	96
Figura 67 – Reservatório do Ponto 17 com indicativo de fluxo.....	96
Figura 68 – Imagem de satélite do Ponto 18.....	97
Figura 69 – Foto panorâmica do reservatório do Ponto 18.	98
Figura 70 – Fotografia panorâmica da área do entorno do Ponto 19.....	99
Figura 71 – Mosaico de imagens do lado norte do Pico do Monte Claro.	100
Figura 72 – Imagem de satélite do Ponto 19.....	100
Figura 73 – Pontos selecionados na amostragem de campo.....	103
Figura 74 – Usos do solo na região dos pontos amostrados em campo.	104
Figura 75 – Mapa Hipsométrico do município de Veranópolis.	107
Figura 76 – Mapa das classificações dos solos no município de Veranópolis.	109
Figura 77 – Mapa da delimitação das sub-bacias hidrográficas dos pontos amostrados.....	111
Figura 78 – Mapa da produção de água nos pontos amostrados.	116
Figura 79 – Resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica.....	117
Figura 80 – Vazão média específica (Qe) de setembro nas bacias amostradas.....	118
Figura 81 – Vazão Média Específica (Qe) de outubro nas bacias amostradas.	118
Figura 82 – Vazão Média Específica (Qe) de novembro das bacias amostradas. ...	119

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Unidade geomorfológica que compreende a área de estudo.	40
Quadro 2 – Temperaturas históricas de Veranópolis na série de dados 1956-2015 e na normal climatológica padrão 1961-1990.	43
Quadro 3 – Temperaturas do ar (máxima, mínima e média) em Veranópolis.	44
Quadro 4 – Quadro síntese da fisiografia das amostras do estudo.	104
Quadro 5 – Síntese dos indicadores morfométricos das sub-bacias do estudo.	112
Quadro 6 – Dados pluviométricos entre setembro e novembro de 2022, no município de Veranópolis - RS.	114

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP: Área de Preservação Permanente

BCRS25: Base Cartográfica do Rio Grande do Sul em Escala 1:25.000

CERAN: Complexo Energético Rio das Antas

CFB: Código Florestal Brasileiro

DDPA/SEAPDR: Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

FEPAGRO: Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária

FEPAM: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Roessler

MDE: Modelo Digital de Elevação

RS: Rio Grande do Sul

RHN: Rede Hidrometeorológica Nacional

SiBCS : Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

SIG: Sistema de Informação Geográfica

SEMA: Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul

SNIRH: Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

LISTA DE SÍMBOLOS

°C: graus centígrados

cm: centímetro

l/min: litros por minuto

km: quilômetro

m: metro

m²: metro quadrado

m³: metro cúbico

mm: milímetro

Qe: Vazão Média Específica

%: percentual

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1 OS RECURSOS HÍDRICOS	19
3.1.1 As Nascentes	23
3.2 GEOPROCESSAMENTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	27
4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	31
4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	31
4.2 GEOLOGIA	32
4.3 GEOMORFOLOGIA	38
4.4 CLIMA	42
4.5 PLUVIOMETRIA.....	44
4.6 DRENAGEM E HIDROGRAFIA	46
5 METODOLOGIA	50
5.1 ESTUDOS DE CAMPO.....	53
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
6.1 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO	58
6.2 FISIOGRAFIA DOS SISTEMAS AMOSTRADOS	101
6.3 DINÂMICA DAS BACIAS AMOSTRADAS	106
6.4 IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA E MORFOLOGIA DAS BACIAS.....	110
6.5 PLUVIOMETRIA DO INTERVALO AMOSTRAL	114
7 CONCLUSÕES	120
REFERÊNCIAS	122

1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são corpos de água essenciais para a sustentabilidade dos sistemas naturais que vêm continuamente sendo alterados pelas atividades humanas. Esses recursos devem ser protegidos e utilizados de forma racional, pois são essenciais para a existência humana, sendo importante a preocupação racional do manejo dos potenciais hidrográficos e hidrológicos principalmente nas regiões onde há escassez de chuvas e/ou elevada demanda por água.

A água desde o início das atividades humanas e suas relações com o meio ambiente foi determinante na sobrevivência e evolução da sociedade. A sua utilização em diversos usos relacionados à economia impulsionou o desenvolvimento humano e à medida que se diversificam as atividades econômicas o recurso natural se torna cada vez mais necessário. Em contrapartida, a degradação ambiental causada pelo crescimento e desorganização da urbanização restringe e afeta esse recurso atingindo níveis de sustentação incompatíveis com as necessidades atuais.

Dentre os principais recursos hídricos existentes no Estado do Rio Grande do Sul (RS), na região do município estudado, se destaca a surgência da água por meio de pequenos pontos de nascentes difusas e nascentes em encostas, esses recursos são diretamente afetados pela pluviometria, e tais aspectos demonstram a urgência de diferentes avaliações das reais condições da caracterização.

As nascentes possuem suas posições e definições um tanto quanto controversas do ponto de vista técnico, por isso, é de relevância identificar esses recursos hídricos uma vez que sua proteção e manutenção balizam o equilíbrio do ciclo hidrológico, tanto do ponto de vista qualitativo quanto do quantitativo.

Nesta perspectiva, estabelecer adequadamente os conceitos que definem o posicionamento e caracterizam de forma técnica as feições mais sensíveis aos ecossistemas ambientais implica em minimizar os impactos aos corpos hídricos facilitando a aplicação dos instrumentos de proteção e regeneração das funções ambientais dessas áreas.

Quando a importância de proteger as águas superficiais e profundas é negligenciada, existem consequências que são frequentemente identificadas nos centros urbanos na atualidade como é o caso da contaminação do solo e do

aquífero, a degradação das águas superficiais, as inundações, etc., tais impactos podem resultar muitas vezes em escassez de água potável. (Zambianqui, 2018 *apud* Tundisi, 2003; CETESB, 2005).

No Brasil, a definição legal das nascentes é trazida na Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012) que substituiu o antigo Código Florestal e delimita as faixas necessárias à proteção desses mananciais incorporando uma área de preservação permanente (APP) cujo regime de proteção diferencia-se de acordo com a característica do recurso hídrico.

Além do Código Florestal Brasileiro (CFB), o Brasil delegou aos estados a possibilidade de redigir seus arcabouços legais específicos e códigos estaduais ambientais com diferentes enfoques na definição das proteções para mitigar os impactos nos corpos hídricos e indicar as possibilidades de uso racional desses recursos.

O trabalho se propõe, no entanto, a contribuir na identificação dos locais onde ocorrem os recursos hídricos através de bases pré existentes, apresentando uma metodologia cujo objetivo é determinar e caracterizar as nascentes de forma regional, aplicando-se de forma local em um estudo de caso desenvolvido no município de Veranópolis, RS. A área se insere no Domínio Hidrogeológico Fissural (Província Hidrogeológica Vulcânicas). Esse domínio é caracterizado por reunir rochas vulcânicas e metavulcânicas de baixo grau e de natureza ácida à básica com aquífero tipicamente fissural de porosidade secundária cuja alimentação hidráulica se dá por fendas e fraturas. A rede hidrológica superficial por sua vez, se insere na Bacia Hidrográfica Taquari-Antas.

A discussão dos conceitos dos corpos hídricos, mesmo necessitando da análise e modelagem do sistema hidrológico, ainda recaem sobre as considerações das políticas nacionais e internacionais. Enquanto o ecossistema de AUs pode ser devidamente descrito por meios multidisciplinares, o conceito de nascentes é estritamente hidrogeológico, porém múltiplo nas funções ambientais (QUEIROZ, 2015).

A necessidade de caracterizar e determinar os locais das nascentes implica diretamente na possibilidade de alternativas ao uso e ocupação do solo. Tendo em vista a necessidade de definir modelos ou ferramentas técnicas para a indicação correta do posicionamento desses recursos justificando a aplicação de um estudo mais aprofundado sobre o tema.

Diante dessa problemática, dentre as metodologias possíveis de serem implementadas, o mapeamento e caracterização dos recursos hídricos, por meio do geoprocessamento, tornam-se alternativas viáveis para reduzir de maneira relevante as insuficiências técnicas relativas à tipologia e localização geoposicionada desses corpos de água.

O presente estudo objetiva a análise das características topográficas e de geoposicionamento para a delimitação adequada das nascentes dentro dos limites municipais, por meio de um Sistema de Informação Geográfico (SIG) e discussão dos atributos técnicos em cada situação, estendendo o estudo por meio da criação e descrição de um cenário localizado em estudo de caso específico para que posteriormente possa ser realizada análise frente à legislação federal.

Espera-se com os resultados deste estudo, uma contribuição com a conceituação das nascentes mediante sua caracterização a partir da aplicação de um sistema metodológico de avaliação geográfica e ambiental das feições hídricas a partir das ferramentas de geoprocessamento. A caracterização e a determinação das feições oferecem como produto modelos cartográficos que poderão servir para a avaliação da aplicação da lei e suas implicações, bem como, para indicar os locais e as condições de maior fragilidade ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é analisar e mapear as nascentes existentes no município de Veranópolis em termos de características e tipologias apontando as particularidades ambientais, físicas e antrópicas, avaliando as condições de conservação e seu geoposicionamento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Dentre os objetivos específicos do projeto, destacam-se:

- a) Localizar e espacializar as nascentes a partir de base cartográfica;
- b) Analisar as características físicas a fim de identificar as pressões humanas sobre as áreas e seu potencial formador de APP;
- c) Identificar os padrões morfológicos das amostras;
- d) Avaliar a potencialidade de cada sistema de drenagem com a medição das vazões dos pontos amostrados;
- e) Elaborar um mapa da área de drenagem à montante.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 OS RECURSOS HÍDRICOS

O potencial dos recursos hídricos em qualquer parte do mundo sempre foi um fator determinante para a sobrevivência e para a evolução das sociedades, tanto é verdade, que muitas civilizações se desenvolveram nas faixas de inundações de rios e nas proximidades de áreas cuja água era abundante e potável. A água pode ser considerada um fator de desenvolvimento, porque é utilizada para inúmeras finalidades. A possibilidade dos seus múltiplos usos acelera ao mesmo passo em que as atividades econômicas se diversificam. Em todas as regiões, continentes e países, continuamente, vem se identificando o aumento da demanda por recursos naturais com o aumento no contingente populacional, a capitalização e pressão da sociedade de consumo, a produção cada vez mais industrializada e com as demandas agrícolas crescentes. Todos esses fatores são alguns dos aspectos que indicam a urgência de diferentes avaliações, monitoramento e avanços tecnológicos para a gestão da água. Conforme a sociedade aumenta os efeitos da degradação ambiental sobre os recursos hídricos, a gestão de bacias hidrográficas assume crescente importância no cenário mundial (JACOBI e BARBI, 2007).

Ainda que tão necessária, Rebouças (2008, apud ZAMBIANQUI, 2018, p.18) afirma que “não há falta de água doce no mundo para satisfazer todas as necessidades, mas não há o suficiente para atender os desperdícios e degradação da qualidade”. Desta forma, estudar mecanismos que auxiliam na gerência dos recursos de forma racional se mostra necessário, principalmente porque a população crescente necessita de expansão das áreas de uso do solo. Em contrapartida, aumenta a pressão sobre as APPs e a degradação dos recursos hídricos que são diretamente afetados pelos efeitos climáticos existentes na atualidade.

A oscilação do clima afeta diretamente a vida socioeconômica das populações, às atividades agrícolas, a geração de energia, e o turismo, mas indiretamente, altera todo setor produtivo de uma região. A oscilação do clima é fenômeno direto à variação da precipitação, e esta última, por sua vez, é um fator importante do controle hidrológico exercendo grande influência na qualidade do meio ambiente. Na infinita demanda dos seres humanos pelos recursos naturais, o impacto ao meio ambiente é intensificado pelas atividades econômicas, já que há a

exploração intensificada desses recursos. As modificações afetam diretamente na manutenção do volume precipitado (quantidade relativa), na distribuição temporal do regime diário ou sazonal e na intensidade das chuvas, impulsionando as alterações climáticas (BRITTO, 2006).

Contudo, para que se possa utilizar o volume precipitado após o episódio pluviométrico, é necessário que ocorra a infiltração da água no solo. Para que exista o movimento da água de precipitação em superfície e subsuperfície, deve haver um ponto de exsudação e este tende a dar origem a uma nascente, que pode ser perene ou intermitente (SILVA, 2019).

Leli *et al.* (2010) propuseram um estudo síntese para apresentar os processos hídricos de superfície que atuam desde a vertente até o canal catalogando o volume da água da chuva que que sobre uma bacia e escoar por sua superfície, denominando-as em seis rotas diferentes. Os tipos observados estão descritos na Figura 1, e têm por base as modificações de estudo anterior proposto por Knighton no ano de 1998.

Figura 1 – Fluxos da água precipitada em uma Bacia Hidrográfica.



Fonte: Leli *et al.* (2010).

Conforme apresentado na Figura 1, apenas uma parte da água precipitada vai escoar pela superfície. O restante, será primeiramente retido pela vegetação e posteriormente evaporado sem atingir o solo, ou em segunda hipótese conseguirá atingir o solo e será diretamente absorvida pelas plantas e animais, sem que prossiga no fluxo hídrico. Em uma terceira hipótese, a água escoar pela superfície das vertentes e seguirá o trajeto até se concentrar nos canais de drenagem desde que a precipitação exceda a capacidade de infiltração no solo, que depende de

fatores como a permeabilidade, a porosidade, a umidade intersticial etc. (LELI *et al.*, 2010).

A bacia hidrográfica é, neste caso, uma das rotas em que a água entra no sistema através da precipitação e sai por via da evaporação e/ou por escoamento em rios e arroios. Diversos fatores influenciam no nível de escoamento ao longo do ano, variando o potencial do sistema. Dentre os fatores se destacam a natureza dos fenômenos, o tempo de residência, o tipo de estoque e armazenamento e o padrão climático da bacia de captação. Alguns sistemas podem apresentar períodos de maior escoamento superficial alternados com períodos de baixo ou nulo escoamento, sendo recarregado apenas pelas águas provenientes do lençol freático e, portanto, se referem à água estritamente de subsuperfície (STEVANUX e LATRUBESSE, 2017).

Em especial no caso das regiões serranas do RS, os cursos hídricos se iniciam a partir de nascentes. Esses locais constituem a parte inicial do ciclo hidrológico de superfície, representando o ponto onde a água subterrânea entra em contato com a litosfera desencadeando a partir deste ponto a rede de drenagem dos canais fluviais (TUCCI, 2012).

Ainda segundo Silva (2019), se analisado o sistema dos recursos hídricos em escala local, é possível identificar a importância que a dinâmica hidrológica exerce no relevo, não só as que são observadas em superfície, mas também as que geram os fluxos em profundidade, as subterrâneas. Além das modificações do relevo observadas pela dinâmica dos recursos hídricos, ainda devem ser pontuadas as modificações causadas em grande parte da superfície terrestre pelas ações humanas, que geram na natureza mudanças em proporções e intensidade variadas, afetando de forma excessiva também a dinâmica natural das águas.

Conforme pesquisas recentes, como por exemplo Mensah *et al.* (2018), uma das consequências do desmatamento das matas ciliares cria uma grave crise na manutenção dos recursos hídricos, causando problemas no abastecimento humano. Uma forma de atenuar essa crise, é a criação de estratégias de preservação com base no monitoramento das APPs, já que elas exercem função ambiental relevante no meio ecológico do qual a bacia hidrográfica é pertencente.

No Brasil a degradação dos recursos naturais vem atingindo níveis cada vez mais críticos, eles trazem implicações para o meio ambiente, para a saúde animal e humana, nas questões da infraestrutura, redução na sua disponibilidade e qualidade,

levando à pobreza da sociedade. A falta de um planejamento sólido baseado no conhecimento dos recursos naturais e no desenvolvimento sustentável dificulta o crescimento econômico e o uso da terra. Tais problemas, infelizmente, se devem ao fato de que a maioria das cidades se desenvolvem junto às margens dos rios, e acabam destruindo-o no seu processo de crescimento, que traz consigo a poluição, o assoreamento, os desvios do canal e a supressão das matas ciliares, impactando na beleza da paisagem e destruindo o berço original dos recursos (SILVA e ALMEIDA, 2021).

Apesar da legislação ambiental brasileira se calçar na amplitude de abrangência e restrições ao uso dos recursos naturais, alguns fatores contribuem para tornar a gestão pouco ágil. A falta de conhecimento e planejamento adequado do uso e ocupação da terra, ou a adoção de práticas equivocadas, leva a um declínio da qualidade e afeta direta ou indiretamente a dinâmica hídrica. Dentre os fatores que afetam a agilidade da gestão, se destacam a falta de materiais técnicos de investigação rigorosa das intervenções ao meio natural e carecem de trabalhos que tem por objetivo investigar os locais necessários à implantação da legislação e da gestão da água (MELLER, 2011; BERGER, 2007).

Diante da escassez de informações e referências, vários métodos estão disponíveis para diagnóstico ambiental e estudo de áreas de relevância ambiental, como as zonas úmidas e as nascentes. Mapear e identificar áreas de importância biológica, geológica e paisagística por meio de técnicas de geoprocessamento é um dos métodos mais utilizados (MELLER, 2011).

Segundo Filho e Souza (2015), as geotecnologias utilizadas nas questões ambientais fazem grandes avanços na execução de pesquisas nas mais diversas áreas do conhecimento. Tarefas anteriormente executadas manualmente, hoje são produzidas digitalmente com a ajuda de software e hardware de última geração. Como resultado, estão disponíveis mapas com informações mais detalhadas, precisão cartográfica e desenhos de melhor qualidade, desenvolvidos em menos tempo do que com as técnicas tradicionais de mapeamento.

Entre as muitas funções da água, a análise da hidrogeomorfologia regional indica as interações que ocorrem entre os recursos naturais e suas relações como um agente de modelagem de relevo, já que a água desempenha o papel principal na formação do solo, erosão, transporte e deposição de sedimentos (SILVA, 2019).

3.1.1 As Nascentes

Em virtude da necessidade de interpretar as nascentes de forma a descrevê-las com os conhecimentos da ciência da geografia e das demais ciências, o conceito não é totalmente uniforme na literatura especializada. Cada pesquisador usa a definição que é mais conveniente para seu entendimento e apresenta diferentes ideias sobre o que vem a ser uma nascente. Assim, é comum que ocorram equívocos e conflitos ao comparar os resultados de diferentes trabalhos (FELIPPE e MAGALHÃES JUNIOR, 2013).

Para esses mesmos autores, as nascentes dos cursos de água são elementos geomorfológicos e hidrológicos com significativa heterogeneidade ambiental, e sua complexidade condiciona à grande variedade de contextos morfológicos, pedológicos, geológicos e hidrológicos em que elas ocorrem.

Para Felipe e Magalhães Junior (2013) a controvérsia com o termo "nascente" na comunidade científica está ligada à incorporação do termo à linguagem popular brasileira, uma vez que é tomado com base na observação e no bom senso. No entanto, o uso indiscriminado do termo e a falta de rigor científico têm gerado uma série de dúvidas e confusões conceituais, principalmente na realidade observada na prática de campo.

Para Felipe *et al.* (2009), a espacialização e a identificação das áreas prováveis de ocorrência de nascentes é possível, porém há uma evidente dificuldade, como sinalizam em seu estudo:

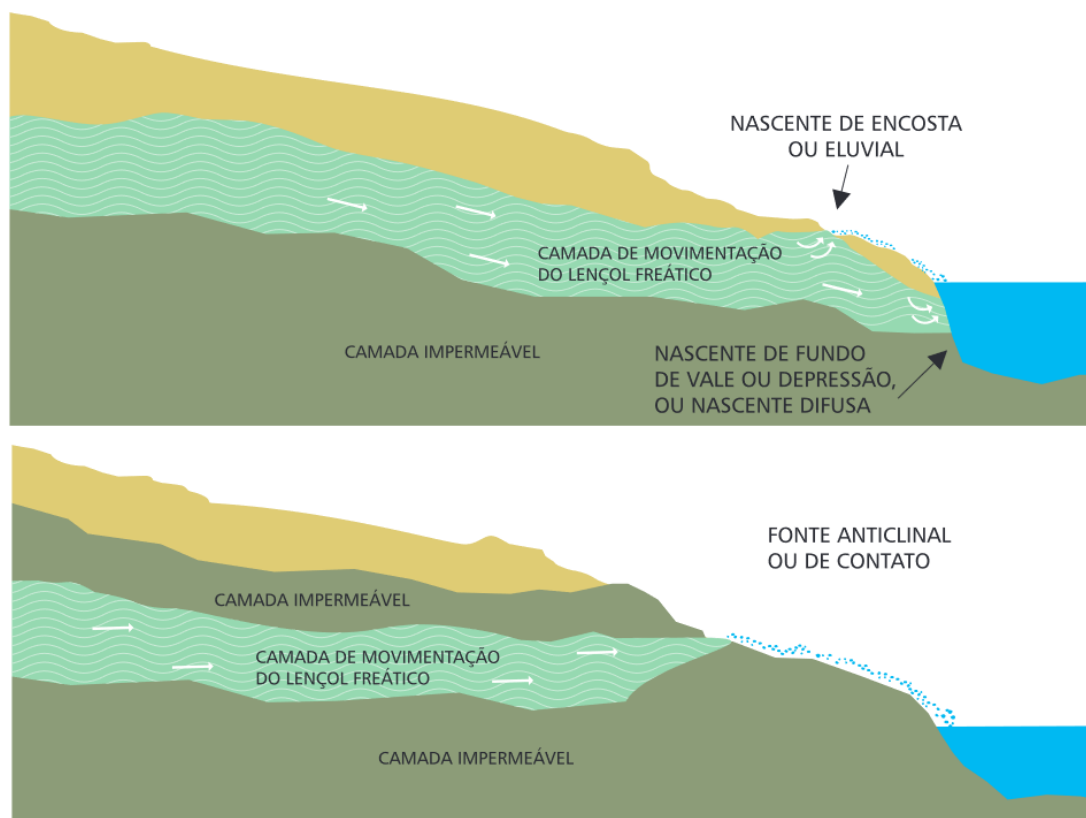
Em campo, a complexidade das nascentes fica nítida. Existe um vasto rol de variáveis que condicionam sua existência, promovendo uma multiplicidade de características que as nascentes podem possuir. Destarte, são identificadas várias possibilidades de tipologias, embasadas em determinados aspectos, que contribuem para a compreensão das nascentes. Conceitualmente, entretanto, há uma necessidade imediata de clarificação e ampliação, para permitir que toda essa diversidade seja abarcada (FELIPPE *et al.*, 2009, p. 2).

Mesmo com essa variação conceitual, diversos estudos convergem nas definições para as nascentes. É o caso do estudo de Felipe e Magalhães Junior (2013), que em análise multidisciplinar, indicaram que o conceito mais aceitável considera o recurso como um sistema ambiental complexo no qual a descarga das

águas subterrâneas ocorre de forma natural, temporária ou permanente, e cujos fluxos hidrológicos na fase superficial são integrados à rede de drenagem. Assim, a nascente engloba os mais diversos processos hidrológicos, hidrogeológicos e geomorfológicos, que culminam na exfiltração de água e na criação de um fluxo de água. Este termo é amplo o suficiente para abranger toda a complexidade das fontes e ao mesmo tempo esclarecedor o suficiente para aplicação no campo, seja no âmbito acadêmico, jurídico ou social.

Nesta linha de conceituação, a Figura 2 apresenta as formações de nascentes mais comuns sob o olhar dos autores, elas foram definidas de acordo com Linsley e Franzini (1978) apud SMA-DPB (2009) e se dividem em dois tipos.

Figura 2 – Nascentes originárias de aquífero freático não confinado: a) de encosta - de fundo de vale e b) de contato.



Fonte: Modificado de Linsley e Franzini, 1978 apud SMA-DPB, 2009.

As nascentes podem ser distinguidas quanto à origem; existem aquelas formadas por níveis freáticos aflorantes ou por artesianismo, onde a água aflora do confinamento entre duas camadas impermeáveis ou através de falhas geológicas. Em ambos os casos, para que haja a conservação, é essencial o adequado

armazenamento de água nos lençóis nos períodos de chuva intensa (VALENTE e GOMES, 2011).

Para Valente e Gomes (2011), o volume de água disponível nas nascentes depende da riqueza do lençol e da quantidade de chuva infiltrada quando da ocorrência da precipitação normalmente advinda das percolações verticais à montante da bacia hidrográfica analisada.

Além disso, elas podem ser classificadas de acordo com o seu fluxo de água em perenes, temporárias e efêmeras. As primeiras são aquelas que se manifestam durante o decorrer de todo o ano, apresentando um fluxo contínuo, as segundas são aquelas em que o fluxo só acontece na estação chuvosa. O terceiro tipo, as efêmeras, são aquelas que apresentam o fluxo muito rápido, surgindo apenas durante a chuva e permanecendo por um curto período (horas). Independente da sua origem e classificação, as nascentes se expressam como uma fonte de manutenção para os ecossistemas e um ponto de partida para práticas de preservação de recursos hídricos e ecológicos (SMA-DPB, 2009).

Para Kresic e Stevanovic (2009), o local no terreno onde há a descarga do fluxo de água é governado pela diferença da elevação da superfície potenciométrica da água do aquífero e a topografia da superfície do terreno. No entendimento deles, mesmo que a água não se mostre em fluxo imediato, mas o terreno se mostra mais úmido que o entorno, o terreno é considerado encharcado.

Uma forma de identificar as áreas de fluxo de água que dão início a uma cabeceira, segundo Queiroz (2015), é a utilização de um critério espacial de verificação de todas as redes de drenagens naturais, ou linhas d'água. Segundo a autora, as nascentes espacialmente se localizam em áreas da rede de drenagem onde o fluxo se torna permanente, a vegetação fica mais densa e se aloca de forma ciliar. Os olhos d'água, por sua vez, são aqueles que surgem a partir de grotas situadas nas áreas dos talwegues de quebra de relevo. Já as fontes de água são definidas por ela como aquelas nascentes que possuem potencial para dessedentação humana.

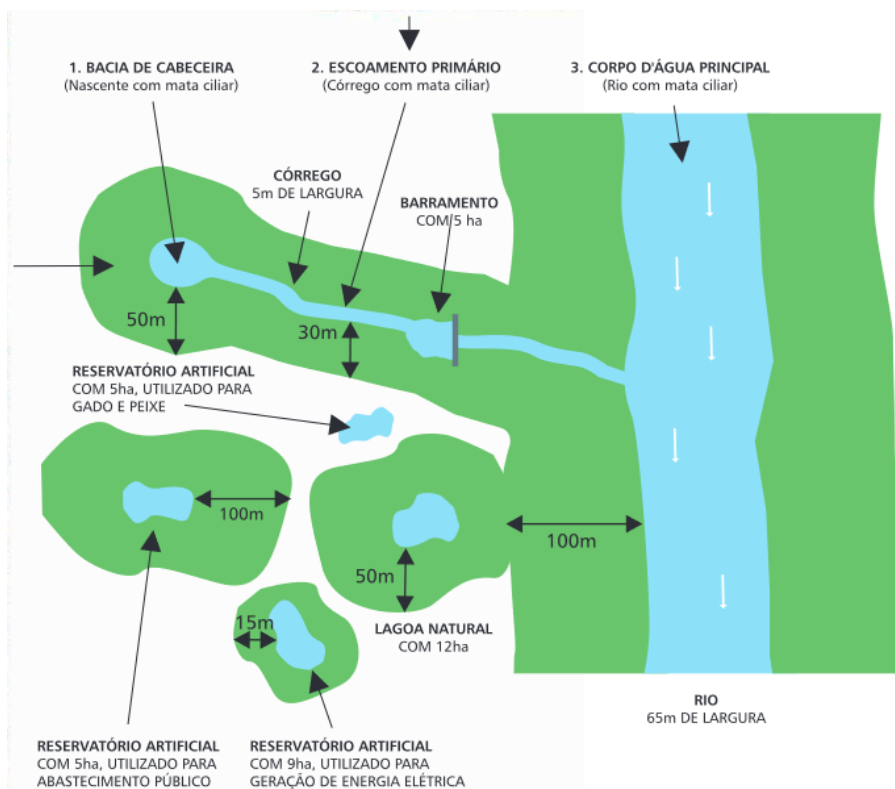
Na área urbana dos municípios, esse ecossistema está cada vez mais fragilizado e fica evidente a contínua degradação causada pelas ações antrópicas desenvolvidas. Diante desta triste realidade, a necessidade de preservação extrapola também para a conservação dos recursos hídricos, que demandam de

diagnósticos precisos e processos adequados para a preservação dessas APPs (RODRIGUES, 2019).

Há, no entanto, segundo Calheiros *et al.* (2009), certa dificuldade para estabelecer o local correto para que a partir deste se consigam mapear as APPs de nascentes e olhos d'água. Segundo eles, não é possível definir somente tendo por base os locais onde há o afloramento por meio de bases cartográficas planialtimétricas. É necessário consorciar a investigação com trabalhos de campo, isto porque, alguns tipos de nascentes mudam seu ponto de localização em função da sazonalidade das chuvas, como é o caso da nascente de encosta. Já exemplos de nascentes de contato, em função das feições estruturais que as acomodam serem de subsuperfície há o dificultador de identificação do ponto exato de afloramento.

A SMA-DPB (2009), através de um caderno informativo, descreveu uma bacia com os diferentes tipos de corpos hídricos ligados a ela. Dentre os destacados são apresentadas as APPs exigidas de acordo com o uso e as dimensões de cada uma como nascente, curso d'água, barramento e reservatórios artificiais. A Figura 3 apresenta um exemplo deles.

Figura 3 – Corpos hídricos e suas APPs.



Fonte: SMA-DPB, 2009.

As APPs são normalmente delimitadas pelos elementos fisiográficos presentes no território geográfico e comparados aos instrumentos legais existentes nos códigos e dispositivos legais como resoluções decretos e leis. O último evento na área jurídica se deve às alterações sugeridas no Código Florestal Brasileiro (CFB) de 2012, que visam dentre outras coisas a manutenção das formações vegetais nativas, a preservação da biodiversidade e a manutenção do fluxo gênico da flora e da fauna (OLIVEIRA e FRANCISCO, 2018).

Para tanto, Oliveira (2013) considera em sua análise, que os sistemas de informações geográficas (SIGs) podem auxiliar nos processos de coleta de dados e na tomada de decisões para a gestão das nascentes. Isto se deve à rapidez na aquisição e tratamento de dados, na facilidade da representação das informações e na grande base de dados de informações geradas em mapas geográficos e temáticos, sem que se precise dispor de um tempo expressivo.

Na mesma linha de pensamento, Macedo *et al.* (2018) afirmam que os SIGs foram idealizados a fim de aplicar uma tecnologia voltada para a gestão das informações, fazendo uso de dados simultâneos da superfície geográfica mesmo que em grandes extensões territoriais, facilitando a obtenção e tratamento computacional dos dados de qualquer tipo de estudo, que também pode ser voltado para o caso dos recursos hídricos.

3.2 GEOPROCESSAMENTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Nas últimas décadas, o uso dos SIGs foi maximizado na área do diagnóstico ambiental favorecendo a avaliação das APPs, uso e cobertura da terra, preservação e recuperação dos recursos naturais (PASSOS *et al.*, 2018). Essas ferramentas computacionais são cada vez mais utilizadas também para o desenvolvimento de estudos de caracterização da hidrologia, com aplicações diversas na delimitação das bacias, na extração de dados para caracterização e modelagem hídrica (ZEILHOFER, 2001 apud FAN, 2013).

Barbosa *et al.* (2019) relatam que as geotecnologias são empregadas atualmente em diversas áreas do conhecimento para oferecer mapeamentos que antes eram executados manualmente, hoje, com o uso de softwares e hardwares

digitais de última geração, dados, pessoas e métodos obtêm-se mapas de melhor resolução, detalhes e precisão. Além disso, a otimização do tempo acarretada pela facilidade de tratamento e coleta de dados supera as metodologias das técnicas tradicionais de mapeamento.

Segundo a ANA (s.d.), são cinco os componentes de um SIG. Para eles, o funcionamento do sistema depende de programas de ambiente computacional que processam e fornecem dados com georreferência após manipulação, dependem também de componentes físicos como CPU e periféricos que permitem a conversação das informações (dados) nas suas portas de entrada e saída. Os dados, elemento também determinante do funcionamento do sistema, são os valores da representação do mundo real. Os métodos de manipulação matemática de dados estão atrelados aos softwares, e as pessoas são os componentes para uso do sistema e a ferramenta de coleta de dados amostrais necessários à segurança e conferência do SIG. A Figura 4 apresenta os componentes do SIG.

Figura 4 – Componentes de um SIG.



Fonte: UEM, 2021.

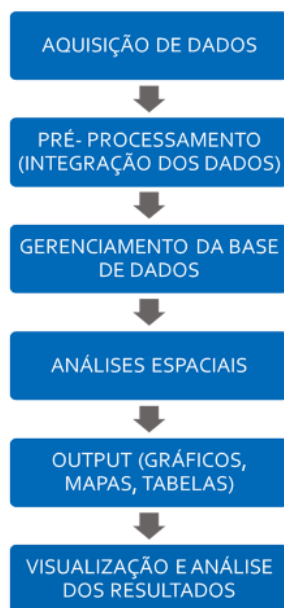
Pablo *et al.* (1994) e Santos *et al.* (1998) apud Berger (2007) citam as dificuldades e problemas observados no planejamento ambiental quando se faz o uso do SIG. Os resultados para a tomada de decisão na implantação do planejamento e do manejo das áreas dependem do potencial computacional para o tratamento dos dados.

Assim, o SIG constitui um sistema de inteligência que embasa a gestão de forma lógica e adequada permitindo a decisão das mais diferentes esferas de aplicação. Além disso, formata indicadores com base nos dados geográficos e permite a coleta, o armazenamento, a visualização, a transformação e a recuperação dos dados sendo favorável à utilização no planejamento ambiental da gestão dos recursos hídricos (PINHEIRO, 2009).

Segundo Berger (2007) as pesquisas multidisciplinares na área ambiental são verticalizadas e produzem mapas temáticos de características específicas que quando reunidos resultam em produtos sintetizados e comparativos. Os resultados da análise trabalham com a síntese de dados relacionados aos aspectos socioeconômico, biótico e físico, integrando essas informações e produzindo cartas da qualidade, fragilidade e unidade ambientais.

Para ANA (s.d.) as etapas necessárias a um correto planejamento e aplicabilidade de um SIG são as apresentadas na Figura 5.

Figura 5 – Fluxograma de etapas de trabalho em SIG.



Fonte: ANA, s.d.

Câmara *et al.* (2001) definem o geoprocessamento como a ferramenta do conhecimento que utiliza a matemática e o computador para manipular uma informação geográfica se valendo do SIG na modelagem dos dados do mundo real que dependerão da escala que utilizarmos. Os mesmos autores definem também o SIG como um sistema concebido para produzir informação a partir de dados

espaciais da Terra definidos como modelo numérico de terreno (ou MNT) que denota a representação quantitativa de uma grandeza que varia no espaço.

Costa *et al.* (1996) já produziram estudos similares para a quantificação, caracterização e delimitação das APPs das nascentes usando as ferramentas e SIG. Para eles, a qualidade nos resultados da delimitação das áreas é proporcional a resolução e da precisão dos dados utilizados.

As ferramentas computacionais com o uso da informática para a produção cartográfica vêm se expandindo desde as etapas de atualização até a elaboração de novos produtos cartográficos (SILVA, 2003 apud MELLER, 2011). Para Meller, quando há a digitalização dos dados com a conversão do analógico para o digital e a sobreposição com as imagens atuais é possível apontar as atualizações através das modificações produzindo um novo mapa.

Meller (2011) ainda sobre as tecnologias utilizadas na cartografia, diz que para a atualização das bases existentes, o uso do SIG é o procedimento mais adequado. Diante da necessidade de organizar o espaço sócio-econômico através de políticas e programas sociais, a ferramenta também contribui para o desenvolvimento de ações sustentáveis, no uso e ocupação adequada do solo, na organização das vias de tráfego e dos centros urbanos e o mais importante, auxilia na avaliação, recuperação e preservação dos recursos hídricos e APPs já que é uma ferramenta que cria meios para a análise do ambiente natural presente no espaço geográfico que os seres vivos ocupam na superfície terrestre.

Com o advento das técnicas de Geoprocessamento juntamente com a evolução da tecnologia empregada nos sistemas computacionais de tratamento de dados e imagens, houve uma crescente possibilidade na identificação e caracterização das áreas sensíveis ambientalmente presentes no espaço, uma vez que a aquisição de dados pode ser feita de forma periódica e pode vir de locais inacessíveis sem a necessidade de desmobilização de pessoal para as áreas mais longínquas (FERREIRA, 2018).

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

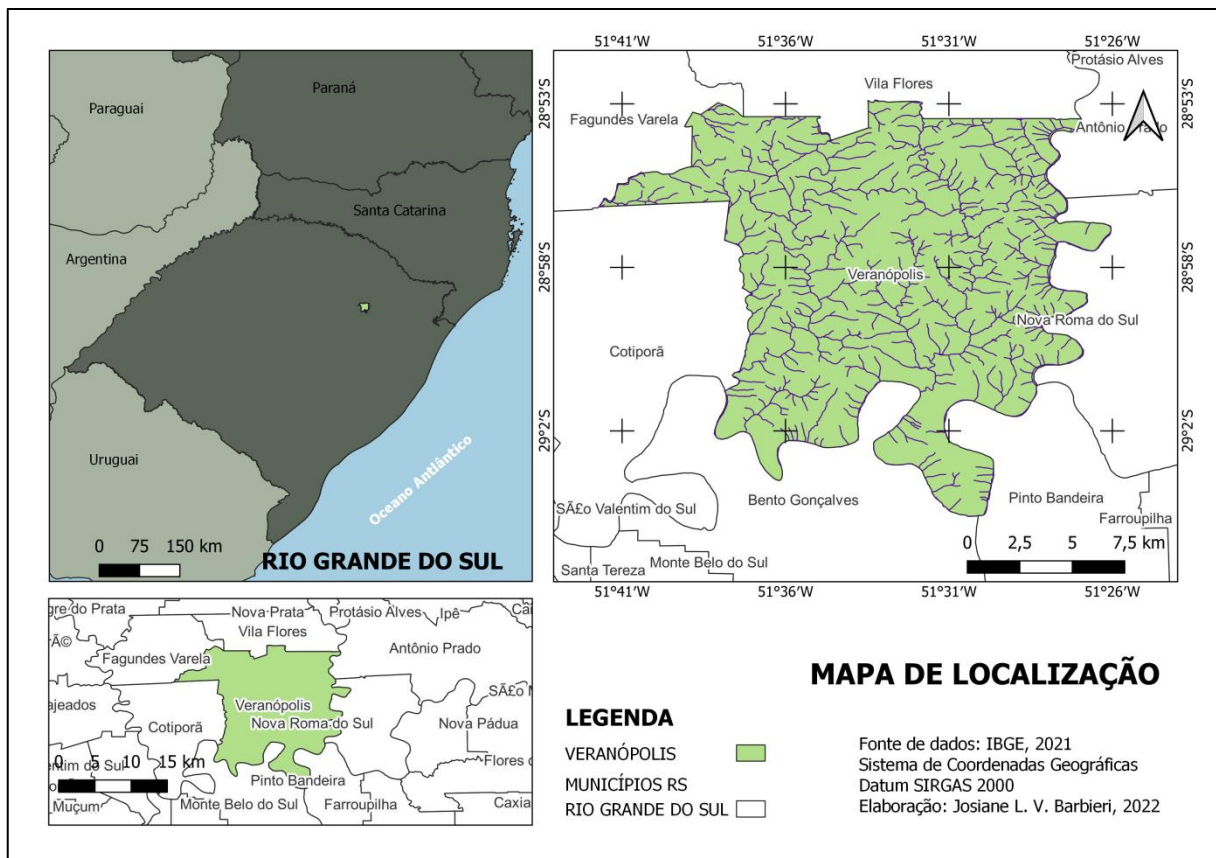
A área foi caracterizada com base nos elementos elencados neste capítulo a fim de representar a importância que eles possuem na formação da dinâmica da natureza. Os elementos em destaque são principalmente os aspectos fisiográficos a partir da geologia e da morfologia, o clima, a pluviometria e os sistemas de drenagem.

Todos esses elementos compõem a descrição física da paisagem estudada e quando analisados de forma conjunta, acabam por explicar a dinâmica dos corpos hídricos, e fornecem condições e bases para efetuarmos a sua caracterização.

4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o município de Veranópolis-RS, região da Encosta Superior da Serra do Nordeste (Serra Gaúcha) (Figura 6).

Figura 6 – Localização da área de estudo.



Fonte: Modificado de IBGE, 2021.

Segundo o IBGE (2017), o município possui sede administrativa localizada nas coordenadas geográficas Lat. $-28^{\circ}56'S$ e Long. $-51^{\circ}33'O$ e ocupa uma superfície territorial de 289,4 km², cujos limites são definidos por rios de curso com características de meandros encaixados na geologia das montanhas, sendo seu principal o Rio das Antas. O Rio das Antas, além de elemento balizador da divisa intermunicipal com Bento Gonçalves é também um importante afluente da margem esquerda do Rio Taquari que por sua vez flui ao Jacuí, desaguando no estuário do Guaíba já nas proximidades da capital Porto Alegre.

O rio principal segue uma trajetória acentuadamente serpenteada com diversas curvas sob a forma de ferradura. Seus afluentes de maior relevância são o Rio da Prata e o Arroio Jabuticaba situados à leste, e o Arroio Retiro situado à oeste do território, que por sua vez, serve de limite municipal com o vizinho Cotiporã. Todos eles possuem características perenes. Outro manancial de relevância é o Arroio Cascata, que inicia seu curso na área urbana central do município e deságua no Arroio Retiro, e possui galerias canalizadas no alto curso.

Situada em posição geográfica cuja paisagem geomorfológica é caracterizada por vales bastante encravados e profundos (cotas de 60 a 80 m), com amplitudes de relevo muito acentuadas nas áreas altas das montanhas chegando a 705 m de altitude, possui clima subtropical.

Segundo o IBGE (2022), a população do município recenseada em 2010 é de 22.810 pessoas, com densidade demográfica de 78,83 hab/km² e com projeção estimada em 2021 de população de 26.813 pessoas.

4.2 GEOLOGIA

A área de estudo está inserida na porção sul da Bacia Sedimentar do Paraná, a qual constitui uma bacia intracratônica que ocupa aproximadamente 1.200.000 km² de área de superfície no território brasileiro. Essa bacia é caracterizada por uma sequência sedimentar e uma sequência vulcânica, que ao se formarem, foram governadas por um forte controle estrutural, cujas falhas se alinham nas direções N-NE, N-NO e E-O (Reginatto, 2003). As principais litologias de interesse que ocorrem

na área de estudo são representadas por rochas vulcânicas que constituem a Formação Serra Geral (White, 1988).

Segundo Almeida e Carneiro (2016), o magmatismo alcalino tanto intrusivo quanto efusivo é verificado em diversas regiões entre as eras do período Triássico e do período Eocretáceo. Para o caso do Brasil e de seus países vizinhos, como é o caso da África, o vulcanismo desse período causou grandes inundações de lavas predominantemente basálticas, em vultos subsequentes entre os antepassados de 137 e 127 Ma. No Estado do RS, a Formação Serra Geral ocupa uma área de 137.000 km², o que representa cerca de 50% do território gaúcho (Baú, 2016).

A Formação Serra Geral litologicamente é constituída por uma sucessão de derrames de lavas de característica básica em sua maioria, podendo, nas porções média e superiores dos derrames apresentar característica intermediária e ácida. As rochas encontradas nos derrames desta formação são geralmente bastante fraturadas em forma conchoidal. Esta formação data da era do encerramento da evolução gonduânica da formação da bacia do Paraná, que é marcada por um intenso magmatismo fissural (ORLANDI FILHO, KREBS e GIFFONI, 2006).

Esses derrames são representados por litologias de tipificação “basáltica” de propriedades toleíticas, andesíticas, riodacíticas, riolíticas e dacíticas todas encontradas em uma sequência vulcânica básica e uma ácida, dependendo da era geológica de extravase vulcânico (HORBACH *et al.*, 1986; ROISEMBERG, 1990; HAUSMAN, 1995).

Todos os estudos realizados até então mostram espessuras totais da sequência vulcânica com altura máxima na marca de 1.700 m. A distribuição, no entanto, é bastante variável, e conforme o verificado por Leinz (1949), os derrames da sequência vulcânica no Estado do RS, apresentam espessura máxima de 1.100 m medidos desde o contato entre a borda do Planalto até a base da Planície Costeira, definida na proximidade de Torres/RS. A distribuição é desigual, diminuindo no sentido de leste para oeste, podendo atingir até 100 m conforme nos aproximamos do vale do Rio Uruguai.

A estruturação das rochas encontradas na região segue um padrão. Especificamente na Formação Serra Geral, elas possuem características primárias e estão diretamente associadas à taxa de resfriamento e são dependentes da composição mineralógica presente no magma formador, que futuramente formará determinada litologia.

As estruturas foram estudadas por diversos autores, mas as principais zonas definidas por eles, em especial Roisenberg (1990) categorizou-as em três como assim as classifica:

- a) Zona basal: composta por brechas vulcânicas e rochas maciças, classificados como vidros vulcânicos cujas colorações variam de preto a vermelho;
- b) Zona central: representada pela porção intermediária do derrame, de maior espessura dentre os três tipos, podendo apresentar até 60 m. As estruturas internas encontradas nesta zona são de dois tipos preferenciais: juntas horizontais (normalmente retas e planas, com espaçamento bem marcado em distância de centímetro ou decímetro) e juntas verticais (menos regulares do que as anteriores, com representantes maciços e fraturados que ocorrem sobrepostas às primeiras);
- c) Zona superior: é a porção superior do derrame, constituído de rochas vulcânicas com grande quantidade de vesículas e amígdalas, podendo ou não apresentar-se preenchidas por diversos minerais como zeólitas, carbonatos e quartzo.

Entretanto, a estruturação do padrão de formação das rochas vulcânicas está diretamente relacionada ao tipo de magma e a conseqüente formação do tipo de rocha. Outras estruturas típicas de fluxo magmático imposto às rochas são bastante abundantes nesse domínio e sugerem um padrão desenvolvido nas etapas finais de cristalização (Reginatto, 2003; Nardy *et al.*, 2008).

Ainda segundo Roisenberg e Chies (1987), é nos derrames de características básicas que há um desenvolvimento de intenso número de juntas verticais e um baixo número de juntas horizontais na zona central do derrame, além de uma marcada zona de amígdalas e vesículas. A ocorrência nos derrames ácidos, por sua vez, relaciona um desenvolvimento maior das juntas horizontais em detrimento das verticais e apresenta zona basal de espessura variável.

Na região de estudo, a CPRM (1998), após levantamento, identificou a ocorrência de dois tipos diferentes de litologias. O primeiro tipo representado por basaltos do tipo Gramado e o segundo das vulcânicas ácidas do tipo Palmas/Caxias.

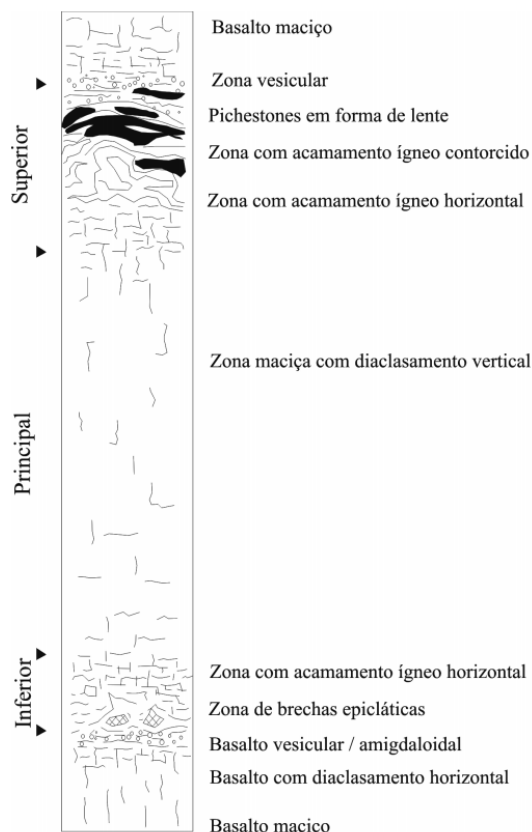
Nardy *et al.* (2002), após estudos regionais confeccionou um mapa litoestratigráfico, que destacou a presença de pequena área onde são encontradas as unidades ácidas do vulcanismo, em cerca de 5% da superfície da Formação Serra Geral.

Posteriormente, Nardy *et al.* (2008), propuseram que as rochas ácidas da Bacia do Paraná fossem subdivididas para melhor cartografar os estados do sul, de modo que fossem incorporadas em duas unidades litoestratigráficas denominadas de membro Palmas e membro Chapecó. Elas foram caracterizadas devido à associação de rochas intercaladas em derrames de basaltos e de andesitos.

Esses mesmos autores identificaram a associação das rochas de característica ácida com a formação dos extensos platôs, em altos topográficos, enquanto as litologias dos basaltos do tipo Gramado são mais comuns em áreas de altitude inferior a 500 m.

Este estudo propôs uma coluna estratigráfica especial para as rochas dos ácidos do membro Palmas, conforme apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Coluna estratigráfica dos vulcanismos ácidos do membro Palmas .

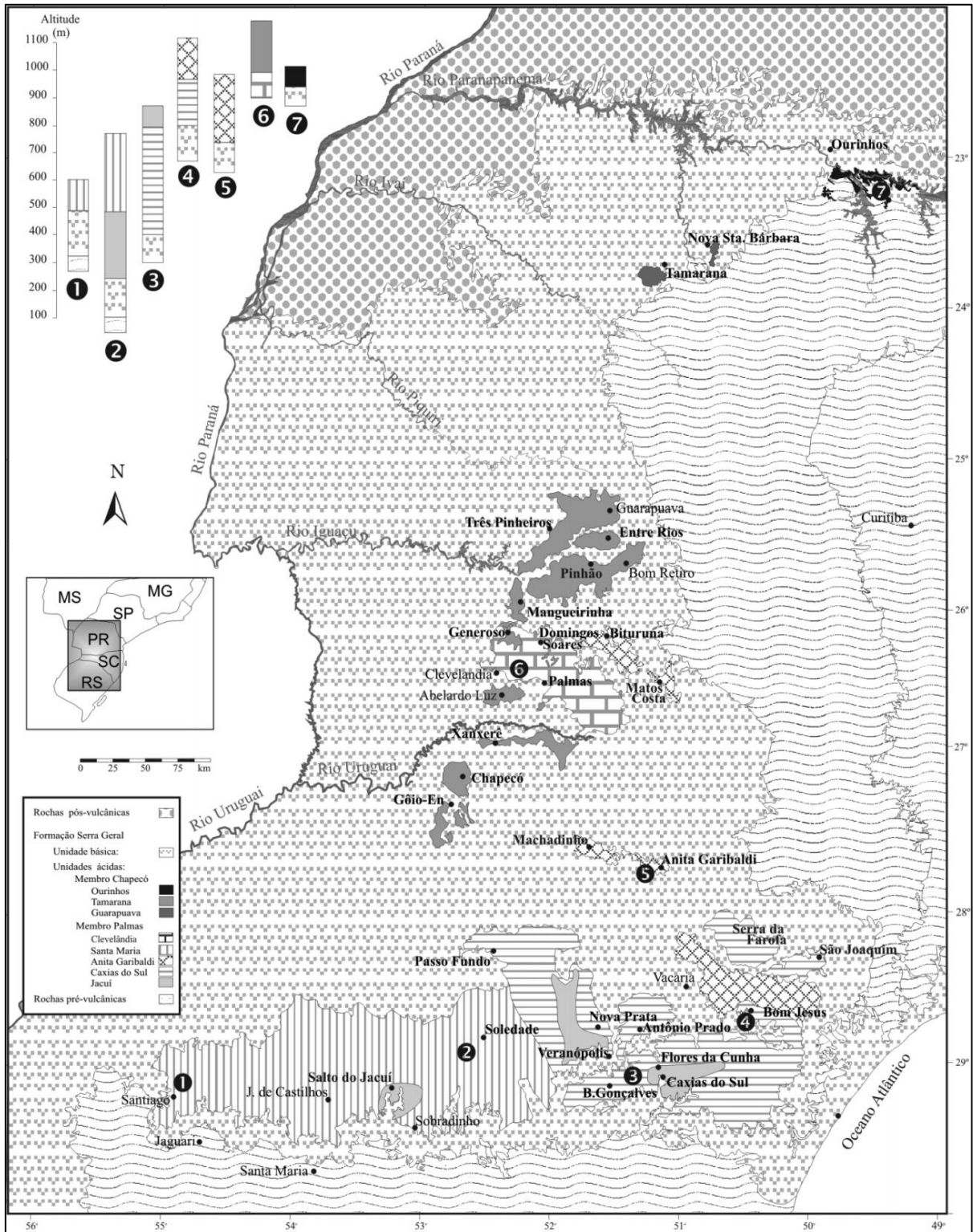


Fonte: Modificado de Nardy *et al.*, 2008.

Como resultado, houve a confecção de produto cartográfico englobando todos os estudos até então desenvolvidos no conhecimento geológico da região sul, detalhando também as seções colunares representativas das associações

litogeoquímicas observadas e suas altitudes referenciais. O documento adaptado por Nardy et al. (2008) é apresentado na Figura 8.

Figura 8 – Mapa da litoestratigrafia dos membros Palmas e Chapecó pertencentes a Formação Serra Geral.



Fonte: Modificado de Nardy et al., 2008.

Por fim, nas sequências do domínio superior das rochas ácidas do membro Palmas, os estudos propostos por Nardy *et al.* (2008) observaram a presença de corpos lenticulares de rochas holohialinas com espessuras de até 10 m, de cor preta, fratura conchoidal e pichestones, acamadadas com rochas hipohialinas.

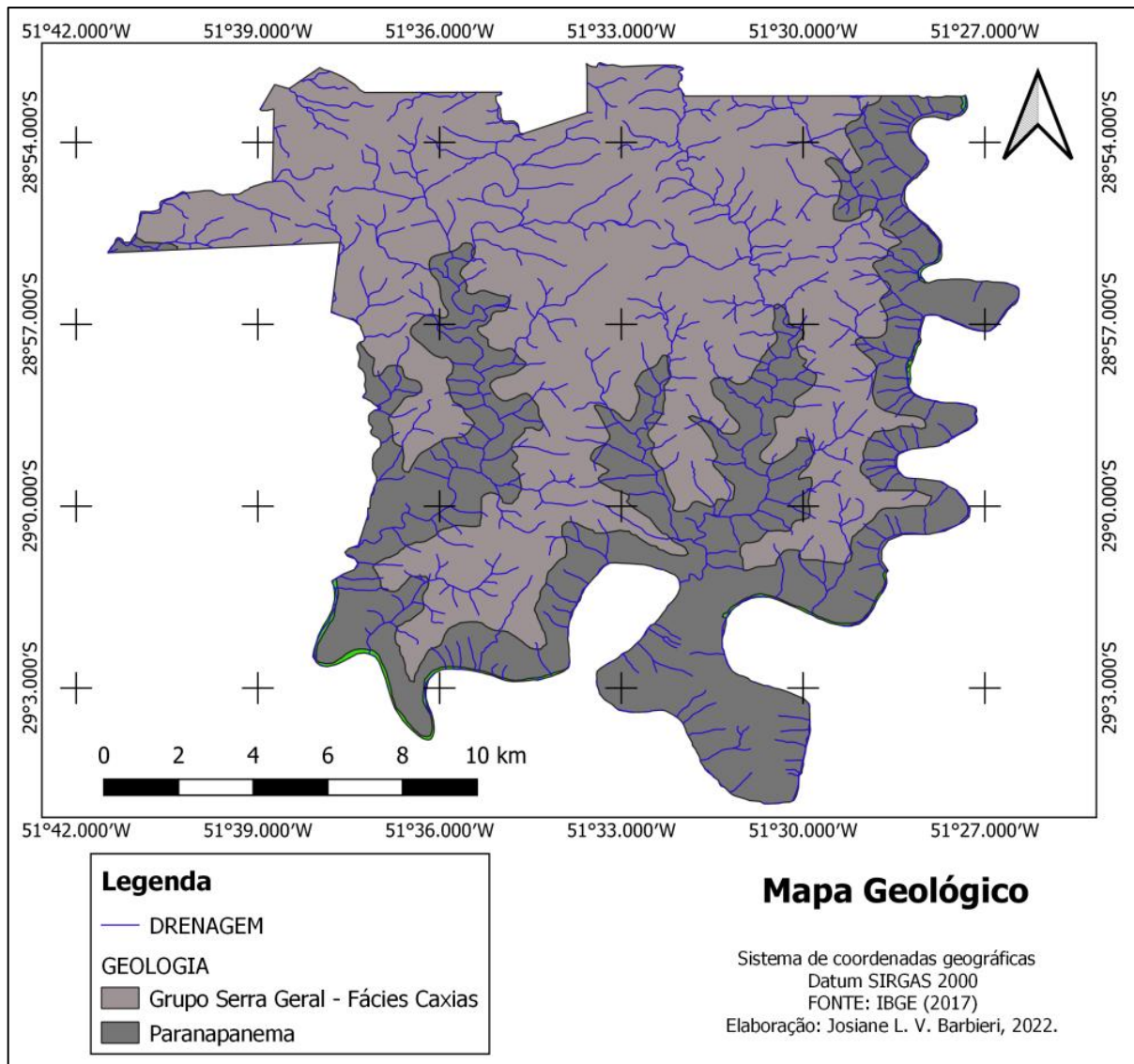
Um estudo desenvolvido por Luz (2013) na região de Veranópolis, identificou as litofácies e a sucessão estratigráfica dos tipos morfológicos dos derrames ocorrentes no município. O autor descreveu a coluna estratigráfica da região cuja base, entre as cotas de 120 e 160 m é representada por derrames *pahoehoe*, com uma sobreposição de lobos de altura igual a 1,5 m e *pipes vesicles* de tamanho centimétrico e milimétrico. O núcleo é marcado por cilindros e acamadamentos em níveis horizontais de vesículas que formam uma configuração em formato de “T”. O topo é representado por vesículas esféricas centimétricas e/ou milimétricas que ficam mais escassas conforme se aproxima da superfície de topo que é bastante brechada e em formato escoriáceo.

Esse mesmo autor identificou afloramentos de rochas vulcânicas ácidas que ocorrem sobre os derrames *pahoehoe*. Eles são comuns em cotas acima de 450 m e são formados por pequenos domos e estruturas tabulares. Nos domos, o núcleo é maciço, intensamente fraturado e vítreo. O topo também possui uma camada centimétrica vítrea composto por um bandamento de vesículas também centimétricas. Quando se observam derrames mais espessos na base se configuram bandas de vesículas mais alongadas que transcendem a um núcleo maciço e fraturado e cujo topo muitas vezes se mostra intemperizado e pouco preservado.

Na área urbana de Veranópolis, a espessura dos pacotes da sequência vulcânica varia de 500 a 700 m. No entorno, principalmente nas áreas dos vales dos principais cursos d’água (Rio das Antas – a sul, Arroio Retiro – a oeste, e Rio da Prata - a leste) que banham o município, se observa a sequência magmática das rochas basálticas descritas na caracterização geológica regional.

A Figura 9 apresenta o mapa base segundo o IBGE (2017) da geologia do município de Veranópolis.

Figura 9 – Mapa da geologia do município de Veranópolis.



Fonte: Modificado de IBGE, 2017.

Nas áreas mais baixas é facilmente identificado na calha de pequenos arroios, o embasamento rochoso das litologias da Formação Serra Geral do Grupo São Bento, e que, de acordo com CPRM (2006) e com base no estudo de Nardy *et al.* (2008), representam as associações litogeoquímicas da fácies Caxias.

4.3 GEOMORFOLOGIA

A conformação geomorfológica é fator de primeira ordem no modo de ocorrência e da dinâmica dos recursos hídricos. A diferenciação do relevo influi

diretamente no zoneamento da pluviometria, que acaba definindo as áreas de recarga, circulação e descarga das águas. Praticamente todos os sistemas hídricos presentes no Estado do RS sofrem a influência da variabilidade dos Domínios morfoestruturais das unidades de relevo (LISBOA *et al.*, 2004).

A dinâmica morfogenética espacial do RS, segundo Verдум *et al.* (2012) resulta na compartimentação de cinco unidades de relevo na paisagem onde se encontram individualizadas unidades que associadas a outras características, entre elas a vegetação e o uso do solo expressam a diferenciação das estruturas de modelagem do Estado. Suertegaray (1996) considera as seguintes definições:

- Planalto Uruguaio Sul-rio-grandense: formado por um grosseiro triângulo, denota a presença de rochas ígneas e metamórficas do pré-cambriano que passaram por processos de soerguimento, aplainamento e erosão fluvial, formando uma estrutura com formas complexas e/ou topos aplainados e vertentes dissecadas de altitudes variando de 200 m a 400 m;
- Depressão Periférica: formada por rochas sedimentares, conglomerados, arenitos e siltitos das eras paleozóica e mesozóica, possui forma de arco e está embutida entre o planalto Uruguaio Sul-riograndense e o Planalto Meridional limitando-se a oeste com a Cuesta de Haedo. Suas altitudes vão de 100m a 200 m e o relevo se apresenta em forma de colinas côncavo-convexas ou de topo (coxilhas) e formas tabulares;
- Escudo Sul-Rio-Grandense: situam-se na posição centro-norte do estado, é formado por rochas eruptivas básicas e ácidas e sedimentares na base (Sedimentos areníticos da Formação Botucatu) do Mesozóico. As formas de relevo são limitados por escarpa abrupta voltada para o oceano (falha Osório-Torres) e uma escarpa de erosão no contato com a Depressão Periférica;
- Cuesta do Haedo: É representada pelos arenitos da Formação Botucatu e pelos basaltos da Formação Serra Geral do Mesozóico. As altitudes denotam desde os 300 m na região oriental à 80 m na calha do Rio Uruguai, as formas dominantes são colinas e morros tabulares isolados;

- Planície e Terras Baixas Costeiras: abrange uma extensa área de terras baixas, com presença de feições colinosas, terraços, planícies arenosas, flúvio-lacustres, campos de dunas e praias. É representado pela deposição sedimentar continental e oceânica decorrente das fases transgressivas e regressivas marinhas do período Quaternário.

Outras compartimentações do modelado de relevo do estado foram estudadas. Outra divisão relevante foi descrita por Justus *et al.* (1986), onde, o Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares corresponde aos Domínios Morfoestruturais do Planalto Meridional e da Depressão Periférica proposto anteriormente por Menegat *op. cit.*

No RS, Justus *op. cit.* através do projeto, divide este domínio em 4 regiões geomorfológicas, denominados de Planalto das Araucárias, Planalto das Missões, Planalto da Campanha e Depressão Central Gaúcha.

A área de estudo se insere na Região Geomorfológica Planalto das Araucárias que abrange a Unidade Geomorfológica Planalto dos Campos Gerais e Serra Geral alocada nas áreas de topografia mais baixa e nas bordas dos principais rios, conforme indicado no Quadro 1.

Quadro 1 – Unidade geomorfológica que compreende a área de estudo.

Domínio Morfoestrutural	Região Geomorfológica	Unidade Geomorfológica
Bacias e Coberturas Sedimentares	Planalto das Araucárias	Planalto dos Campos Gerais
		Serra Geral

Fonte: Adaptado de IBGE, 2003.

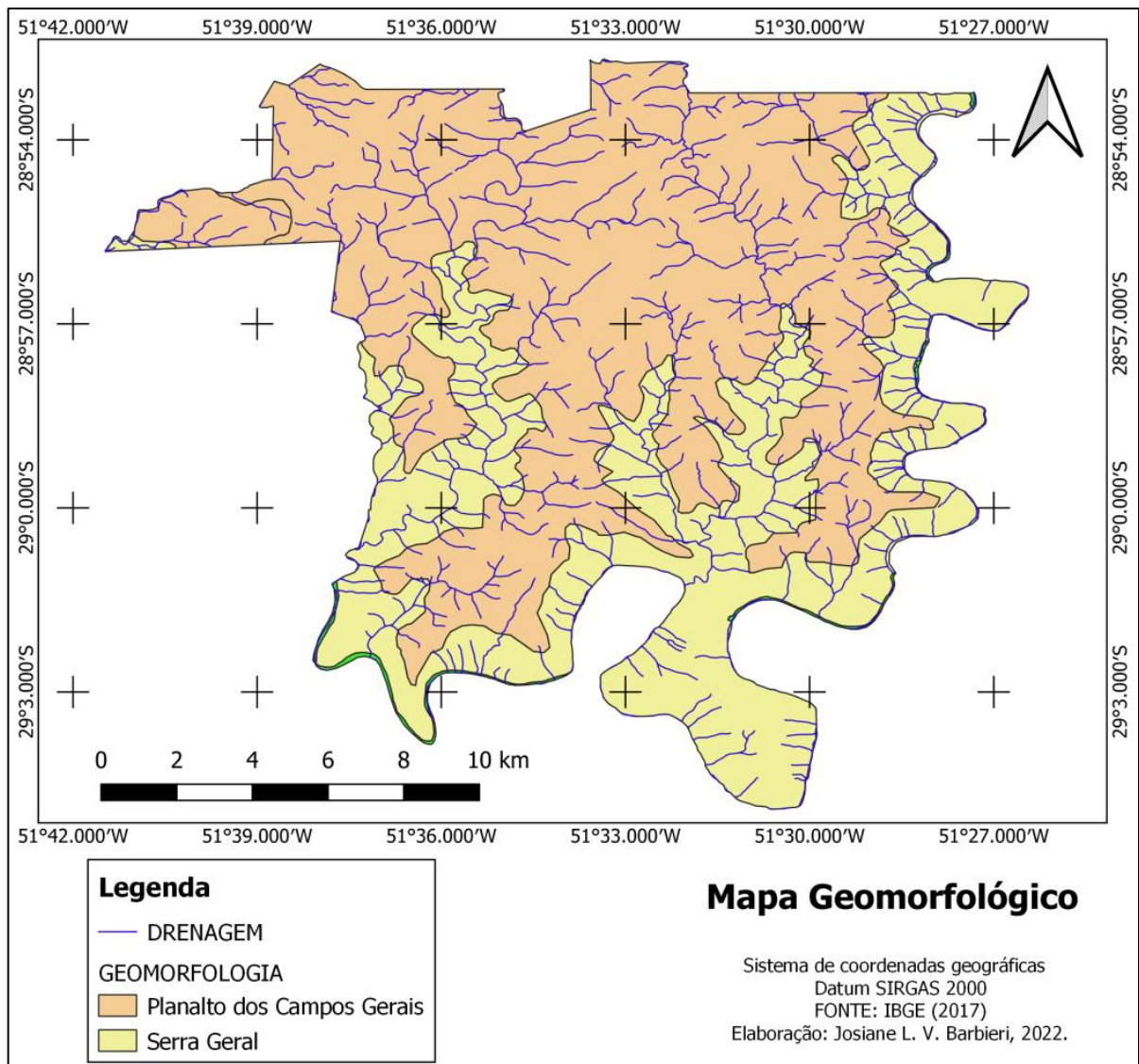
O Planalto dos Campos Gerais caracteriza-se por apresentar um relevo com grandes variações altimétricas, sendo desde áreas com as maiores cotas altimétricas de relevos residuais acima de 1.800 m à leste na qual ocorrem vastas superfícies onduladas e com dissecação bem desenvolvida, até áreas de relevo relativamente plano e conservado devido o caimento natural para oeste onde desenvolveram-se superfícies de aplainamento desnudado e degradado por ataques erosivos sucessivos (Justos *et al.*, 1986).

Ainda, segundo Justos *op.cit.*, a Unidade Geomorfológica Serra Geral se localiza nas áreas dos terminais escarpados abruptos do Planalto dos Campos

Gerais, desde as bordas leste e sul do estado, sendo preferencialmente instalada nas áreas onde ocorrem as rochas dos derrames magmáticos efusivos básicos.

A Figura 10 apresenta o mapa base segundo o IBGE (2017) da geomorfologia do município de Veranópolis.

Figura 10 – Mapa da geomorfologia de Veranópolis.



Fonte: Modificado de IBGE, 2017.

Nas áreas urbanas do município, são reconhecidas formas planas característicos do Planalto dos Campos Gerais, além daquelas planificações resultantes das modificações antrópicas realizadas ao longo do processo de urbanização. Nas áreas interfluviais do Arroio Retiro e do Rio das Antas, observa-se a representação da área divisora dos dois tipos de dissecação que se identificam no município, ficando as áreas de depressão e calha de rios vinculadas à Serra Geral.

- b) Subtropical II: Medianamente úmido com variação das temperaturas médias;
- c) Subtropical III: Úmido com variação das temperaturas médias; e
- d) Subtropical IV: Muito úmido com variações: IVa – Inverno fresco e verão quente, e IVb - Inverno frio e verão fresco.

Segundo estudo na unidade da FEPAGRO para o município de Veranópolis, apresentado por Junges (2018), a temperatura média anual na série histórica é de 17,3°C com desvio padrão de 0,5°C. Os dados mensais registrados são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Temperaturas históricas de Veranópolis na série de dados 1956-2015 e na normal climatológica padrão 1961-1990.

Mês/ Estação	Temperatura do ar média (°C)								
	Média			Mínima			Máxima		
	1956-2015		1961-1990	1956-2015		1961-1990	1956-2015		1961-1990
	Média	DP	Média	Média	DP	Média	Média	DP	Média
Janeiro	21,8	0,8	21,9	16,5	1,1	16,7	27,1	1,0	27,2
Fevereiro	21,6	1,0	22,0	16,5	1,2	16,9	26,8	1,2	27,1
Março	20,4	1,3	20,6	15,4	1,4	15,6	25,5	1,4	25,6
Abril	17,5	1,2	17,6	12,6	1,4	12,7	22,4	1,4	22,4
Mai	14,5	1,7	14,8	9,6	1,7	9,9	19,3	1,8	19,8
Junho	12,8	1,4	12,8	8,1	1,6	8,0	17,5	1,4	17,6
Julho	12,7	1,7	13,0	7,8	1,8	8,1	17,6	1,7	17,8
Agosto	13,9	1,4	13,9	8,7	1,6	8,9	19,1	1,6	18,8
Setembro	14,9	1,3	15,1	9,9	1,4	10,2	19,9	1,5	20,1
Outubro	17,3	1,2	17,2	12,1	1,4	12,0	22,5	1,3	22,5
Novembro	19,1	1,0	19,2	13,6	1,2	13,7	24,6	1,2	24,6
Dezembro	20,9	0,9	20,9	15,3	1,1	15,4	26,5	1,2	26,5
Ano	17,3	0,5	17,4	12,2	0,7	12,3	22,4	0,6	22,5
Verão	21,4 a	0,7	21,6	16,1 a	0,9	16,2	26,8 a	0,8	26,9
Outono	17,5 b	1,0	17,7	12,5 b	1,1	12,6	22,4 b	1,0	22,6
Inverno	13,1 d	0,9	13,1	8,2 d	1,1	8,5	18,0 c	0,9	18,1
Primavera	17,1 c	0,7	17,2	11,9 c	1,0	12,1	22,3 b	0,8	22,4

Fonte: Junges, 2018.

Para o ano de 2021, na estação meteorológica de Veranópolis, Junges *et al.* (2022) caracterizam as condições meteorológicas ocorridas na região da Serra Gaúcha e destacam alguns valores absolutos da temperatura registrados como a máxima de 32,7°C ocorrida no dia 22/11 e a mínima de -1,5°C no dia 30/07.

O Quadro 3 apresenta um resumo das temperaturas do ar ocorridas em 2021, sendo apresentadas as médias estacionais na estação meteorológica na unidade da FEPAGRO de Veranópolis no verão (trimestre de dezembro de 2020 a fevereiro de 2021), outono (trimestre de março a maio), inverno (trimestre de junho a agosto) e

primavera (trimestre de setembro a novembro) e da média histórica já resumida do estudo de Junges (2018) (JUNGES *et al.*, 2022).

Quadro 3 – Temperaturas do ar (máxima, mínima e média) em Veranópolis.

Estação meteorológica	Temperatura do ar (°C) – média estacional											
	Verão			Outono			Inverno			Primavera		
	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín	Med	Máx	Mín
Veranópolis 2021	21,4	26,4	16,4	17,5	22,2	12,7	13,4	17,9	8,8	18,2	23,1	13,3
Média histórica Veranópolis ⁽¹⁾	21,4	26,8	16,1	17,5	22,4	12,5	13,1	18,0	8,2	17,1	22,3	11,9

Fonte: Adaptação de Junges *et al.*, 2022; ⁽¹⁾Junges, 2018.

4.5 PLUVIOMETRIA

A pluviometria de uma região é condicionada pela interação dos eventos meteorológicos ocorrentes na atmosfera com os elementos naturais da paisagem geográfica. Dentre os principais elementos da natureza se destaca o relevo, a posição latitudinal e os efeitos climáticos da maritimidade e da continentalidade (BRUBACHER, 2021).

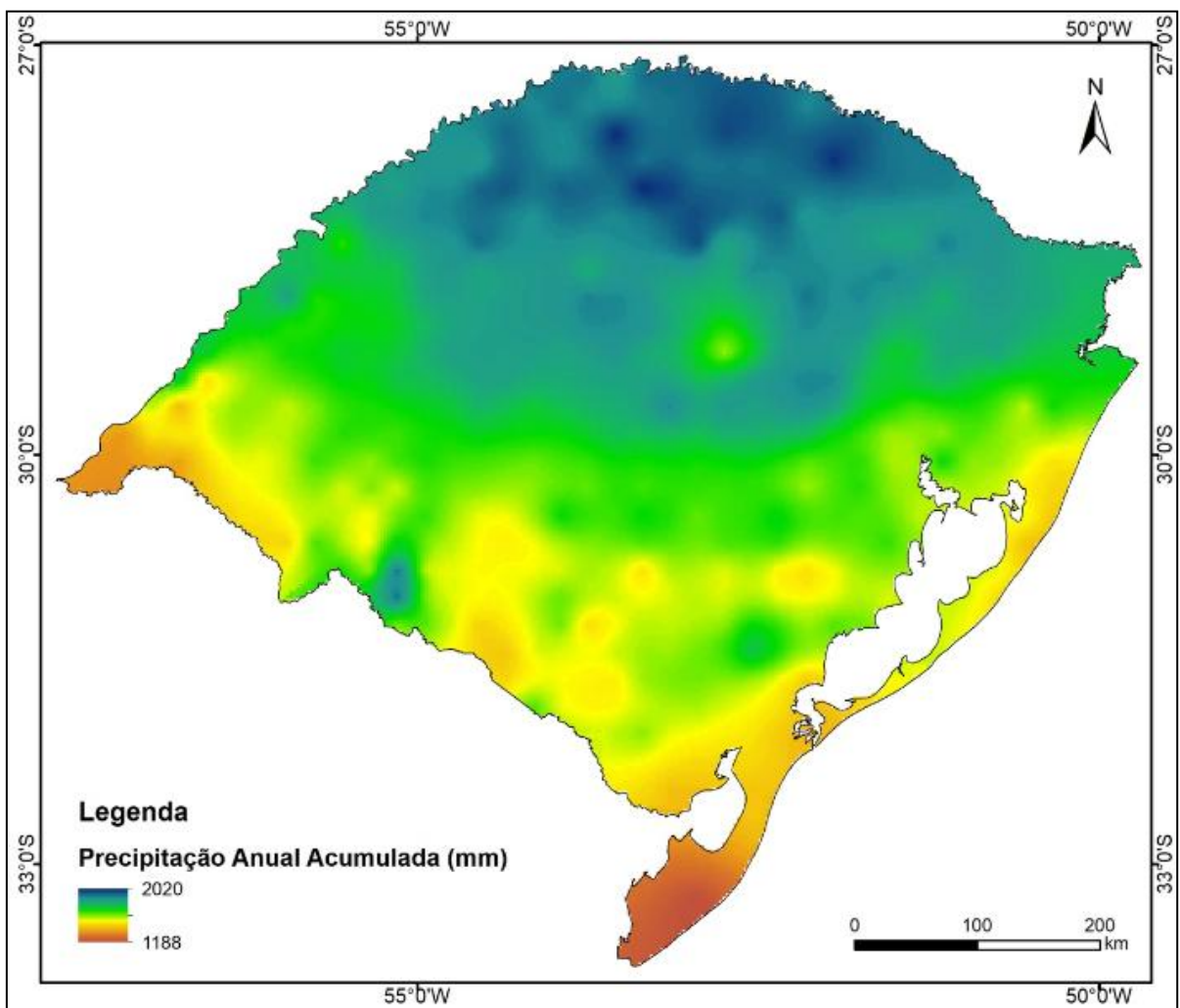
Assim, os índices de pluviosidade dependem diretamente da dinâmica atmosférica terrestre e das condições do relevo da região, fazendo com que a distribuição espacial da precipitação seja dependente desses dois fatores diretamente (BRITTO *et al.*, 2006).

No Estado do RS a uniformidade se deve ao predomínio do clima de característica mesotérmica (superúmido e sem estação seca) peculiar de regiões temperadas (NIMER, 1977). Este fato difere de algumas regiões do país, que em função da compartimentação do clima acabam apresentando estações bem definidas em relação à precipitação (TEIXEIRA e PRIETO, 2020).

Regionalmente se identificam como totais anuais de precipitação pluvial, desde os 1.200 mm (faixa litorânea), 1.900 mm (norte do estado) podendo apresentar como por exemplo em São Francisco de Paula, precipitações de mais de 2.000 mm (borda da escarpa) (NIMER, 1977). O máximo pluviométrico acontece no inverno-primavera e o mínimo no verão-outono, essa característica é marcante em toda a região.

Os estudos desenvolvidos por Brubacher (2021) apresentaram para o Estado do RS, no período acumulado de 1987 a 2019, uma distribuição anual da precipitação diferente para as regiões sul e norte. Enquanto as partes do extremo sul do estado apresentam índices mais baixos de precipitação (média de 1.188 mm), as parcelas ao norte apresentam maiores índices (média de 2.020 mm) conforme pode ser visualizado no Figura 12.

Figura 12 – Precipitação anual acumulada do ano de 1987 a 2016 para o Rio Grande do Sul.

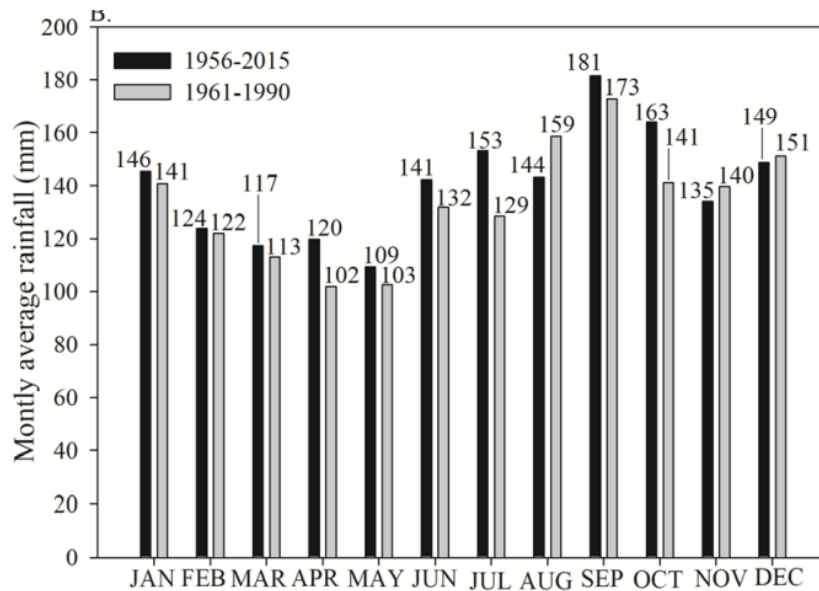


Fonte: Brubacher, 2021.

Junges *et al.* (2019) com base em dados históricos do município de Veranópolis RS, apresenta a curva climatológica das precipitações médias dos dados diários coletados no Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária

(DDPA/SEAPDR). Os valores médios mensais na série de dados 1956-2015 e na normal de 1961-1990 são especificados no gráfico da Figura 13.

Figura 13 – Gráfico de colunas da precipitação média mensal nos dados históricos de 1956-2015 do município de Veranópolis.



Fonte: Junges *et al.*, 2019.

Segundo Junges *et al.* (2019), que caracterizaram climaticamente a precipitação pluvial e a tendência temporal na série de dados históricos do município de Veranópolis de 1956 até 2015, os resultados indicaram que a precipitação pluvial anual média é de 1.683 mm e a mensal 140 mm, variando entre 109 mm (maio) e 181 mm (setembro). Embora a precipitação pluvial média do outono (346 mm) seja inferior a das demais estações, os percentuais médios em relação ao total anual são semelhantes (21 a 28%) e a chuva é bem distribuída nas estações.

4.6 DRENAGEM E HIDROGRAFIA

Para Santos (1977) a drenagem do RS é marcada por uma hidrografia rica em rios caudalosos e abundantes, indicando uma superfície geográfica com grandiosidade e importância já que há um grande potencial hidráulico dos rios que se entalham na paisagem em decorrência principalmente da estrutura geológica e das boas condições climáticas características da posição espacial do continente.

O controle tectônico regional é fortemente suportado também na disposição da rede de drenagem que ocorre encaixada nos principais lineamentos estruturais e que, conseqüentemente, define um padrão característico de quebras bruscas para os cursos fluviais, como ocorre por exemplo no principal rio da região, o Rio das Antas. Na unidade de geomorfologia observada na região, as características hidrogeológicas estão representadas por vazões extremamente variáveis (condicionadas ao controle tectônico) e por capacidades específicas baixas (indicativas de pequeno suprimento de água) (REGINATTO, 2003).

Para Silva (2019), a litologia de uma região é o atributo de maior relevância para indicar o comportamento dos fluxos de água. Essa importância geológica se dá pela presença de estruturas específicas dadas às formas de relevo, ao padrão da rede de drenagem, à dinâmica subterrânea e à qualidade natural da água.

A hidrografia de uma região acaba por se integrar no espaço geográfico regional, na medida em que “apoia” seu comportamento estrutural de acordo com as feições características da área em que se desenvolve. Para Sant’Anna (1980), a rede hidrográfica se configura com base no resultado regional e local das condições de superfície da região que ela drena. Dessa forma, as drenagens se mostram diretamente condicionadas por fatores terminantemente locais como o relevo, os tipos de rochas e solos, a vegetação, o clima e os agentes de erosão.

Além disso, Magalhães Jr. e Macedo (2011) falam da importância da água como elemento fundamental no desenvolvimento da ocupação histórica de uma região, uma vez que, conduz o processo de estruturação demográfica e econômica a partir da sua disponibilidade. No entanto, tanto as águas superficiais como as subsuperficiais possuem seus atributos de constituição natural dependentes do ciclo hidrológico, das atividades humanas e do ambiente interferindo de forma qualitativa (SILVA, 2019 *apud* PESSOA, 2002).

A intervenção do homem na superfície, mesmo que indiretamente, acaba sendo fator de desequilíbrio do sistema natural original. Essa intervenção ocorre pela necessidade de alteração do meio através dos processos de ocupação ou pela criação de novas condições para sua sobrevivência no espaço. As alterações se devem à reorganização da paisagem com o objetivo de melhor aproveitar e obter recursos do local previamente existente (SANTOS, 1977).

Para Sant’Anna (1980), além da alteração do espaço causada pelo homem, as influências mais relevantes nas condições e características das drenagens se

devem às qualidades da orografia, morfologia e litologia no caso dos fluxos de água subterrâneas. Para o caso da dinâmica das águas superficiais, são somados fatores biogeográficos já que o papel da vegetação é extremamente relevante.

As áreas topograficamente elevadas que compõem a área de estudo são consideradas importantes zonas de recarga já que a paisagem apresenta diversos topos de colinas e serras em nível regional. Para Ab'Sáber (2005), típicas áreas de drenagem que condizem com cabeceiras em regiões de alto de serra, apresentam perenidade dos cursos d'água durante o ano, principalmente naqueles canais de menor ordem, uma vez que na época seca, há o desaparecimento do fluxo.

A região estudada está inserida na bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas, com área aproximada de 26.500 km², dispondo de 56 pontos de aproveitamento hidrelétrico da bacia através do Complexo Energético Rio das Antas – CERAN situados no curso inferior do Rio das Antas distribuídos a partir de 200 km da foz (LARENTIS, *et al.*, 2008; SCOPEL *et al.*, 2005). Uma dessas áreas econômicas pode ser verificada na Figura 14.

Figura 14 – Usina Hidrelétrica Montes Claros no Rio das Antas.

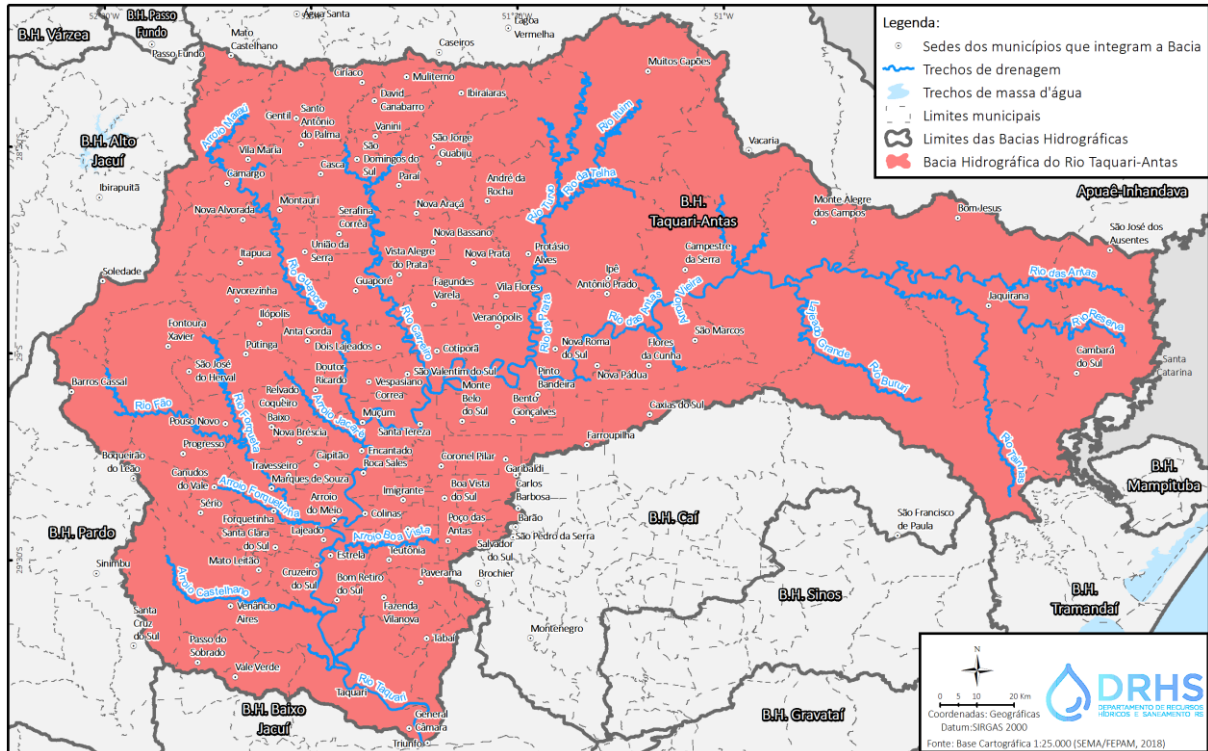


Fonte: Sites Google, 2022.

O Rio das Antas nasce no extremo leste da Bacia Hidrográfica em altitudes em torno de 1.200 m, nos municípios de Cambará do Sul, Bom Jesus e São José dos Ausentes. Desde a nascente até a confluência com o Rio Carreiro, onde segue com outro nome até desembocar no Rio Taquari, tem uma extensão total de 390 quilômetros e escoar no sentido leste/oeste. Antes de Veranópolis, os principais afluentes são os Rios da Prata, Turvo, Retiro, Arroio Jabuticaba e Arroio Cascata,

todos perenes este último, desaguando no Arroio Jabuticaba (BOMBASSO e ROBAINA, 2010; LARENTIS, *et al.*, 2008).

Figura 15 – Bacia Hidrográfica Taquari-Antas.



Fonte: SEMA/FEPAM, 2008.

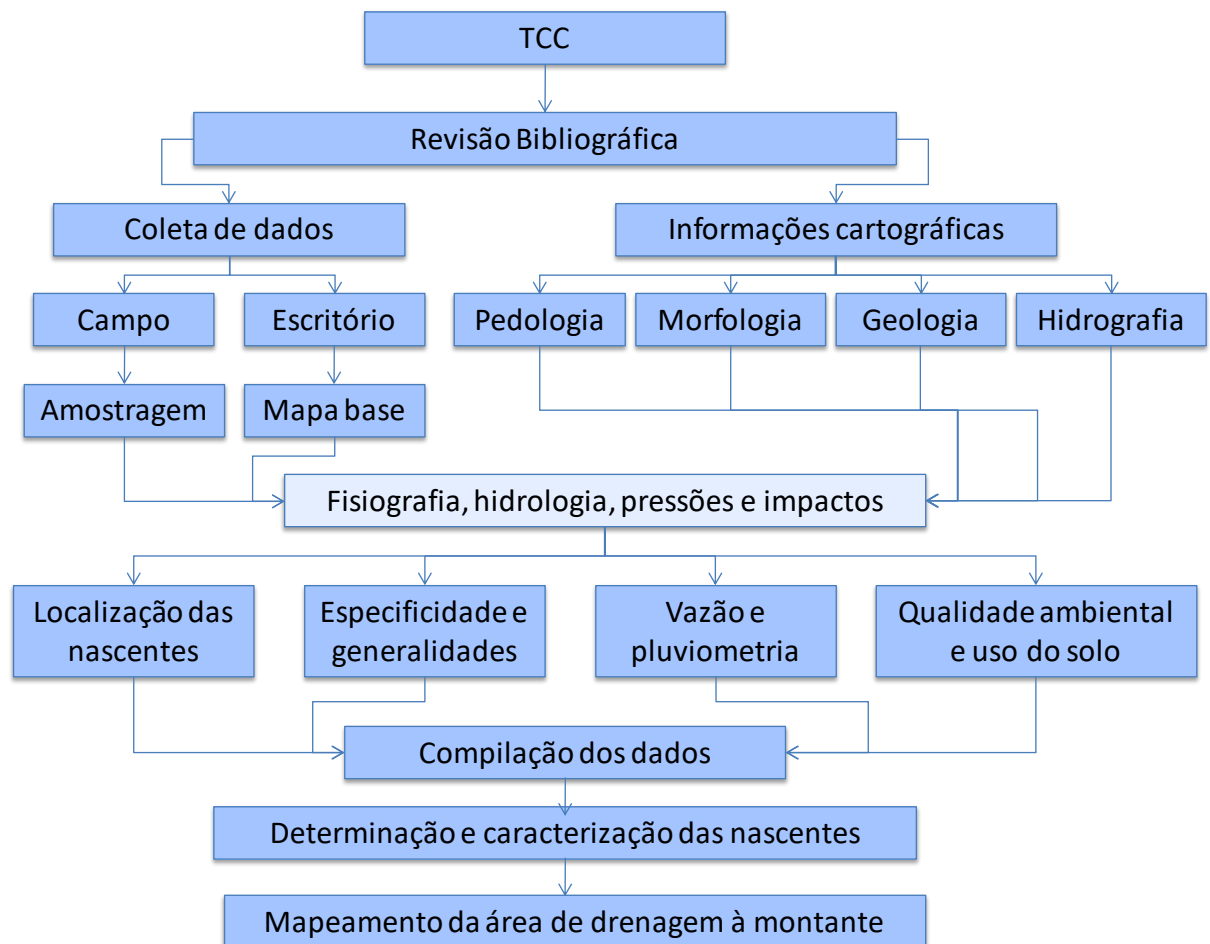
O território do município possui padrão de drenagem exorreico do tipo dendrítico de grande densidade, principalmente condicionado pelo embasamento cristalino cujo maior curso hídrico, no caso o Rio das Antas, à modelo dos demais, segue uma trajetória acentuadamente serpenteada com diversas curvas de meandros encaixados, morfologicamente irregulares, a maioria em forma de ferradura, com ilhas e canais em formato “trançado” (SCOPEL *et al.*, 2005).

5 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento dos estudos que compõem o desenvolvimento deste trabalho, envolveram uma série de atividades como análises de revisão bibliográfica para identificação da área, coleta de dados em campo e ordenamento cartográfico obtido a partir dos mapeamentos produzidos pelas informações do projeto.

A Figura 16 apresenta uma síntese do encadeamento dos procedimentos metodológicos adotados.

Figura 16 – Fluxograma das etapas da metodologia do projeto.



Fonte: Elaboração própria.

Na primeira fase do projeto, foi realizada a compilação dos dados bibliográficos referentes ao assunto estudado, sendo eles, geologia e pedologia, hidrografia, geomorfologia, clima, pluviometria e demais relacionados à área de estudo, tanto em caráter regional como local.

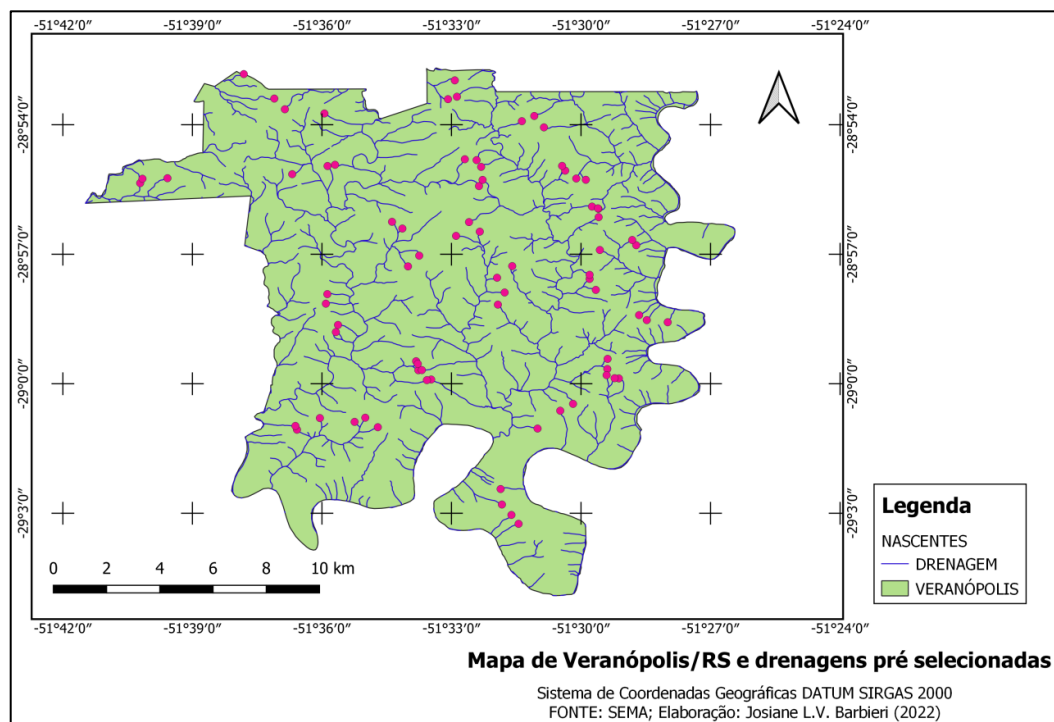
Na etapa de revisão bibliográfica, foram trabalhados:

- Mapas bases na escala 1:25.000 da Secretaria de Meio Ambiente do Estado do RS (SEMA), utilizados na identificação do padrão das drenagens, geologia, morfologia, pedologia, divisão territorial, hidrografia etc., e servirão para compor a seleção de informações;
- Dados meteorológicos históricos da região obtidos em bases como Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Portal Hidroweb (Rede Hidrometeorológica Nacional – RHN do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH) ou Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), este último, com dados municipais.

De posse das informações, em gabinete, os dados e informações principais, foram utilizados na confecção de mapas de localização dos sistemas naturais existentes no município.

Em um segundo momento, foram selecionados locais de fácil acesso de forma a abranger toda a área física do município visando a amostragem de campo. A espacialização das unidades estudadas em associação ao modelo digital hidrográfico do município é apresentada no mapa da Figura 17.

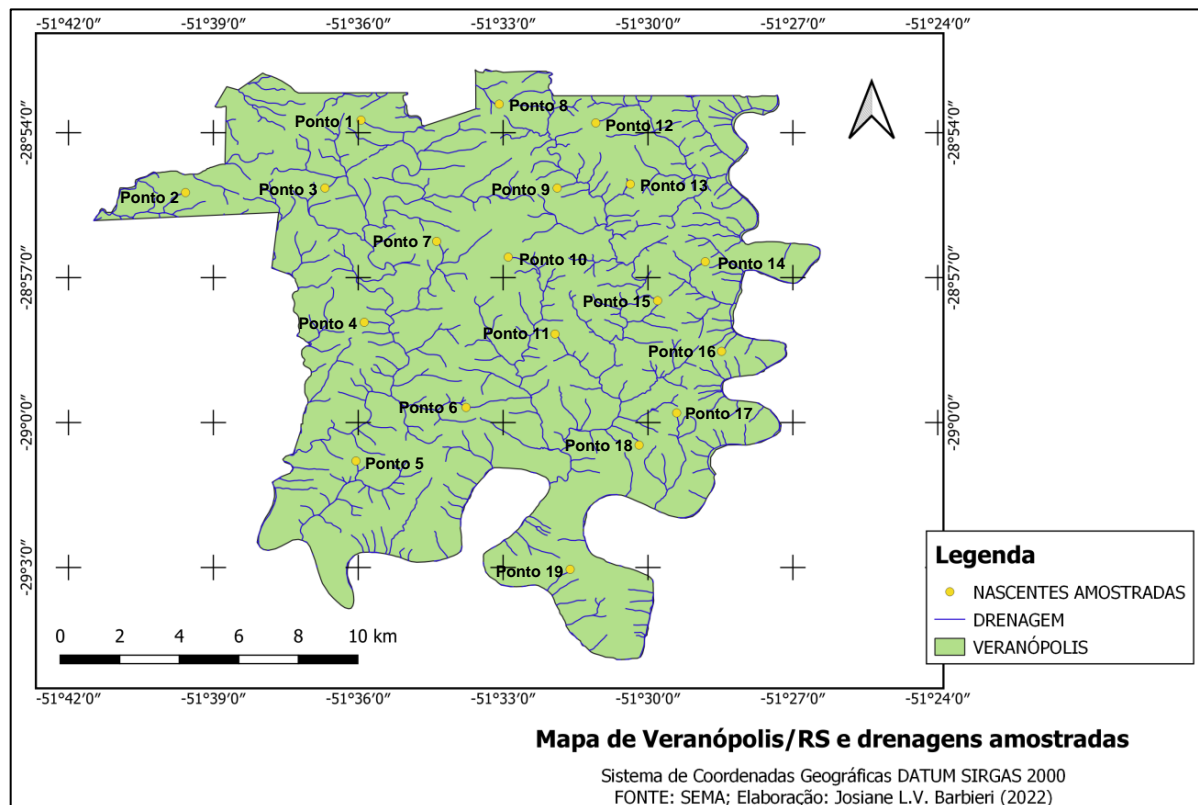
Figura 17 – Cabeceiras das drenagens pré selecionadas como unidades de estudo.



Todos os pontos pré-selecionados foram observados no campo e por SIG, todavia apenas um, em cada área foi espacializado, caracterizado, identificado e catalogado para compor a análise.

Os pontos definitivamente amostrados (Figura 18) foram selecionados tendo em vista parâmetros como a existência ou não de recurso hídrico, a possibilidade ou não da medida da vazão e as peculiaridades físicas do local.

Figura 18 – Pontos selecionados na amostragem de campo.



Fonte: Modificado da BCRS25 -SEMA (2018)

Na sequência do estudo, as informações foram obtidas à partir dos mapas e dos dados levantados nas amostragens de campo com base na:

- Seleção definitiva dos locais da amostragem das nascentes dentro dos limites do município;
- E no cadastramento da localização geográfica das áreas analisadas na amostragem, realizado por meio da utilização de GPS de navegação da marca GARMIM, através da identificação das coordenadas geográficas (X, Y).

As amostragens de campo consistiram no levantamento das características físicas e geográficas identificando a morfologia dos recursos hídricos existentes.

Além disso, foram apontadas as influências dos impactos antrópicos na modificação do espaço hidrológico com base na discussão da condição ambiental das áreas selecionadas.

Os dados coletados pelas pesquisas da bibliografia e no campo denotam o compilado que comporá os dados para a alimentação do software do SIG para posterior processamento das informações objetivando o conhecimento das condições fisiográficas dos recursos hídricos - nascentes -, e a construção de modelo digital da área de drenagem à montante das estruturas.

Basicamente a metodologia proposta para o trabalho é desenvolvida de forma prática e em gabinete, e leva em consideração o tratamento dos dados de levantamento de campo, transformando-os em secundários a partir da revisão bibliográfica, documental e cartográfica sobre o assunto.

Nos procedimentos executados para o tratamento das informações espaciais – como imagens de satélite, bases cartográficas, etc – foi utilizado o software Qgis, versão 3.20.2 da Odense® na comparação e integração das informações.

5.1 ESTUDOS DE CAMPO

Toda e qualquer análise que envolve a dinâmica e a caracterização dos sistemas da hidrografia, por estarem relacionados ao meio ambiente, necessitam da avaliação das condições climáticas regionais, uma vez que, as pequenas nascentes recebem grande contribuição das precipitações, da evapotranspiração e da vegetação.

Ao que se refere o balanço hídrico, é importante que ao se avaliar a condição das áreas de drenagem, se verifique os volumes de precipitação acumulados, escolhendo para amostragem, período onde não se registram chuvas em excesso e em escassez, optando sempre pelo período de regularidade climática.

As cabeceiras dos cursos d'água que abrigam as nascentes são diretamente resultantes da dinâmica hidrológica regional, que por sua vez, afetam diretamente as vazões dos sistemas hídricos. Quando há período do ano em que as chuvas são intensas, há o aumento do nível do freático fazendo com que ocorra a exfiltração da água subterrânea junto a feição geomorfológica do terreno. A água excedente forma

um canal de drenagem à jusante modificando as características pedológicas e vegetacionais em função do aumento da disponibilidade de água (FELIPPE, 2009).

Assim, os trabalhos de campo foram estruturados com base na precipitação, de forma que todas as nascentes estudadas fossem visitadas em data que registrava ausência de precipitação em no mínimo três dias da véspera. A escolha de data para análise com escassez de precipitação denota a possibilidade na classificação quanto à perenidade, efemeridade e intermitência dos cursos d'água, além de evitar confusões quanto aos registros de drenagens exclusivamente pluviais.

Os trabalhos de campo foram realizados nas datas de 05 e 15 de setembro, 15, 25 e 30 de outubro e 4, 5 e 10 de novembro. No dia 15 de novembro, foi realizada campanha de revisita em algumas áreas para a confirmação de dados e coleta de informações adicionais.

A localização das nascentes foi obtida com o auxílio da base cartográfica estadual da SEMA, e foi considerado como ponto de amostragem o início de cada tributário da bacia hidrográfica. O local foi delimitado com um ponto, e com o auxílio de um aparelho de GPS (Global Position System), marca Garmim, os locais foram “buscados” nas campanhas amostrais.

Figura 19 – Equipamento de GPS utilizado na amostragem de campo.



Fonte: A autora, 2022.

Nos locais amostrados foram realizadas coletas de dados fotográficos que serviram para avaliar as condições da vegetação, os impactos ambientais antrópicos e a medida da vazão.

O método escolhido para o exame das vazões também foi opção condicionada pela experiência da autora, sendo escolhido o método volumétrico (determinação direta da vazão, ou método do recipiente), que consiste em encher um recipiente com volume conhecido determinando o tempo necessário para se completo enchimento (FLÓREZ, 2014). De pronto se verificou que a grande maioria das drenagens à jusante das nascentes tinham fluxos lentos e pequena profundidade o que inviabilizaria a aplicação de outros métodos de medida.

A relação numérica entre os dois dados obtidos em campo indica a vazão cuja unidade é representada pelos dois valores obtidos, como é possível verificar na Equação 1.

$$Q = \frac{V_r}{t} \text{ [l/min]} \quad (1)$$

Onde: V_r é o volume do recipiente da amostragem e t é o tempo correspondente ao enchimento completo.

O recipiente era escolhido com base na vazão do ponto amostrado. Quanto maior a vazão, maior o recipiente e vice versa. Para o caso deste estudo, foram utilizados recipientes graduados de 0,5 l, 1,0 l, 10 l e 20 l e foram realizadas as repetições de cinco vezes e depois obtida a média dos valores.

Foram analisados no total 19 locais, enquadrando as nascentes primeiramente com base no tipo de sistema a que estavam associadas (pontuais ou difusas). A caracterização se estendeu à avaliar o estado de conservação ambiental e a comparar o posicionamento constante no mapa base estadual com o local obtido com equipamento de GPS.

No processo de delimitação das bacias hidrográficas referente aos sistemas e coleções hídricas dos pontos amostrados, foi utilizada as ferramentas de SIG para a extração das informações de relevo. Nesta avaliação, os dados foram obtidos de forma numérica pela distribuição espacial dos referenciais de altitude (curvas de nível), sendo que as drenagens do estudo se restringiram às de primeira ordem, definidas com base na classificação proposta por Strahler (1952).

Strahler (1952) classifica a ordem dos cursos d'água considerando a hierarquia do sistema. Segundo essa classificação, o rio é de primeira ordem quando não há nenhum outro rio que deságua nele, ou seja, aqueles cursos d'água onde a origem está diretamente relacionada à nascente desaguando no próximo curso d'água, este será chamado de segunda ordem e assim sucessivamente.

No caso deste estudo, utilizou-se a metodologia descrita em Cecílio *et al.* (2011); Leite e Rocha (2015); e de Andrade *et al.* (2008), sendo que a delimitação foi obtida por meio da interpretação da coletânea de cartografia digital, buscando os topos de curvas de nível, ou seja, os divisores de águas e a partir daí, constituiu-se o limite da área de estudo.

Para esta definição foram manuseadas as bases cartográficas vetoriais do LABGEO/UFRGS (2015) de curvas de nível, o raster do MDE do RS além do mapa para interpretação dos dados da hidrografia, UTM fuso 22, também do LABGEO/UFRGS (2015). A área (limite) da bacia foi determinada com a análise dos topos das curvas de nível que delimitavam a área no entorno do curso hídrico determinado nos pontos de amostragem. Este método é um dos mais usuais para a obtenção dos divisores de águas.

Após a análise e escolha da base cartográfica adequada ao estudo, foram iniciados os procedimentos de extração das informações morfométricas de cada bacia hidrográfica. Para tanto, foram calculadas algumas variáveis morfométricas como o coeficiente de compacidade, o fator forma e o índice de circularidade.

O coeficiente de compacidade (K_c) é adimensional e é obtido pela razão entre o perímetro da bacia e um círculo com medida de área igual ao da bacia. (VILLELA; MATOS, 1975 apud Soares *et al.*, 2020). O índice é obtido pela equação abaixo.

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} [\text{Km}^{-1}] \quad (2)$$

Onde: P é a medida do perímetro da bacia e A é a área do círculo compatível com a área da bacia.

O fator forma (Ff) também definido com base nos estudos de Villela; Matos, (1975) apud Soares *et al.* (2020) é a relação entre a área de drenagem e o comprimento do eixo da bacia. A Equação 3 representa o cálculo para obtenção do fator forma.

$$Ff = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

Onde: A é a medida da área e L a largura média da bacia.

Por fim, o índice de circularidade (Ic) utiliza um coeficiente constante multiplicado pela razão entre a área da bacia e o perímetro da bacia (TONELLO *et al.*, 2006; MÜLLER, 1953; SHUMM, 1956 apud Soares *et al.*, 2020; COSTA e SILVA, 2011). O índice é obtido conforme a Equação 4.

$$Ic = 12,57 \frac{A}{P^2} [\text{Km}] \quad (4)$$

Onde: A é a área da bacia e P é o perímetro da bacia.

Como a avaliação deste trabalho se restringe aos cursos d'água de primeira ordem, os índices de sinuosidade, densidade de drenagem e densidade hidrográfica não foram estimados.

Ao final, foi analisada a variação espacial da produção hídrica por unidade de área nas bacias hidrográficas dos pontos amostrados tomando-se como referência os diferentes períodos hidrológicos da média da série histórica de 1956 à 2015, obtidos na literatura regional e também os valores reais obtidos com a medida da dinâmica *in loco*. Foi pontuado o comportamento hidrológico na busca do entendimento das variações na distribuição da vazão específica no espaço e no tempo, como subsídio às políticas de gestão do espaço geográfico.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base no conhecimento dos conceitos e das particularidades das características das nascentes apresentadas ao longo deste trabalho, foi possível identificar, localizar, caracterizar e espacializar os diferentes tipos de sistemas hídricos em campo.

Como resultado, o estudo se propõe a fornecer ferramentas para a localização dos sistemas no território do município, a fim de favorecer a tomada de decisões para que as modificações do espaço contribuam com a mitigação de impactos.

Assim, por certo, caracterizar os sistemas dinâmicos existentes é ferramenta de estudo complementar ao mapeamento de modo que as informações possam ser comparadas e confrontadas. Logo o produto cartográfico deve ser inserido no estudo.

6.1 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

Para Felipe (2013), descrever o espaço geográfico de forma a apontar as características básicas e as peculiaridades da área são indicativos essenciais para a reflexão sobre a dinâmica dos sistemas. Esse mesmo autor, em estudo anterior postula que:

O tipo de exfiltração da água, a forma da nascente, a existência e posição dos afloramentos rochosos, a profundidade do manto de intemperismo, a unidade geológica e a declividade do terreno são considerados elementos essenciais para a caracterização de nascentes (FELIPPE, 2009, p. 100-101).

Uma das dificuldades para a definição, está relacionada a enquadrar o descritivo conceitual com a realidade encontrada no campo. Por óbvio, parece fácil aplicar a teoria, porém, na situação real nos deparamos com exfiltração difusa e em linhas de encosta que dificultam o apontamento do ponto exato da estrutura de cabeceira indicando o ponto do início do sistema de drenagem.

Os resultados do estudo mostram que, mesmo diante de sistemas de relevante importância ambiental, as nascentes são pouco consideradas pela população, quando se trata da manutenção e preservação da dinâmica hidrológica.

Devido a imprecisão na definição e os diferentes tipos de meios ao qual surgem as águas da subsuperfície, há uma dificuldade da sociedade como um todo na conceituação e definição desses sistemas ambientais. Aliado à penalização de cunho legal, há receio popular em manifestar a existência dessas estruturas em suas propriedades, causando a impossibilidade da discussão para desmistificar os conceitos genéticos e dinâmicos.

Mesmo com todas as dificuldades, nos 19 pontos do estudo, foi possível categorizar o tipo e o local, assim como, os elementos estruturantes do sistema a fim de interpretar corretamente cada caso.

No caso do Ponto 1, ele se situa na coordenada UTM Datum SIRGAS 2000, 441.595,00 m E e 6.803.429,00 m S apontada nas referências cartográficas do Estado. Neste local, foi observado que o solo apresenta características de hidromorfismo e vegetação característica que indica a presença de água em períodos delimitados do ano.

A presença da água no momento do campo foi observada pela exfiltração de água em nascente de fraturas no ponto de coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 441605.00 m E e 6803403.00 m S, isto é, em local distante em cerca de 30 m do local apontado na Base Cartográfica do Rio Grande do Sul BCRS25 Escala 1:25.000, localizada conforme fotografia da Figura 20.

Figura 20 - Fotografia da superfície do terreno no ponto indicado na BCRS25.



Fonte: A autora, 2022.

O local se trata de uma antiga área de mineração, cujos taludes de exploração e pilhas de estéril e rejeitos ainda estão presentes, o que demonstram o

impacto do meio com a degradação da área pela atividade. A Figura 21 mostra os taludes remanescentes encontrados no local.

Figura 21 - Antiga área de mineração cuja nascente de fraturamento junto à cava.



Fonte: A autora, 2022.

Na porção mais baixa dos taludes escavados para a remoção da rocha basáltica, foi encontrada a presença da água advinda das fraturas da rocha em subsolo, formando um pequeno córrego. Este “sumia” sob as pilhas antigas dos rejeitos depositados a sudeste da cava.

A partir deste ponto, se observa novamente a presença da água em superfície em reservatório hídrico na propriedade limdeira à leste. Segundo relato do morador, quando da compra da propriedade, o local já estava antropizado pela antiga frente de lavra e, muito provavelmente, as águas que ali nascem, percolam em meio aos rejeitos das pilhas o que inibiriam visualmente o fluxo em superfície do recurso hídrico.

Embora a vegetação nativa tenha se instalado de forma natural, se observa a intervenção humana sobre a paisagem a partir da identificação dos passivos deixados pela mineração e também pela existência de espécies exóticas comumente encontrados nas áreas de mineração, como é o caso do *Eucalyptus* sp (Figura 22).

Figura 22 – Vegetação instalada na área de intervenção pela atividade de extração.



Fonte: A autora, 2022.

A condição de antropização causada pela extração mineral pode ter sido a responsável pelo rebaixamento do freático, fazendo com que o ponto indicado na base cartográfica estadual se mostre deslocado do ponto observado em campo (Figura 23).

Figura 23 – Imagem de satélite do Ponto 1 com o sentido de fluxo hídrico.



Fonte: Modificado de Google Earth Pro®, 2022.

A vazão média observada no local, obtida a partir da medição pelo método volumétrico a cerca de 10 metros à jusante da nascente foi de 1,25 l/min.

O Ponto 2 se localiza na borda oeste de um grande corpo d'água segmentado por uma faixa de travessia que possui uma cerca de arame delimitando o que sugerem ser duas propriedades distintas.

Em análise de campo se observa que há a possibilidade de que a nascente no local seja difusa e que o ponto preferencial de aparecimento da cota do freático se localiza na área mais ao sudeste do recurso hídrico (Figura 24) uma vez que as demais áreas se mostram com interferência antrópica mais elevada.

Figura 24 – Fotografia do local provável da difusão da nascente no Ponto 2.



Fonte: A autora, 2022.

A localização do ponto mais provável que condiz com o aparecimento do freático, uma vez que há um arranjo das formas de relevo e alterações antrópicas compatíveis com análise física da hidrografia está indicado na imagem de satélite apresentada na Figura 25.

Figura 25 – Ponto 2 com a indicação do sentido de fluxo.



Fonte: Modificado de Google Earth Pro®, 2022.

A área norte do espelho d'água (Figura 26) possui barramento construído na borda da estrada intermunicipal (Veranópolis-Cotiporã) onde a travessia da drenagem é conduzida por meio de tubos de canalização até o ponto de exfiltração em área com vegetação nativa remanescente.

Figura 26 – Foto panorâmica do espelho d'água.



Fonte: A autora, 2022.

Este local possui um conduto plástico utilizado na construção civil com altura de cerca de 1,5 m onde à jusante se forma um curso hídrico que é alimentado quando há o equilíbrio entre o nível de água do barramento e o nível do topo do tubo (Figura 27).

Figura 27 – Tubulação de saída do barramento existente no Ponto 2.



Fonte: A autora, 2022.

Observa-se ainda que, segundo a BCRS25 da SEMA (2018), o sentido de fluxo da drenagem neste ponto é indicado como se partisse do ponto coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 435703.00 m E e 6800629.00 m S para sudoeste, entretanto em visita de campo, foi observado que no sentido apontado existem residências. Outrossim, a topografia do terreno neste ponto se mostra em cota altimétrica maior se comparada ao espelho d'água, o que demonstra ser pouco provável que o fluxo se dê no sentido proposto na BCRS25.

Além disso, como mostrado na Figura 27, o extravasor do reservatório existente nas imediações do ponto, se localiza a norte do espelho d'água, indicando

fluxo de drenagem em sentido nordeste ao que se observa na calha da drenagem a jusante e que segue margeando a vegetação nativa ciliar.

A vazão média na tubulação de saída do barramento, obtida a partir da medição pelo método volumétrico foi de 463,97 l/min.

O local identificado como Ponto 3 se refere a uma área com planície regular, onde se distinguem calhas de drenagem com estratificações na superfície do solo em sulcos erosivos ou “caminhos” deixados pela água de forma dispersa na superfície do terreno.

Como é mostrado na fotografia da Figura 28, as danificações são pouco severas e apresentam de 0,30 cm a 0,50 cm de profundidade com relação à cota original do terreno. Além disso, não há vegetação de porte arbóreo e/ou arbustivo instalada nas margens dos sulcos d'água, o que intensifica os processos de assoreamento da drenagem já que é provável que se acentuem assim que se aumenta proporcionalmente a força das águas.

Figura 28 – Dispersão de sulcos erodidos pela drenagem no local do Ponto 3 da BCRS25.

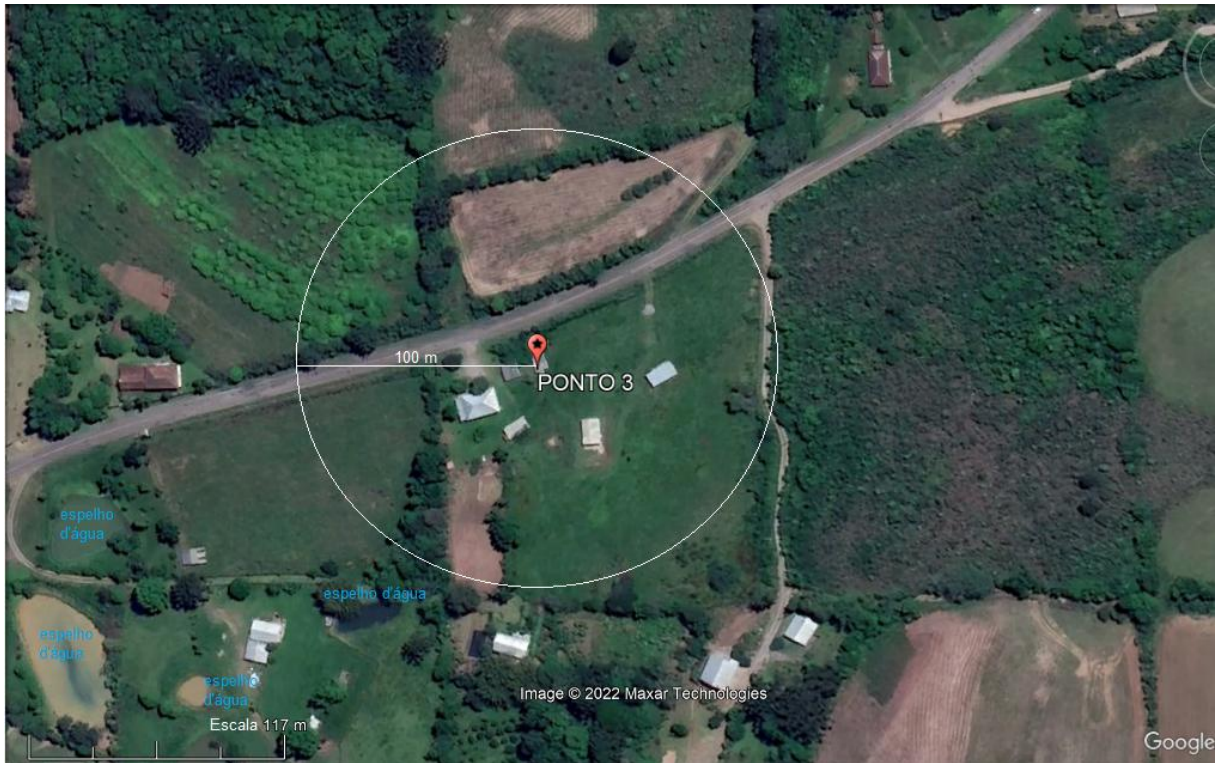


Fonte: A autora, 2022.

O ponto de nascente indicado na cartografia regional, ou seja, coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 440396.00 m E e 6800827.00 m S, está situado na metade norte do município. Exatamente neste local está instalado um pequeno galpão, cuja área do entorno se mostra com erosão acelerada devido às atividades

humanas ali desenvolvidas. As ponderações apontadas podem ser avaliadas na imagem de satélite da Figura 29.

Figura 29 – Imagem de satélite do Ponto 3 com destaque das características em raio de 100 m.



Fonte: Modificado de Google Earth Pro®, 2022.

Não obstante exista o desenvolvimento da pecuária nas imediações, o impacto é minimizado em função da cobertura do solo por gramíneas nativas e introduzidas para a pastagem, o que favorece a contenção e fixação do solo.

Os sulcos de drenagem se apresentavam com inexistência de água, porém na cota mínima da calha do recurso hídrico se observou a deposição de sedimentos de granulometria fina que pela presença de água em algum momento, acabaram por formar gretas de contração por desidratação.

Na análise do terreno no interior da circunferência de raio de 100 m à partir do ponto registrado na base cartográfica, não foi encontrado ponto com nascente de água.

Ainda em se tratando da drenagem do mapa base, é importante arrazoar que as terras ao norte do ponto indicado pela SEMA, estão situadas a cota altimétrica maior que a área avaliada, e deste modo não há razoabilidade para que o fluxo se dê na direção apontada na cartografia.

As porções de terreno à sudoeste do Ponto 3, apresentam espelhos d'água (Figura 30) diversos.

Figura 30 – Espelhos d'água à jusante do ponto indicado pela BCRS25.



Fonte: A autora, 2022.

O Ponto 4 se localiza no topo de um ressalto topográfico, onde há a formação de um reservatório de água com área de lâmina d'água com cerca de 4.000 m² manejado com a interferência antrópica como é mostrado na Figura 31.

Figura 31 – Aspecto da vegetação e uso do solo nas imediações do Ponto 4.



Fonte: A autora, 2022.

A vegetação na borda do reservatório apresenta capões isolados medianamente densos de nativas de porte arbóreo, sendo que na faixa de transição entre os plantios de agricultura anual (trigo à época) a vegetação nativa é de

característica arbustiva até a transição arbórea mais ao centro tal qual é observado na Figura 32.

Figura 32 – Área de estudo do ponto 4.



Fonte: A autora, 2022.

Na área leste, na saliência do ressalto, isto é da cuesta até a parte baixa da porção mais íngreme, a vegetação nativa se apresenta em estágio sucessional avançado e com característica arbórea, com exceção da face do escarpamento que é representada por um paredão rochoso.

A localização informada na BCRS25, coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 441744.00 m E e 6795701.00 m S, coincide com o centro do reservatório d'água. O fluxo hídrico se dá de leste para oeste em uma taxa de vazão de 253,96 l/min avaliada pelo método volumétrico a poucos metros à jusante do extravasor do reservatório.

A existência de estrutura civil construída sobre a superfície da água demonstra a interferência humana na condição original da nascente, que pela topografia indica ser do tipo de encosta uma vez que o afloramento ocorre em

terreno declivoso, brotando em um único ponto no interior do reservatório construído em decorrência da inclinação da encosta no topo da propriedade.

O ponto número 5 que se localiza em antiga “fonte” de água utilizada para a dessedentação humana dos proprietários da gleba como é mostrado na fotografia da Figura 35, além da construção estilo “caixa d’água”.

Figura 33 – Pequeno reservatório construído na nascente para a dessedentação humana.



Fonte: A autora, 2022.

O exfiltrado percorre um percurso de 5 m até chegar a área de armazenamento de barramento artificialmente estruturado com o objetivo de fornecer água de irrigação para o desenvolvimento de agricultura itinerante.

A vegetação no entorno da “fonte” é rarefeita em arbustos e rala de arbóreas sendo coberta por gramíneas como grama boiadeira, unha de gato, aguapé e junco por exemplo.

O ponto de nascente indicado na base cartográfica, ou seja, coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 441491.00 m E e 6790398.00 m S, dista em cerca de 40 metros do local relacionado no campo, que se situa na coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 441524.00 m E e 6790366.00 m S.

A distância atribuída ao posicionamento desigual entre o registro oficial – BCRS25 - e o registro local – GPS Garmim - pode estar relacionado à modificação humana e uso do solo, uma vez que continuamente são programados desassoreamentos nas estruturas artificiais de barramento de recurso hídrico,

graças a grande quantidade de lodo que se forma na zona de menor energia causando a deposição das partículas em suspensão.

A Figura 34 apresenta a diferença entre os posicionamentos da BCRS25 e o local obtido na amostragem de campo.

Figura 34 – Posição da nascente identificada em campo e o local da BCRS25 da SEMA.



Fonte: Modificado de Google Earth Pro®, 2022.

A intervenção contínua pode acarretar no aprofundamento da estrutura e por conseguinte o rebaixamento do nível potenciométrico para o caso de nascente de encosta, tipificação adequada para o local. Segundo Souza *et al.* (2010) este processo pode provocar danos ao recurso e ao meio ambiente, como principalmente aqueles que se referem à subsidência do solo, diminuição do volume da água que abastece os rios, o esgotamento dos reservatórios, a seca nas nascentes e a mobilidade das nascentes controladas pela saturação do lençol freático.

A vazão média medida no local, pelo método volumétrico indicou valores na faixa de 282,18 l/min.

O Ponto 6 está possui nascente do tipo *fracture spring* ou nascente de fratura. Ela é chamada desta forma pois a descarga de água se dá pela concentração em

planos de acamadamento, juntas, clivagem, falhas ou fissuras em rochas consolidadas (Queiroz, 2015).

A característica da área pode ser verificada na fotografia do local, apresentada na Figura 35.

Figura 35 – Nascente em fraturas horizontais de rocha basáltica, Ponto 6.



Fonte: A autora, 2022.

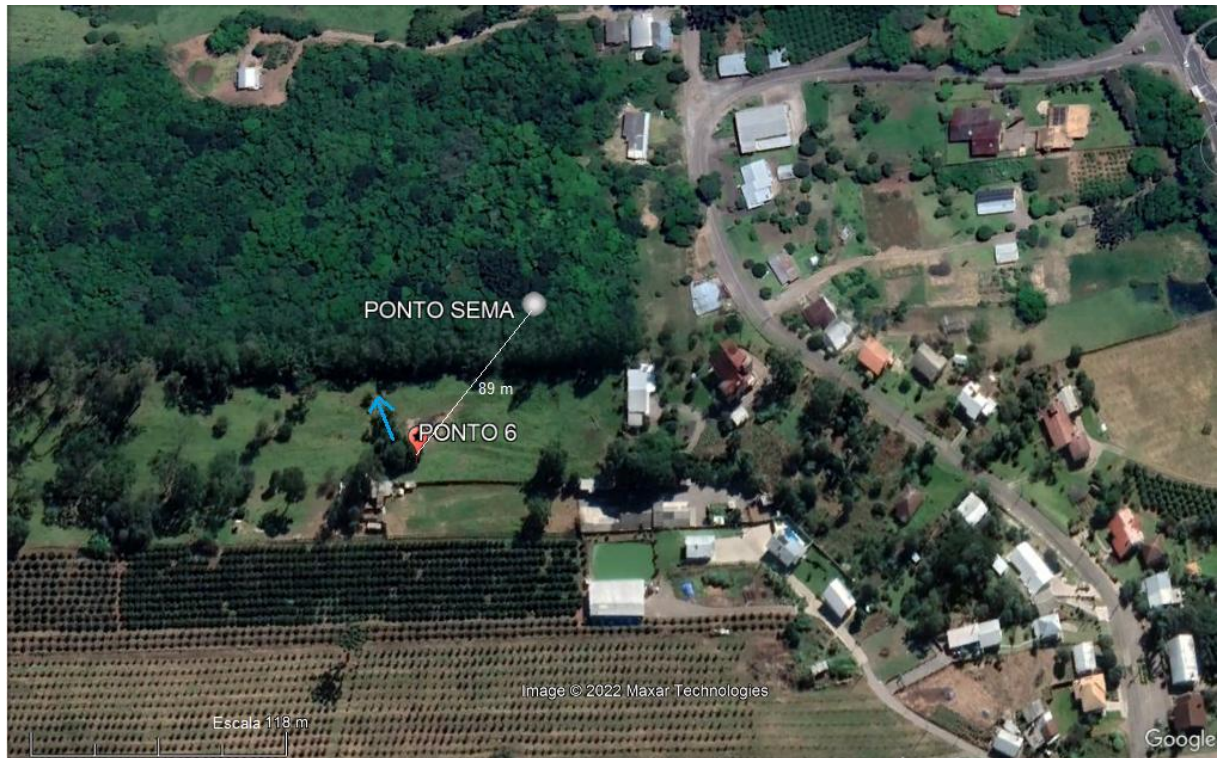
A nascente apresenta um pequeno reservatório de barramento da água, construído com a finalidade de fornecer suprimento para a família que reside na propriedade. Seu entorno é delimitado por barreira física para evitar a degradação por pisoteio de animais domésticos que são criados soltos e caminham livremente dentro dos limites da propriedade.

O ponto de nascente verificada nas imediações está a cerca de 95 m à sudoeste do ponto referenciado na BCRS25. A localização oficial estaria na coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 445183.00 m E e 6792463.00 m S, todavia em campo, neste ponto não há nenhum recurso hídrico, ficando evidente apenas a

nascente de fratura situada na coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 445128.00 m E e 6792388.00 m S.

A distância entre o ponto amostrado e o ponto base, é apresentada na Figura 36 que apresenta também as condições periféricas da vegetação e uso do solo, que neste caso é essencialmente agrícola itinerante.

Figura 36 – Posição da nascente em campo comparada ao ponto da BCRS25.



Fonte: Modificado de Google Earth Pro®, 2022.

A vazão foi medida a cerca de 5 metros de distância da caixa de armazenamento, que fica na base da rocha onde a água aflora nas fraturas. A média de vazão obtida com a medida no local indicou valores na faixa de 30,93 l/min.

A vegetação periférica, conforme pode ser visualizada na Figura 37, é composta por três exemplares arbóreos nativos e alguns arbustos medianos, além de gramíneas que compõem também a área de pastagem do gado.

Figura 37 – Condição da vegetação periférica à nascente do Ponto 6.



Fonte: A autora, 2022.

O Ponto 7 é representado fisiograficamente por um reservatório com área de superfície de água com cerca de 2.400 m².

A nascente verificada no Ponto 7 coincide com o ponto referenciado na BCRS25. A localização oficial aponta a coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 444163.00 m E e 6798807.00 m S conforme demonstrado na Figura 38.

Figura 38 – Posição do Ponto 7 com base na cartografia estadual.



Fonte: Modificado de Google Earth Pro®, 2022.

À leste do reservatório, havia a formação de uma pequena área alagada que apresentava pegadas de animais domésticos, o que indica que o fluxo d'água à partir do reservatório seguia para este local que é usado para a dessedentação animal.

Após esse ponto, o fluxo era direcionado via canalização através de estrada de acesso local no mesmo sentido. Em uma bifurcação, a drenagem seguia também no sentido sul. Esse último, coincidindo com a linha de drenagem mapeada pela SEMA, apresentou uma vazão média de 1,93 l/min enquanto a vazão média da linha de drenagem no sentido leste obtida também pelo método volumétrico foi de 0,87 l/min.

A característica da área pode ser verificada na fotografia do local, apresentada na Figura 39.

Figura 39 – Foto panorâmica da nascente em reservatório do Ponto 7.



Fonte: A autora, 2022.

A periferia do reservatório denota a presença de um cordão de árvores nativas que são mais densas na porção norte e rarefeitas na porção sul do reservatório.

O ponto 8 possui nascente representada por um reservatório com área de superfície de água com cerca de 6.100 m².

O reservatório com nascente difusa sob a lâmina d'água apresenta fluxo em sentido de oeste para leste, sendo que, na Figura 40, o ponto de deságue encontra-se à direita da imagem. O ponto oficial referenciado na BCRS25 foi alocado a cerca

de 100 m do reservatório, e portanto, está deslocado. A localização oficial aponta a coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 446244.00 m E e 6804064.00 m S pode ser avaliado na imagem abaixo que representa a área com base na imagem de satélite do Google Earth Pro®.

Figura 40 – Posição do ponto 8 e a sua correlação com a BCRS25.



Fonte: Modificado de Google Earth Pro®, 2022.

Como é observado na Figura 40, a posição do Ponto 8 se situa mais à montante do ponto de nascente indicado pela SEMA. Como a área do espelho d'água existente neste local possui cota altimétrica maior que o ponto apontado pela SEMA, e o fluxo da drenagem parte da extremidade oeste do reservatório, eles acabam coincidindo.

A borda sul apresenta exemplares exóticos (*Eucaliptus* sp.) com mescla de arbustos e arvoretas de dossel baixo e subbosque pouco desenvolvido.

O entorno da área do reservatório é utilizado pelo caseiro da FEPAGRO e mantém ao norte sua residência e remanescente florestal nativo. O mesmo ocorre nas bordas leste e oeste, conforme avaliado na fotografia abaixo.

O reservatório mapeado pode ser verificado na fotografia panorâmica apresentada na Figura 41 e, em primeiro plano se observa área destinada à agricultura familiar, já em fase de preparação para o plantio..

Figura 41 – Foto panorâmica da nascente e reservatório do Ponto 8.



Fonte: A autora, 2022.

A vazão estimada na drenagem observada na borda oeste do reservatório pelo método de medida volumétrica foi de 154,65 l/min.

O ponto 9 possui nascente de surgência em meio à fraturas de rocha do tipo basalto formando um curso hídrico de fluxo sentido sudoeste para nordeste.

O ponto apontado na BCRS25 aparece distanciado do ponto real obtido com a análise de campo. A área apontada pela SEMA está inserida em propriedade rural utilizada como pastagem. O local próximo ao ponto, demonstra o pisoteio de animais domésticos o que evidencia pequena área alagada nas áreas topográficas mais planas (Figura 42).

Figura 42 - Foto panorâmica do Ponto 9. A seta indica o ponto segundo a BCRS25.



Fonte: A autora, 2022.

A vazão medida na área de drenagem pelo método volumétrico foi de 41,09 l/min.

O ponto de nascente verificada em campo dista em cerca de 72 metros a nordeste do ponto referenciado na base cartográfica estadual. A localização oficial estaria na coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 448215.00 m E e 6800785.00 m S, enquanto que a nascente de fratura foi observada no local de coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 448255.00 m E e 6800834.00 m S.

A água se mostra em descarga devido a concentração nos planos de fraturamento horizontais e verticais da rocha que se encontra a poucos centímetros abaixo da superfície do solo e forma uma pequena “bacia” que circundada com vegetação nativa arbustiva, conforme é demonstrado na fotografia da Figura 43.

Figura 43 – Nascente em meio aos lineamentos naturais da rocha encaixante.



Fonte: A autora, 2022.

A ocupação do solo se dá na forma de extrativismo pecuário que é intensificado na área mais plana, o que acaba por preservar a área mais íngreme da borda do recurso hídrico formado a partir da nascente em fluxo descendente em sentido sudoeste para nordeste.

A área ciliar e a porção à montante do Ponto 9 apresenta quantidade e qualidade regular de espécies nativas, onde é comum a presença da *Araucária angustifolia*, espécie da flora característica da região fitogeográfica. A densidade aumenta conforme nos afastamos do ponto da nascente observado em campo.

A Figura 44 apresenta a localização da nascente do ponto 9.

Figura 44 – Posição da nascente no Ponto 9 em comparação com a BCRS25.



Fonte: Modificado de Google Earth Pro®, 2022.

O ponto 10 se localiza aos fundos do parque de máquinas municipal em área urbana municipal. A área do entorno se encontra antropizada, cuja alteração mais recente é apontada com o terrapleno na propriedade da prefeitura municipal. Neste local, existe à montante do ponto indicado pela base da SEMA o estádio de futebol municipal, onde, na data da visita foi observado que havia fluxo de drenagem intensa nas tubulações da estrada de acesso ao portão lateral do estádio.

No ponto fixado como nascente de acordo com o mapeamento disponível, foi observada rocha basáltica em afloramento natural (delimitado em círculo na Figura 49) com área de 50 m², e à jusante do ponto não foram observados indícios que corroborem com o indicativo de drenagens aparentes, o que denota a inexistência de fluxo hídrico de qualquer natureza no local em estudo.

Na foto panorâmica da Figura 45 é especificada a localização com seta do posicionamento geoespacial do ponto indicado no mapa da BCRS25 da SEMA.

Figura 45 – Foto panorâmica do ponto e a condição geográfica do entorno.



Fonte: A autora, 2022.

No centro da propriedade da prefeitura foi observado reservatório de água construído artificialmente (Figura 46). Segundo informações do funcionário municipal, este reservatório recebe as águas advindas da área sul, que por possuir topografia mais elevada se acumulam na canaleta da estrada municipal e dali são conduzidas por meio de tubulação juntamente com as águas coletadas na base do portão de acesso lateral do estádio municipal, à oeste.

Figura 46 – Posição do Ponto 10 e a BCRS25.



Fonte: A autora, 2022.

Assim, as águas coletadas na área da drenagem no entorno da propriedade da prefeitura são conduzidas por meio de canaletas e tubulações até o reservatório

artificialmente construído, sendo este localizado a 65 m à sul do ponto indicado como início da drenagem pela base cartográfica estadual.

Caminhando partir do Ponto 10, sentido leste, em cerca de 100 m, foi encontrada canaleta escavada em solo devido a erosão hídrica pluvial, mas não foi identificada água na data de 04 de novembro, o que denota que o ponto indicado na base da SEMA se evidencia deslocado da posição correta muito provavelmente pelo impacto humano do desenvolvimento urbano. Desta forma, não houve registro de vazão neste local.

A Figura 47 apresenta a condição de fronteira do local descrito no Ponto 10 da base cartográfica da SEMA.

Figura 47 – Posição do Ponto 10 e a caracterização geográfica do entorno.



Fonte: Modificado de Google Earth Pro®, 2022.

Estudos realizados por Garcia *et al.* (2018) mostraram que a qualidade de um curso hídrico está diretamente relacionada às alterações verificadas na bacia hidrográfica, sendo que as alterações do uso e ocupação do solo desenvolvidas principalmente nas áreas urbanas das cidades exercem fundamental influência no escoamento superficial desses cursos no que se refere a alterações na qualidade e quantidade das águas.

Para o caso analisado no Ponto 10, se observa que o reservatório não gera água excedente o que indicaria o princípio de um sistema de drenagem, mesmo que intermitente, e, embora se observe a existência de fluxos de água próximas da superfície do terreno no entorno da área, é possível supor que se trata de local com elevado nível do freático livre todavia sem que se manifeste na superfície o que pode ter sido incentivado pelas modificações antrópicas existentes na periferia do ponto analisado.

O Ponto 11 se situa em área rural, aos fundos de uma residência. A fotografia da Figura 48 mostra a localização apontada na base cartográfica como o ponto inicial do sistema de drenagem.

Figura 48 – Foto panorâmica do ponto indicado na BCRS25 em seta.



Fonte: A autora, 2022.

Se observa que no Ponto 11, de fato, há a existência de curso hídrico de pequena monta, sendo constituído de pequena calha com 10 cm de profundidade e 20 cm de largura em média, cujo fluxo se dá de noroeste para sudeste em uma vazão medida pelo método volumétrico de 13,06 l/min. Este recurso hídrico é

utilizado pelo proprietário para irrigação, fazendo o armazenamento em uma caixa de concreto.

Ao que tudo indica, houve o deslocamento da posição inicial do sistema de drenagem no Ponto 11, sendo que ele é formado inicialmente na área do acúmulo de água do reservatório. A localização oficial estaria na coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 448161.00 m E e 6795283.00 m S, enquanto que a nascente foi observada no ponto médio de coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 448139.00 m E e 6795317.00 m S (Figura 49).

Figura 49 – Imagem de satélite da periferia do Ponto 11.



Fonte: Modificado de Google Earth Pro®, 2022.

Assim, após identificar o ponto provável do início do sistema de drenagem no entorno do Ponto 11, talvez seja correto afirmar que se trata do reservatório formado a 45 m à montante, conforme indicado na Figura 49.

A área de reservatório é geradora e mantenedora do fluxo hídrico que forma o pequeno córrego apontado na localização do Ponto 11, sendo, conduzido por tubulação construída na base da via pavimentada seguindo o direcionamento original da canaleta escavada sobre o solo. No pequeno talude e no reservatório de água é comum a presença de vegetação de juncos e aguapés (Figura 50).

Figura 50 – Foto panorâmica da região limítrofe do Ponto 11 indicando o fluxo.



Fonte: A autora, 2022.

Segundo se observa pela vegetação do Ponto 11, a estocagem periódica de água favorece a lenta devolução para o córrego conectado, reduzindo as flutuações de nível de água e o perigo de enchentes e secas. A base do registro científico consolida a informação do proprietário local que afirma não lembrar de época climática onde o pequeno córrego tenha se extinguido a ponto de apresentar seca, ou nulidade de fluxo hídrico.

O local avaliado e catalogado como Ponto 12, coincide com a borda oeste do reservatório indicado pela BCRS25 (Figura 51). O Ponto 12 está situado na coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 449495.00 m E e 6803360.00 m S.

Figura 51 - Fotografia do Ponto 12, local indicado na BCRS25.



Fonte: A autora, 2022.

A borda da bacia de drenagem se apresentava preservada, onde a vegetação nativa de porte arbóreo era predominante essencialmente nas áreas norte e oeste.

Nas áreas sul e leste, havia maior quantidade de vegetação nativa em estágio inicial e aquelas de porte arbustivo. O canal de drenagem, por sua vez, apresentava vegetação mais densa na proximidade da borda do reservatório, gradando para vegetação menos densa e de porte rasteiro conforme se afastava poucos metros na direção leste, conforme apontado na imagem de satélite da Figura 52.

Figura 52 – Usos do solo do entorno do reservatório do ponto 12.



Fonte: Modificado de Google Earth Pro®, 2022.

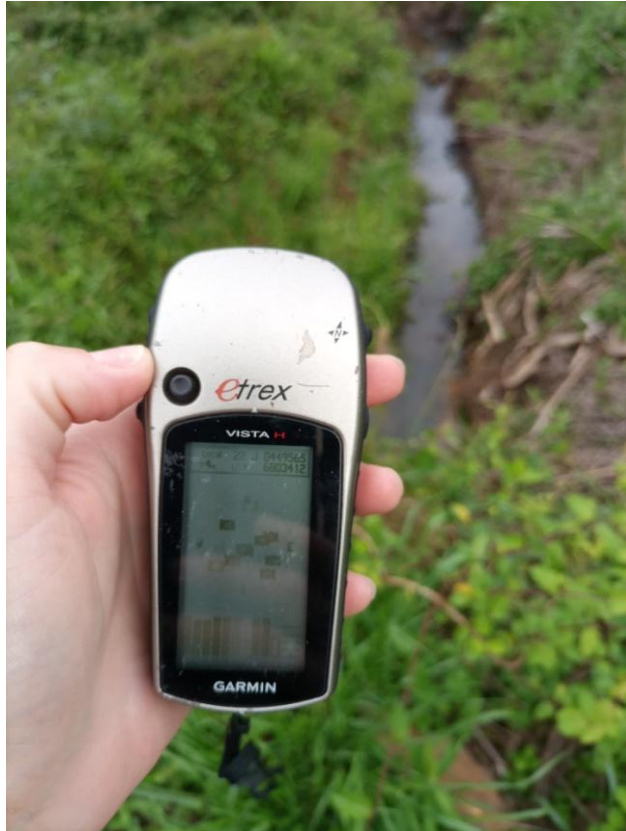
O estudo realizado por Bohrer *et al.* (2015), apontou que as nascentes situadas em áreas alteradas pela agricultura e com pequenos barramentos, resultando de uso direto das águas, favorece a diminuição do volume de água nas nascentes, assim como na sua vazão. Segundo os autores, as alterações causadas nessas áreas modificam as dinâmicas de infiltração da água da chuva, diminuindo a recarga dos aquíferos.

De acordo com os estudos apresentados por Bohrer *et al.* (2015), as áreas protegidas principalmente com a recomposição da mata ciliar, isto é, com vegetação natural junto às nascentes, faz com que elas permaneçam com maiores vazões ao longo do tempo. De fato, a nascente não seca, todavia deixa de jorrar. Fazendo a restauração das propriedades ambientais, os lençóis são recriados, a vegetação se

recupera se fixando na área ciliar, as erosões são eliminadas e novos habitats são criados para a fauna (CARDOSO E MORAES, 2004).

O reservatório apresentava fluxo hídrico a partir da borda de seu talude de contenção no sentido oeste para leste formando um canal com profundidade de 25 cm e largura de 50 cm, conforme avaliado na imagem de satélite da Figura 53.

Figura 53 – Canal de drenagem do Ponto 12, local de realização do teste de vazão.



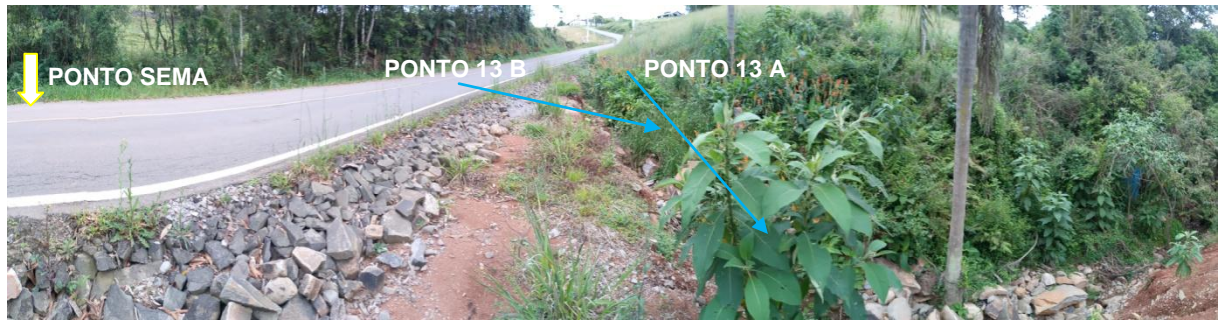
Fonte: A autora, 2022.

A vazão medida no canal, a uma distância de 30 m do talude, registrou valor médio de 592,58 l/min pelo método volumétrico, a maior vazão medida entre todos os pontos verificados neste estudo.

Segundo a BCRS25 a localização oficial do início do sistema de drenagem do Ponto 13 é na coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 450669.00 m E e 68001026.00 m S.

No local foi presenciada a existência de dois fluxos hídricos de drenagem distintos nas duas canaletas pluviais da estrada, que confluem após canalização sob a base do pavimento em único curso no ponto de coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 450678.00 m E e 68001007.00 m S, conforme é apresentado na Figura 54.

Figura 54 – Fotografia panorâmica da situação local do Ponto 13.



Fonte: A autora, 2022.

O ponto mais à montante, representado na análise como Ponto 13 A, apresenta nascente do tipo de encosta na coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 450733.00 m E e 6800983.00 m S. Já a drenagem existente no lado oposto da estrada, mesmo canalizada, demonstrou se localizar na coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 450696.00 m E e 6801016.00 m S, aqui representado pelo Ponto 13 B.

O ponto informado oficialmente na base cartográfica da SEMA apresentava vegetação e solo com aspectos inexpressivos para a indicação de nascente. Já o ponto apresentado como 13 A, por sua vez, apresentou propriedades específicas que denotam a existência de nascente de encosta, como é mostrado na Figura 55.

Figura 55 – Local de surgência da água em nascente de encosta.



Fonte: A autora, 2022.

As condições regionais do Ponto 13 podem ser verificadas na Figura 56.

Figura 56 - Nascente do Ponto 13 e os usos do solo do entorno.



Fonte: Modificado de Google Earth Pro®, 2022.

A vazão foi medida no local de exfiltração da tubulação da canalização, de modo a representar a soma das drenagens do Ponto 13 A e Ponto 13 B. A medida foi obtida a uma distância de 60 m e 20 m, respectivamente e registrou valor médio de 17,95 l/min pelo método volumétrico.

O local selecionado como Ponto 14 se refere a área com modificação ambiental antrópica recente, onde foi construído barramento imediatamente à jusante da área identificada com potencial surgimento de água de subsolo, caracterizando-a como nascente em talvegue de quebra de relevo.

Segundo a base cartográfica estadual a localização oficial do ponto de início do sistema de drenagem na região é representado pela coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 453202.00 m E e 6798069.00 m S.

O local apontado está posicionado sobre a borda do talude do barramento, todavia, na data da amostragem de campo, 15 de setembro, foi observada condição de solo com umidade excessiva conforme demonstrado na Figura 57.

Figura 57 – Condições do solo na periferia do local indicado na BCRS25.



Fonte: A autora, 2022.

Mais à montante do solo encharcado, representado na análise como Ponto 14 coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 453203.00 m E e 6798088.00 m S, havia um aglomerado de rochas por onde a água era conduzida por meio de canos até um pequeno córrego construído com base em seixos de basalto (Figura 58) .

Figura 58 – Poço raso construído à montante da área com bombeamento.



Fonte: A autora, 2022.

Ao que tudo indica, o local se trata de uma nascente de encosta, já que há uma grande depressão lateral amortecendo a inclinação nas proximidades do ponto verificado na amostragem.

À montante da área onde há o suposto bombeamento da água sobre as rochas, foi construído um poço simples, e ao que tudo indica, é de baixa profundidade já que a área apresenta reserva de água próxima à superfície.

Segundo o morador do local, a água neste ponto era trazida à superfície por meio de bombeamento, e era exfiltrada no barramento que formava o espelho d'água na tubulação existente nas proximidades da área apontada no mapa de referência do estado. A Figura 59 mostra a fotografia do local.

Figura 59 – Local de intervenção nas condições fisiográficas da dinâmica hídrica.



Fonte: A autora, 2022.

A distância entre o ponto de referência da base estadual e o ponto observado em campo apresenta cerca de 25 m. Uma análise espacial regional pode ser verificada na imagem de satélite apresentada na Figura 60 que possui a indicação da distância entre o ponto sugerido na BCRS25 e ponto identificado em campo.

Figura 60 – Análise espacial da nascente do Ponto 14 e o uso do solo.



Fonte: Modificado de Google Earth Pro®, 2022.

A vazão foi medida e apresentou valores na ordem 27,84 l/min.

O Ponto 15 está situado em área de desenvolvimento de agricultura itinerante. O local apontado na base cartográfica estadual como início do sistema de drenagem no interior desta propriedade possui uma residência edificada exatamente sobre o ponto.

Nas imediações do ponto indicado pela SEMA, se observa, à cota aproximada de 560 m, a existência de água junto ao reservatório artificialmente construído a noroeste de um complexo de confinamento de gado. Na mesma cota, junto ao limite da área de pastagem, foi observada a calha da drenagem do sistema hídrico, que se iniciava junto ao extravasor do barramento e seguia sentido sudoeste.

O Ponto 15, coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 451546.00 m E e 6796718.00 m S, bem como as áreas de cota altimétrica de 560 m, denotam a fisiografia de local no qual existe uma nascente ou olho d'água que emerge em pontos de grotas situadas nos talwegues da quebra de relevo.

Os padrões geométricos das drenagens e suas densidades são fortemente influenciados pelo ambiente geológico e pela climatologia local, onde a interpretação da natureza dos terrenos, as disposições das camadas de solo e rocha, as

estruturas geológicas, os processos fluviais e os eventos climáticos são os principais contribuintes (MANOEL e ROCHA, 2017).

Para Manoel e Rocha (2017), o conceito de declividade da bacia hidrográfica influencia substancialmente na velocidade de escoamento superficial, parâmetro também que delimita o tempo que a água da chuva leva para se concentrar no leito do rio e formar uma rede de drenagem. A organização espacial dos rios é influenciada e controlada por padrões morfológicos e pela estrutura geológica das áreas que englobam as bacias hidrológicas.

A declividade apresentada na área de estudo desde a estrada municipal até o ponto do barramento indica inclinações na ordem de 35,85%, o que por si só já representa uma área sensível do ponto de vista da preservação ambiental. A hipsometria elevada faz com que as drenagens pluviométricas estejam bem marcadas e profundas no solo, além do que, as grotas no talvegue de quebra do relevo estão alinhadas na cota de contato das estruturas geomorfológicas do terreno.

Nos fundos desta residência existe uma via de acesso interno, onde na borda direita sentido oeste foi verificada canaleta de erosão do solo, e que segundo o proprietário, se trata de canal de drenagem pluvial. Essa condição é apresentada na Figura 61.

Figura 61 – Fotografia do barramento existente à cota aproximada de 560 m.



Fonte: A autora, 2022.

Segundo a BCRS25 a localização oficial do início do sistema de drenagem na região é representado pela coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 451606.00 m E e 6796574.00 m S e está demonstrada na Figura 62.

Figura 62 – Imagem de satélite da periferia do Ponto 15.



Fonte: Modificado de Google Earth Pro®, 2022.

A distância linear entre o ponto de referência da base estadual e o ponto observado em campo é de cerca de 70 m.

A vazão estimada com base no método volumétrico é da ordem de 253,42 l/min.

O Ponto de número 16, segundo a BCRS25 a localizar-se na coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 453765.00 m E e 6794644.00 m S, estaria ali situado por haverem condições fisiográficas suficientes para que se dê o início de um sistema de drenagem.

A região do ponto em questão é representada na Figura 63 onde a superfície do terreno é “riscada” por um acesso de terra no sentido leste-oeste. À partir do Ponto 16 em direção nordeste, a fisiografia do terreno mostra uma pequena curvatura côncava no relevo.

Figura 63 – Fotografia do Ponto 16 indicado na BCRS25.



Fonte: A autora, 2022.

O relevo é um dos mais importantes agentes de formação do solo. De forma indireta, ele atua na modificação das propriedades climáticas da região, e de maneira direta no controle da drenagem. As redes de drenagem são formadas a partir da interação de fatores associados ao relevo como a geologia, o clima, a vegetação e textura e estrutura (permeabilidade) do solo. (VALERIANO e MORAES, 2001).

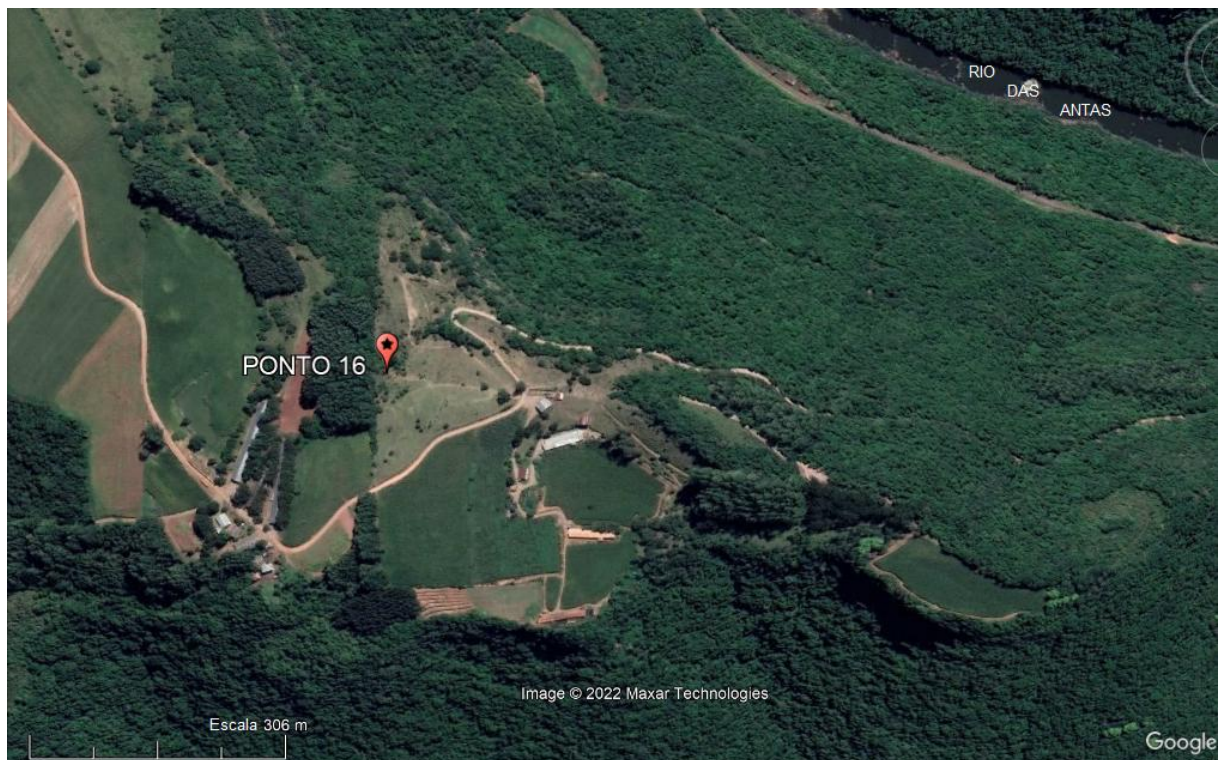
Ao que tudo indica, o padrão de drenagem utilizado na base de dados da cartografia estadual foi definido a partir do arranjo espacial das características fisiográficas do meio físico. As técnicas de extração das informações da drenagem, se advindas das fontes mais básicas em evidência científica atualmente, levaram em conta os dados de fotografias aéreas e mapas topográficos, e portanto, podem ter resultado em locais equivocados, como é o caso do Ponto 16.

Mesmo que o uso do tratamento digital das informações geográficas viabilize os resultados de forma a automatizar a extração das feições da cobertura terrestre,

ainda é necessário que se combine as coleções dos resultados digitais com o exercício de avaliação *in loco*. A análise de campo para o mapeamento dos lineamentos de erosão evidencia as propriedades de cada canal de drenagem, a fim de suportar corretamente a leitura dos dados e classificar a fisiografia de maneira aperfeiçoada.

A Figura 64 demonstra a morfologia do terreno junto ao ponto avaliado.

Figura 64 – Imagem de satélite da periferia do ponto indicado pela SEMA.



Fonte: Modificado de Google Earth Pro®, 2022.

A combinação da análise por meio da BCRS25 da rede de drenagem no município e a avaliação em campo, apontou que o Ponto 16 embora apresente evidência clara de canal de erosão, o sistema hídrico não apresenta característica perene.

O ponto em questão se localiza em declive topográfico desde as porções altas do relevo, o platô, até a calha do Rio das Antas, apresentando uma depressão com mais de 400 m (Figura 65). Esta depressão, característica geológica dos derrames basálticos da Serra Geral, foi lapidada em formato de escarpa devido a ação conjunta de diversos fatores, incluindo o recorte causado pela drenagem hídrica do Rio das Antas.

Figura 65 – Fisiografia da área do entorno do Ponto 16.



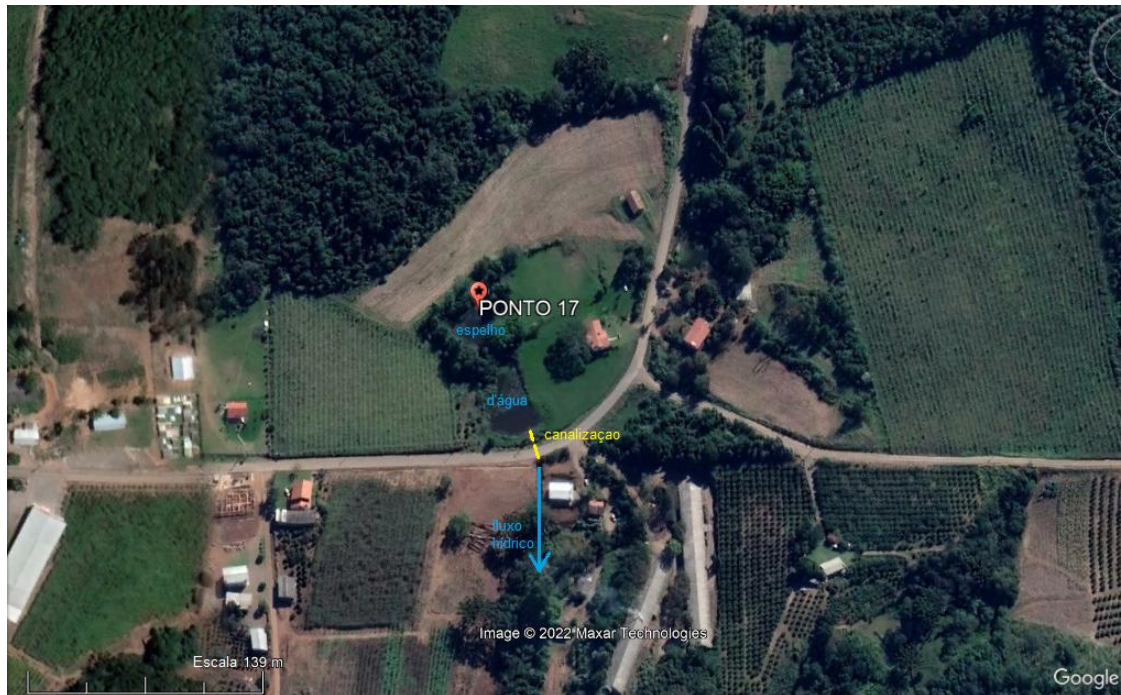
Fonte: A autora, 2022.

O local, de paisagem com grande beleza cênica, desde o platô até a calha do rio (Figura 69), é utilizado no desenvolvimento da pecuária, que se adaptou à condição topográfica do terreno, formando passagens em terraços o que favoreceu a ocupação total da área.

Embora apresente declividade demasiada e linhas erosivas cortando a paisagem, o ponto em estudo, não se mostra eficiente como mantenedor permanente de água em superfície a ponto de dar origem aos fluxos d'água, e formar uma rede de drenagem conforme traçado no mapa de referência.

O ponto número 17, segundo a BCRS25, local de incidência de rede de drenagem, fica na coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 452264.00 m E e 6792285.00 m S e pode ser verificado na imagem de satélite da Figura 66. Este local situa-se na região mais à montante de reservatório que é mantido de forma difusa, cujo espelho d'água possui aproximadamente 2.000 m².

Figura 66 – Imagem de satélite do local indicado pela SEMA, Ponto 17.



Fonte: Modificado de Google Earth Pro®, 2022.

O Ponto 17 é representado por um reservatório com terras permanentemente alagadas devido barramento físico, cujo fluxo hídrico do sistema de drenagem segue na direção N-S atravessando trecho canalizado sob a estrada municipal pavimentada, conforme fotografia da Figura 67.

Figura 67 – Reservatório do Ponto 17 com indicativo de fluxo.



Fonte: A autora, 2022.

A região central detém um cordão vegetal de remanescente nativo com porte arbóreo de forma a quase segmentar o reservatório em duas porções. A vegetação no entorno apresenta anel de borda com poucos metros de largura margeando a metade norte da estrutura hídrica. Já a borda da metade sul é coberta por vegetação rasteira do tipo gramínea com exemplares arbustivos nativos isolados.

O uso do solo no entorno próximo se dá com o desenvolvimento da agricultura de subsistência sendo algumas áreas utilizadas para o plantio de culturas anuais com propósito comercial pela técnica da rotação de culturas.

A vazão medida pelo método volumétrico na data de 15 de outubro representou valor médio na ordem de 121,44 l/min.

Outra área selecionada, o Ponto 18, possui características similares ao ponto anterior. De acordo com a BCRS25 a cabeceira da drenagem fica na coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 451007.00 m E e 6791050.00 m S (Figura 68). Este ponto possui nascente com reservatório em barramento que é utilizado para a irrigação das frutíferas cultivadas na propriedade.

Figura 68 – Imagem de satélite do Ponto 18.



Fonte: Modificado de Google Earth Pro®, 2022.

O Ponto 18 possui espelho d'água de natureza perene cujo solo permanece inundado em todas as estações do ano. A estrutura possui área aproximada de

1.300 m² e suas bordas são preferencialmente recobertas por vegetação exótica (*Pinnus* sp. e *Eucalyptus* sp.). Ao norte, o reservatório é delimitado por barramento físico de pequena elevação e possui canal de drenagem marcado naturalmente, onde se observa remanescente vegetal nativo na borda do canal da coleção hídrica (Figura 69).

Figura 69 – Foto panorâmica do reservatório do Ponto 18.



Fonte: A autora, 2022.

Do ponto de vista fisiográfico o sistema de drenagem no local é representado por uma nascente difusa degradada, associada a reservatório com vegetação ciliar exótica. As intensas perturbações observadas na área desta nascente, vão além da inexistência e/ou competição da vegetação exótica, promovem o empobrecimento da regeneração natural e conseqüentemente, prejudicam também a vazão e a recuperação do manancial.

Ainda que exista a implicação da degradação do manancial, a vazão medida pelo método volumétrico na data de 15 de outubro apresentou valores na ordem de 24,59 l/min, valor regular se comparado a necessidade média diária da população que pode chegar a atingir 200 litros de água por dia.

O Ponto 19 segundo a BCRS25 fica na posição geográfica de coordenada UTM Datum SIRGAS 2000 448711.00 m E e 6786289.00 m S (Figura 70). O local

está situado em depressão do pico e marca o ponto central entre o lado norte e o lado sul da formação rochosa.

Figura 70 – Fotografia panorâmica da área do entorno do Ponto 19.



Fonte: A autora, 2022.

O local indicado está a cerca de 20 m em declive da estrada de acesso local, e possui densa vegetação nativa comportando inúmeros exemplares de *Araucaria angustifolia*, espécie característica das florestas gaúchas.

O Ponto 19, área em local conhecido como Pico do Monte Claro tem a forma de relevo que pode ser definida como chapada ou patamar, com formas estruturais com rebordos festonados cuja mesa é penetrada por vales com bordas escarpadas que descem de forma quase verticalizada rumo ao curso do Rio das Antas.

A norte do pico, o solo está assentado diretamente sobre a montanha rochosa possuindo espessura na ordem centimétrica, denotando em alguns pontos inexistência de solo e o afloramento da rocha. Devido a esta característica, não há cobertura de vegetação nativa.

O lado sul do pico, possui maior extensão de terra no patamar da estrutura rochosa, menor altitude, e o relevo é mais plano, o que favorece a formação de solo e a instalação da vegetação. Neste local, é desenvolvida a agricultura itinerante em grande extensão da propriedade.

A área é constituída por grande estrutura rochosa basáltica e vegetação nativa que diminui sua densidade à medida que se aumenta a altitude do pico. Sobre a parte plana do patamar no lado norte, há um camping e a residência de uma família que exerce o cultivo de algumas frutas e pratica a silvicultura (Figura 71).

Figura 71 – Mosaico de imagens do lado norte do Pico do Monte Claro.



Fonte: Marina Bastos, 2020.

Para a caracterização das drenagens na área do Pico do Monte Claro, foi escolhido o Ponto 19 indicado de acordo com a localização apresentada na imagem de satélite da Figura 72.

Figura 72 – Imagem de satélite do Ponto 19.



Fonte: Modificado de Google Earth Pro®, 2022.

Em campanha de campo se observou que a periferia do ponto não apresenta indicações de drenagem, seja ela perene ou intermitente. Não havia qualquer indício, inclusive de percolação pluvial, com marcações de calhas de drenagem.

Considerando a direção do fluxo apontada no mapeamento de base, para que existisse drenagem de qualquer natureza, a calha do sistema hídrico deveria cruzar a estrada de acesso local, e pela declividade do terreno, cortar as áreas de terra existentes à sul, o que de fato não se evidencia.

A existência de indicativos de sistema de drenagem neste ponto pode ter sido apontada com base na morfologia do terreno uma vez que se observa em alguns locais na encosta do Pico de Monte Claro, alguns sulcos de movimento de massa que podem ter sido intensificados pelo escoamento superficial rápido, ao longo do tempo, devido a água pluvial.

Esse processo dinâmico provoca transformações constantes no relevo, e são intensificados pelos agentes externos e a declividade intensa da encosta favorecendo a erosão por sulcos.

6.2 FISIOGRAFIA DOS SISTEMAS AMOSTRADOS

Para Felipe (2009), há uma grande diversidade de elementos que formam a dinâmica e a origem de um sistema hídrico promovendo grande variabilidade nos aspectos fisiográficos. Características locais como a geologia, o relevo, o clima, a vegetação, etc. são os aspectos físicos geográficos que determinam a fisiografia de uma cabeceira de drenagem.

Nas dezenove áreas analisadas, se observa que, mesmo que situadas dentro dos limites de um domínio de paisagem semelhante, as nascentes das drenagens possuem grande heterogeneidade de formas e tipos, e por outro lado, o fato de fisiograficamente se parecerem, não indicavam o pertencimento à mesmo domínio de paisagem.

Durante as expedições foram identificadas com geoposicionamento, dezenove nascentes dispersas de forma proporcional no território municipal. Alguns locais, no entanto, ou não apresentavam condição fisiográfica para a formação de cabeceira de drenagem, ou, estavam deslocados em relação ao mapeamento utilizado como base para os estudos.

Dentre todas as áreas geoposicionadas em campo, apenas cinco delas acordavam com o ponto indicado na BCRS25 da SEMA, representando 26,32%. Tal

confluência entre os dados de referência e a análise de campo se deram nas nascentes cujas morfologias se dão na forma de difusão no interior de reservatório construído por meio de barramento. A formação de relativas extensões territoriais com espelho d'água podem ter contribuído para a certificação do ponto por meio da análise espacial dos dados em SIG.

Nos deslocamentos de posicionamento, foi identificado que em 31,58% dos casos, o ponto correto estaria à montante do local informado nos mapas base, e 21,05% dos casos, o posicionamento certo seria à jusante do local de início mapeado. As variações pontuaram no máximo 80 m com relação ao ponto do mapa, distância relativamente pequena frente a escala apreciada nos mapeamentos.

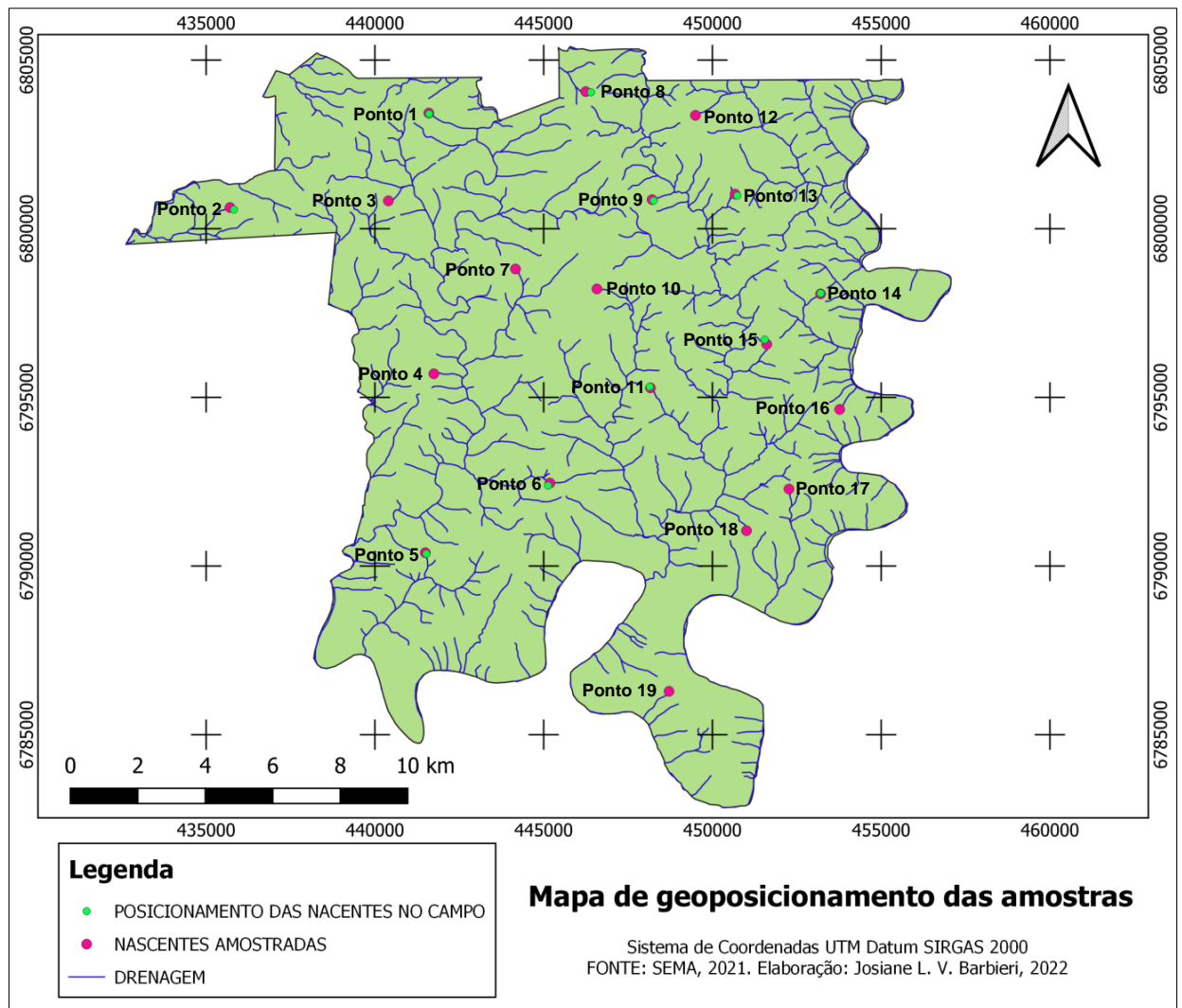
Nas demais estruturas, quatro dos pontos informados no mapa base não foram localizados em um raio de até 100 m do local informado, exprimindo um total de 21,05%. O raio escolhido para a campanha de varredura foi otimizado de forma a abranger no interior do polígono, o máximo deslocamento apontado na análise dos demais pontos.

Dentre os casos inconclusivos, salienta-se que dois dos locais situam-se em propriedades com alta taxa de intervenção antrópica e animal, sendo um deles na área urbana do município. Já os outros dois locais, pontos 16 e 19 encontram-se situados na parte alta da escarpa do vale do Rio das Antas, onde há ocorrência de intensos sulcos de movimentação de massa e com marcações bem salientes das drenagens pluviais sobre o solo. Tais condições demonstram o aumento da velocidade de percolação superficial condicionada pela declividade quase que verticalizada das áreas do entorno.

Estudos de Manoel e Rocha (2017) mostram que as alterações na configuração, forma de ocorrência e apresentação das drenagens estão fortemente relacionadas às características litológicas como a resistência à degradação das rochas, e também nos parâmetros geográficos do solo como o grau de resistência à erosão, declividade do terreno, o uso e ocupação do solo, etc. Desta forma, é importante relacionar as modificações humanas na superfície com o uso e interferência no solo como condição para descrever as relações dos processos e dinâmicas das drenagens.

Os resultados das desconformidades dos pontos foram compilados no mapa da Figura 73.

Figura 73 – Pontos selecionados na amostragem de campo.



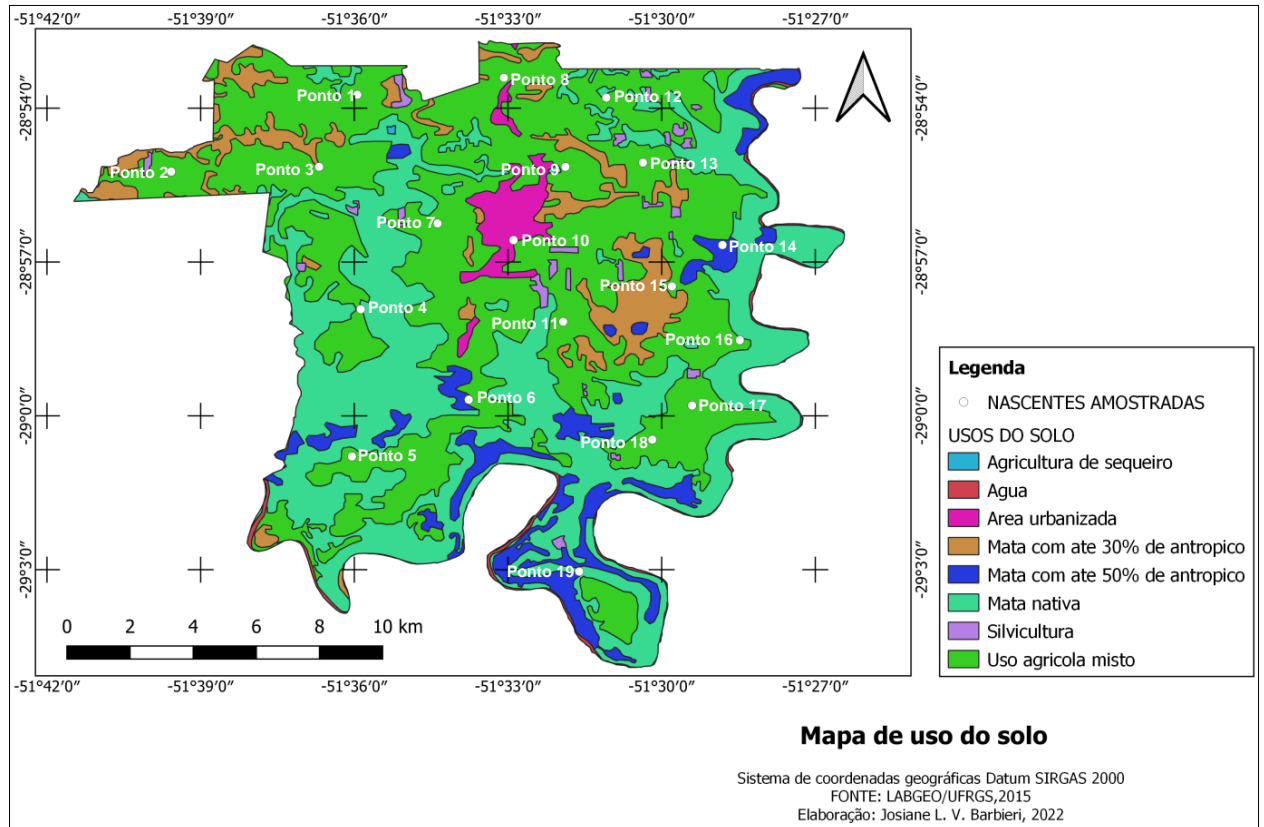
Fonte: Modificado de SEMA, 2021.

Quanto ao uso do solo, 78,95% dos pontos se localizam em áreas de uso agrícola misto. Duas nascentes estão situadas em área de mata nativa e uma em área de mescla de mata nativa com 50% de alteração antrópica. Esta última, no Ponto 14, está posicionada em área com intervenção recente para construção de reservatório. Em outro caso, no Ponto 10, está localizado em área urbana, e não registrou índices de vazão.

A maioria das áreas avaliadas possuem território perturbado, sem o raio de preservação sugerido pela legislação em vigor, mas em bom estado de conservação. Algumas, no entanto, estão bastante degradadas, e sem borda de vegetação exercendo funções de proteção.

Para tanto, o mapa da Figura 74, auxilia na avaliação das influências dos fenômenos externos nas áreas contribuintes aos sistemas hídricos, como é o caso das variações do clima e os impactos causados pelo homem.

Figura 74 – Usos do solo na região dos pontos amostrados em campo.



Fonte: Modificado de LABGEO/UFRGS, 2015.

As informações fisiográficas das áreas pesquisadas foram compiladas em quadro sintético (Quadro 4) que permite uma rápida análise das características morfológicas, geológicas, do uso do solo, das precipitações e vazões e da conservação ambiental.

Quadro 4 – Quadro síntese da fisiografia das amostras do estudo.

Local	Morfologia	Geologia	Uso do solo	Conservação ambiental
Ponto 1	Nascente de fratura em afloramento rochoso	Serra Geral - Fácies Caxias	Agrícola misto	Área degradada por mineração
Ponto 2	Nascente difusa	Serra Geral - Fácies Caxias	Agrícola misto	Intervenção antrópica e sem vegetação
Ponto 3	Não identificada	Serra Geral - Fácies Caxias	Agrícola misto	Pastagem de gado
Ponto 4	Nascente difusa de ressalto topográfico	Parapanema	Agrícola misto	Intervenção de Barramento e construção de edificação

Ponto 5	Nascente do tipo “fonte”	Serra Geral - Fácie Caxias	Agrícola misto	Área perturbada. Agricultura itinerante
Ponto 6	Nascente de fratura em afloramento rochoso	Serra Geral - Fácie Caxias	Agrícola misto	Área perturbada. Pastagem para gado
Ponto 7	Nascente difusa em reservatório	Serra Geral - Fácie Caxias	Agrícola misto	Pouco preservada. Pisoteio de gado
Ponto 8	Nascente difusa em reservatório	Serra Geral - Fácie Caxias	Agrícola misto	Pouco preservada
Ponto 9	Nascente de fratura em afloramento rochoso	Serra Geral - Fácie Caxias	Agrícola misto	Pouco preservada
Ponto 10	Não identificada	Serra Geral - Fácie Caxias	Área urbana	Pressão antrópica
Ponto 11	Nascente difusa em reservatório	Serra Geral - Fácie Caxias	Agrícola misto	Pouco preservada
Ponto 12	Nascente difusa em reservatório de ressalto topográfico	Serra Geral - Fácie Caxias	Mata nativa	Preservada
Ponto 13	Nascente em encosta	Serra Geral - Fácie Caxias	Agrícola misto	Intervenção antrópica e sem vegetação
Ponto 14	Nascente de encosta com reservatório	Serra Geral - Fácie Caxias	Mata com até 50% antrópico	Intervenção antrópica e sem vegetação
Ponto 15	Nascente de encosta	Serra Geral - Fácie Caxias	Agrícola misto	Intervenção antrópica . Agropecuária
Ponto 16	Não identificada	Serra Geral - Fácie Caxias	Agrícola misto	Antropizada com erosão pluvial e agropecuária
Ponto 17	Nascente difusa em reservatório	Serra Geral - Fácie Caxias	Agrícola misto	Pouco preservada
Ponto 18	Nascente difusa em reservatório	Serra Geral - Fácie Caxias	Agrícola misto	Área perturbada. Agricultura Itinerante
Ponto 19	Não identificado	Paranapanema	Mata nativa	Preservada

Fonte: Elaboração própria.

Em relação ao estado de conservação, treze nascentes (68,42%) estão perturbadas ou pouco preservadas devido a utilização do solo de forma mista, seis nascentes (31,57%) estão bastante degradadas, e nenhuma apresenta mata ciliar num raio de 50 m aproximadamente apenas poucos metros em cerca de 50% ou menos de área.

Como pode ser observado, a maioria das áreas possuía estruturas de nascentes sejam elas de fratura, de encosta ou difusas em reservatórios. As nascentes difusas somaram 36,84%, as de fratura e de encosta com 15,79% e o restante correspondente a outros múltiplos sistemas.

Todos os sistemas apresentaram a exfiltração de água em alguma direção promovendo o início de um sistema de drenagem com excedente regulado de acordo com o potencial da vazão de cada bacia.

6.3 DINÂMICA DAS BACIAS AMOSTRADAS

Para Silveira (2001), uma bacia hidrográfica é definida pela área de captação natural de todo o fluxo da precipitação que converge para um único ponto, chamado de exutório. A exfiltração no exutório é conduzida através das superfícies vertentes e das redes de drenagem, que são intimamente condicionadas pela fisiografia do relevo.

As bacias hidrográficas são formadas nas porções de terras mais altas do relevo, que delimita o espaço pela linha de convexidade máxima, chamadas de divisores de água. Ao precipitar na superfície da bacia, o fluxo se dá de forma que percolem por meio superficial (escoamento sobre o solo ou nas calhas dos rios) ou subterrâneo (infiltração no solo e direcionamento ao lençol freático ou às nascentes) (UNIARA, 2007).

Desta forma, delimitar corretamente os divisores de água de uma bacia favorece o entendimento da superfície de abrangência de cada bacia e por conseguinte, certifica os dados que destinam-se a modelagem hidrológica e ambiental da área. Elas são importantes unidades de planejamento integrado para projetos de sustentabilidade ambiental através de instrumentos de gestão, já que as coleções de água são importantes sistemas de conservação que objetivam a preservação da qualidade e da quantidade das reservas (CECÍLIO *et al*, 2013).

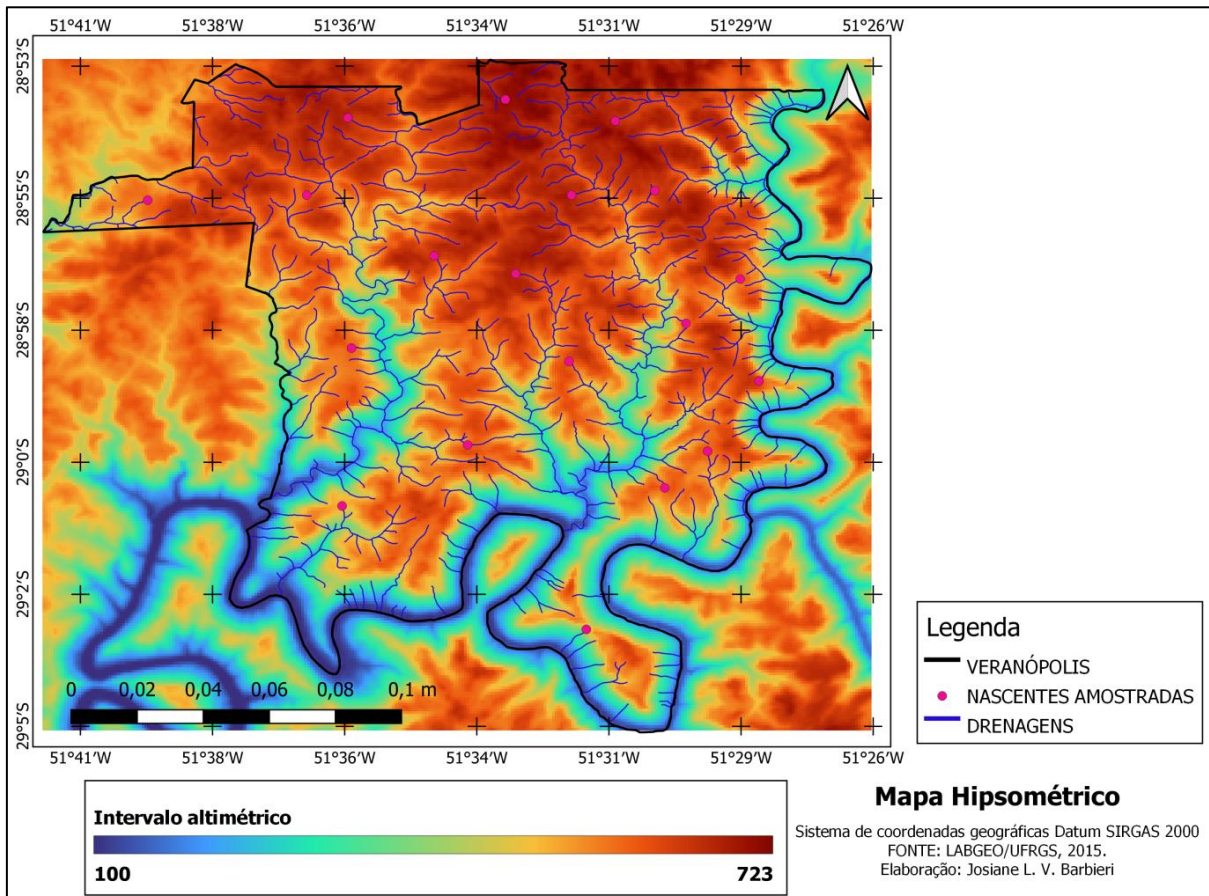
Segundo de Andrade *et al.*, (2008), para definir a dinâmica de uma bacia é indispensável conhecer os indicadores físicos dela. Os parâmetros fisiográficos são excelentes indicadores para evitar-se uma série de catástrofes como as enchentes, inundações, a erodibilidade dentre outros, além de prever o grau de vulnerabilidade da bacia.

Os componentes da dinâmica do ciclo hidrológico que demandam de caracterização morfológica para a delimitação das bacias, são governados pelos parâmetros da área da drenagem, do padrão de drenagem, a forma, a declividade, o

comprimento dos rios, etc.. O conhecimento da precipitação média na área da bacia também é relevante para a definição da capacidade de recuperação da coleção hídrica (BUARQUE, s/ano).

Uma das formas de se identificar de maneira ágil os divisores de águas, indicando as fronteiras de uma bacia hidrográfica é com o uso de Modelo Digital de Elevação – MDE que se baseia na representação matricial da topografia do terreno e portanto, possibilita a extração das linhas divisoras de águas. Tal análise usa a ferramenta computacional para apontar as linhas de maiores altitudes, assim como são registradas em mapa hipsométrico. O mapa da Figura 75 permite avaliar a distribuição das altitudes sobre o território veranense.

Figura 75 – Mapa Hipsométrico do município de Veranópolis.



Fonte: Modificado de LABGEO/UFRGS, 2015.

As bacias são unidades geográficas que dependem diretamente da interpretação das formas de relevo, e como elas, são sistemas sujeitos à ação de agentes exógenos, além dos diversos parâmetros morfológicos já citados, a utilização das curvas hipsométricas como mecanismo para avaliar as amplitudes

altimétricas desde a cabeceira até a base, contribuem para a definição dos limites das bacias.

O território municipal possui amplitude altimétrica variando de 75 m à 723 m, sendo os pontos de menor altitude localizados nas calhas dos importantes mananciais hídricos, isto é, em toda a extensão do Rio das Antas, nos rios Jabuticaba (à leste) e Retiro à oeste. Os pontos que registram as maiores altitudes são as terras da extremidade norte e as escarpas da borda do Rio das Antas na extremidade leste e a área urbana.

O valor do intervalo altimétrico indicado no mapa, desconsidera as cotas de 73 m a 100 m, já que elas estão alocadas muito próximas ou dentro da calha do Rio das Antas. Altitudes superiores a 500 m estão restritas a áreas de divisores topográficos situadas no limite das bacias e representam mais de 70% da superfície do território. No geral, o município apresenta uma variação hipsométrica de 647 m.

Os solos do município tem sua litologia diretamente relacionada à hipsometria e eles se apresentam em duas classes distintas na superfície do território, os nitossolos e o neossolo.

Segundo dados do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Embrapa, 2018), os solos do tipo nitossolo, apresentam textura argilosa ou muito argilosa com a presença de pedras na superfície, são profundos, bem drenados e de coloração vermelha a brunada. Esta classe de solos está relacionada ao material de origem, no caso, as rochas basálticas, e a condição para a sua ocorrência está relacionada às condições climáticas, sendo específico das zonas subtropicais com clima frio de altitude.

Solos com teor de alumínio em sua composição possuem permeabilidade restrita, baixa fertilidade e relevo ondulado a fortemente ondulado. Os da categoria húmicos têm a camada superficial rica em matéria orgânica, já os típicos não apresentam características restritivas que implicam no uso e manejo (SANTOS, et al., 2018).

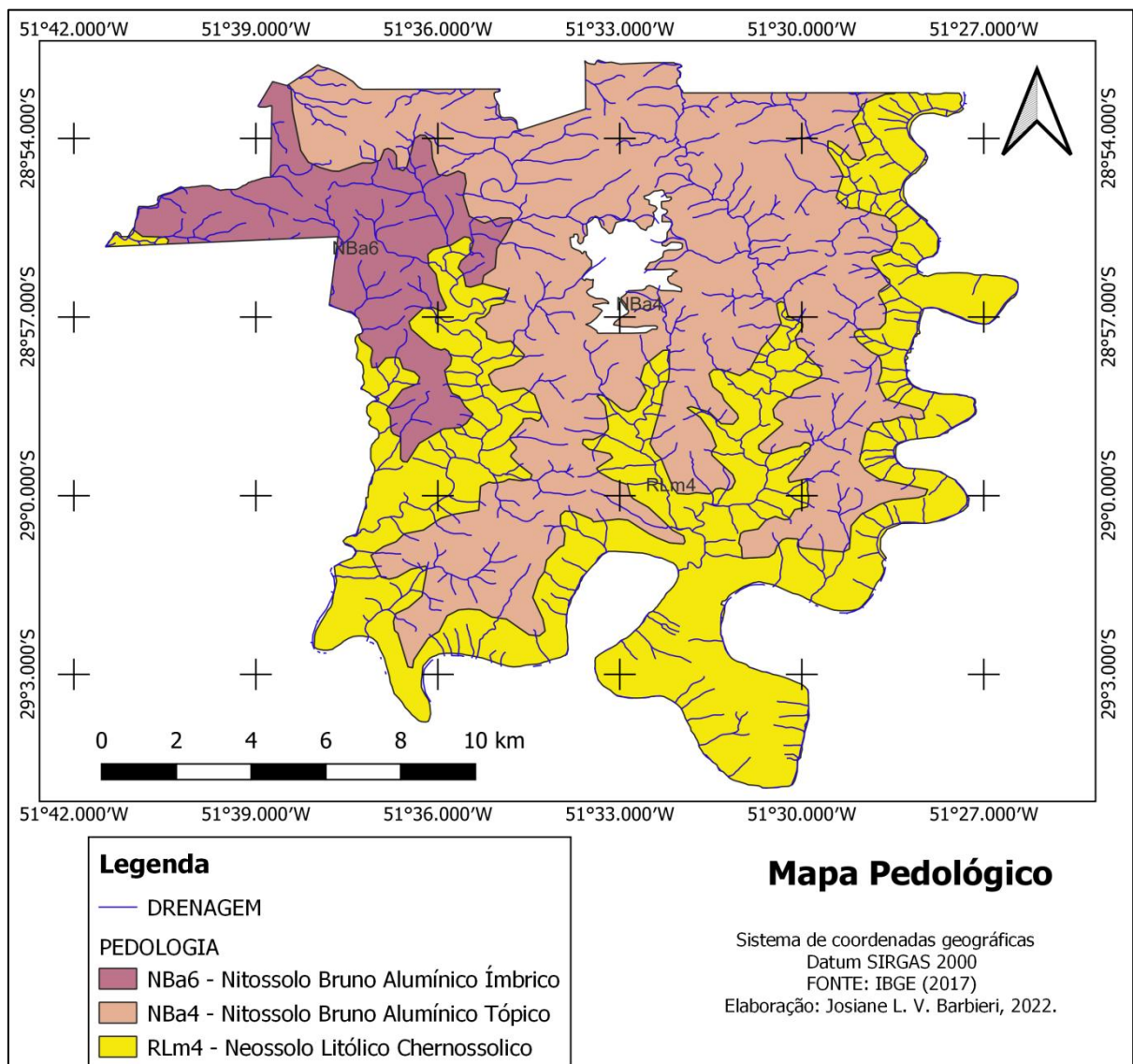
Os neossolos são constituídos por material mineral e orgânico de pequena espessura, que indicam relação aos processos de formação principalmente condicionados à resistência do material de origem (rocha) e fatores como o clima, o relevo e o tempo geológico. Pode-se dizer que são solos pouco evoluídos.

Ainda conforme o SiBCS (Embrapa, 2018), esses solos variam de rasos a profundos, de baixa a alta permeabilidade, de relevo muito movimentado (ondulado

a montanhoso), com material de origem proveniente da decomposição de rochas cristalinas. Nos ambientes mais declivosos os solos mais rasos apresentam forte susceptibilidade aos processos erosivos sendo necessária a prática conservacionista.

No mapa da Figura 76 é possível verificar as duas classificações distintas e as subclasses dos solos em Veranópolis e como elas se distribuem condicionadas as áreas com alta, média e baixa altitude.

Figura 76 – Mapa das classificações dos solos no município de Veranópolis.



Fonte: Modificado de IBGE, 2017.

Na avaliação dos pontos amostrados, observa-se que apenas um deles está localizado em solo do tipo Neossolo, porém neste ponto (nº 19), não foi observada nascente. Ainda, foi observado que no Ponto 4 há uma transição na tipologia do solo

na área da bacia, gradando de nitossolo à montante para neossolo à jusante do ponto amostrado.

Outras áreas com similaridade de gradação de solo desde à montante para a foz em curso d'água de ordem 2, são os pontos números 15, 16 e 18, todos na área leste do município, onde é necessário um cuidado maior com a suscetibilidade ambiental das nascentes.

Assim como a hipsometria (altitude), o solo tem grande influência nos sistemas de drenagem, uma vez que baliza o escoamento preferencial. Solos bem drenados e com permeabilidade alta condicionam a percolação subterrânea, enquanto que solos mal drenados e de permeabilidade baixa, proporcionam o escoamento superficial incorrendo muitas vezes na erodibilidade da superfície.

Tais características da superfície do território são importantes para a definição das delimitações dos divisores de água, das características de escoamento superficial e da resposta hidrológica de uma bacia de drenagem. Além disso, é um importante indicador da fase dos processos erosivos e da densidade de drenagem de determinada área.

6.4 IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA E MORFOLOGIA DAS BACIAS

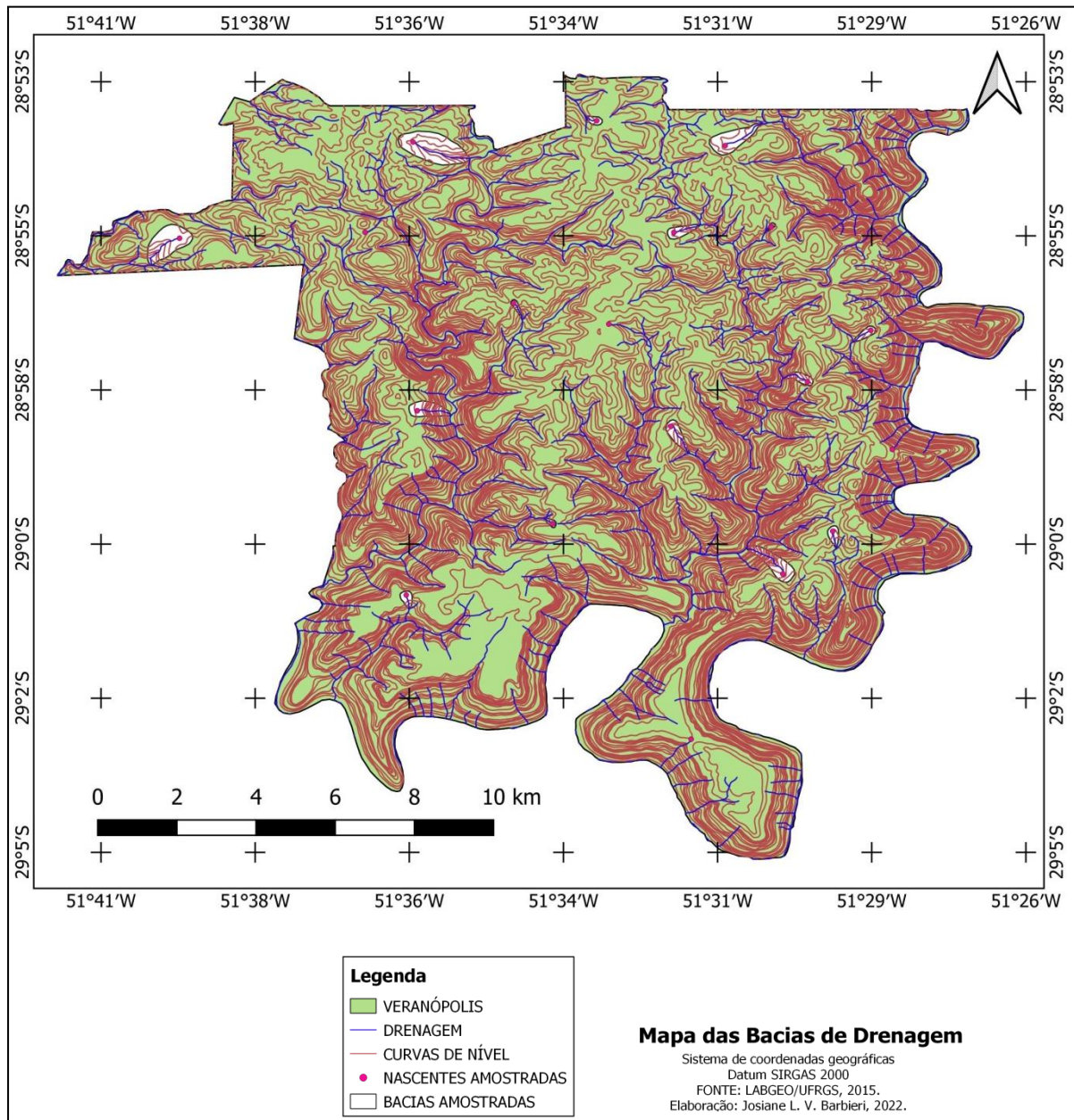
A área de drenagem é um importante conceito a ser computado na busca da definição dos parâmetros hidrológicos de uma bacia hidrográfica (de ANDRADE *et al.*, 2008). Para estimativa da área, que possui como unidade dimensional o km², é computada a superfície horizontal da projeção que se limita nas linhas dos divisores de água.

Cecílio *et al.* (2013) aponta que atualmente, o processo de mapeamento das bacias hidrográficas é realizado de forma automática com o auxílio de SIGs que dispõem de algoritmos e mapas base, sendo possível a modelagem dos dados com o uso das ferramentas computacionais.

Na classificação automática feita no programa de SIG das redes de drenagem amostradas no estudo, extraídas do MDE, determinou-se as áreas e os perímetros das sub-bacias que comportam os rios de primeira ordem, segundo o ordenamento proposto por Strahler (1952).

Observando a Figura 77, pode-se perceber que as sub-bacias cujas extensões superficiais são maiores se localizam nas áreas mais planas do território. Ali as densidades das drenagens também são menos intensas concentrando-se mais à norte e à leste do município.

Figura 77 – Mapa da delimitação das sub-bacias hidrográficas dos pontos amostrados.



Fonte: Modificado de LABGEO/UFRGS, 2015.

As sub-bacias amostradas somaram área superficial de 4,495 km² e cobrem um total de 1,56% do território de Veranópolis. As dezesseis sub-bacias examinadas possuem hierarquia fluvial de primeira ordem de grandeza e são caracterizadas

como bacias pequenas. A maioria dos pontos amostrados pertencem às classes do tipo nitossolos. Nota-se que não há uma relação direta entre as vazões medidas e as áreas superficiais. No Quadro 5 são apresentados os parâmetros morfométricos obtidos através do diagnóstico das micro-bacias amostradas.

Quadro 5 – Síntese dos indicadores morfométricos das sub-bacias do estudo.

Local	Área [km ²]	Perímetro [km]	Kc [km ⁻¹]	Ff	Ic [km]	Vazão
Ponto 1	1,154	4,399	1,15	0,32	0,75	1,25 l/min
Ponto 2	0,778	3,537	1,12	0,45	0,78	463,97 l/min
Ponto 4	0,352	2,558	1,21	0,32	0,68	253,96 l/min
Ponto 5	0,107	1,313	1,12	0,42	0,78	282,18 l/min
Ponto 6	0,045	0,917	1,21	0,32	0,67	30,93 l/min
Ponto 7	0,069	1,364	1,46	0,19	0,46	2,08 l/min
Ponto 8	0,078	1,155	1,16	0,34	0,73	154,65 l/min
Ponto 9	0,193	2,036	1,30	0,25	0,58	41,09 l/min
Ponto 11	0,244	2,399	1,36	0,22	0,53	13,06 l/min
Ponto 12	0,562	3,496	1,31	0,27	0,58	592,58 l/min
Ponto 13	0,027	0,846	1,44	0,21	0,48	17,95 l/min
Ponto 14	0,117	1,579	1,29	0,25	0,59	27,84 l/min
Ponto 15	0,152	1,867	1,34	0,62	0,55	253,42 l/min
Ponto 17	0,120	1,521	1,23	0,30	0,65	121,44 l/min
Ponto 18	0,498	3,378	1,34	0,63	0,55	29,59 l/min

Fonte: Elaboração própria.

As sub-bacias que apresentam as maiores vazões são, em ordem decrescente: as do Ponto 12 e do Ponto 2, com quase o dobro da vazão registrada nos pontos 5, 4 e 15 que registram vazões na ordem de 250 l/min, seguidos dos pontos 8 e 17 com vazões entre 120 l/min e 150 l/min e os demais locais de números 9, 6, 18, 14, 13, 11, 7 e 1 registram as menores vazões.

Os pontos de maiores vazões por coincidência estão localizados a norte do município, onde a densidade de drenagem é menor e a hipsometria é maior porém a amplitude é menor. Na mesma condição de posicionamento geográfico, as sub-bacias que ocupam maior área dentro do território do município são, a do ponto 1, 2 e a do ponto 12, ambas na condição de localização norte.

As bacias, em geral, variam muito no seu formato, já que ele depende da estrutura geográfica do terreno. Além da condição geográfica, Villela e Mattos (1975) pontuam que:

Em geral as bacias hidrográficas de grandes rios apresentam a forma de uma pera ou de leque, mas as pequenas bacias variam muito no formato, dependendo da estrutura geológica do terreno. (VILLELA e MATTOS, 1975, p. 13, Cap. 2).

A predominância das sub-bacias do estudo apresenta a forma mais alongada com algumas representantes em formato arredondado. Os índices utilizados para determinar a forma das bacias, mostram que o coeficiente de compacidade em todas as bacias registra valores acima de $1,0 \text{ Km}^{-1}$, chegando a $1,46 \text{ km}^{-1}$.

Villela e Mattos (1975) afirmam que, em locais cujo coeficiente de compacidade calculado apresente valor igual a 1, as bacias possuem formato circular e, quanto mais irregular for a forma da bacia, maior será o registro do coeficiente de compacidade no cálculo e menor a probabilidade da ocorrência de cheias. Neste caso, merece atenção as sub-bacias de números 1, 2 e 5 que apresentaram valor de K_c entre 1,12 e 1,15 e portanto, coeficientes que indicam bacias mais compactas e que tendem a concentrar o escoamento desta forma, são mais susceptíveis a inundações.

O fator forma, índice que leva em consideração a área e a medida axial, é outro índice que determina a probabilidade de enchente de uma bacia. O estudo demonstrou valores razoavelmente baixos para a maioria dos pontos, o que indica menor tendência para enchentes. Quanto mais alto o valor do fator forma, maior a chance de enchente na bacia, já que ela possui características mais arredondadas.

Neste caso merece destaque a sub-bacia dos pontos 18 e 15 que registraram os maiores valores de F_f , 0,63 e 0,62 respectivamente. Esse indicativo é adequado para a condição física das nascentes já que ambas se encontram em local de alta amplitude hipsométrica entre as terras à montante e a desembocadura. Pode-se dizer que elas possuem susceptibilidade de cheias na ocorrência de chuvas intensas.

Todavia, cabe salientar que Lorenzon (2015) afirma que não é plausível indicar a relação da forma de uma bacia apenas com a possibilidade de enchentes já que outros fatores são relevantes. Se avaliado do ponto de vista da pluviometria, quanto mais alongada for a forma da bacia, menos chuva por unidade de área contribui no mesmo espaço de tempo ao curso hídrico, assim, menor a probabilidade de enchente.

6.5 PLUVIOMETRIA DO INTERVALO AMOSTRAL

Para Rocha e Santos (2018), alterações interanuais no regime hidrológico de sistemas hídricos são reflexos da variabilidade pluviométrica (climática), e das interferências antrópicas que alteram a cobertura do solo. Com a intensificação dos processos de desmatamento, a substituição por plantios culturais e o desenvolvimento da pecuária ao longo do tempo, há a modificação das relações hidrológicas na interface precipitação - escoamento fluvial.

Com o objetivo de tentar interpretar as condições das áreas de estudo de modo que houvesse a menor interferência possível da pluviosidade no sistema hidrológico, de forma a apontar situações de localização incorreta e de drenagem efêmera sendo avaliada como perene, os registros pluviométricos diários do município foram avaliados.

A busca pelo equilíbrio do sistema teve por princípio acompanhar o regime das chuvas, a fim de selecionar as datas das amostragens de campo de forma que houvesse um intervalo de no mínimo três dias sem evento climático que pudesse comprometer nas análises.

Assim, foi requerido no Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA/SEAPDR) de Veranópolis/RS os registros do período a fim de comparar com os resultados das amostragens realizadas neste estudo. Os registros da estação meteorológica da CEFRUTI em setembro, outubro e novembro de 2022 são apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 – Dados pluviométricos entre setembro e novembro de 2022, no município de Veranópolis - RS.

Mês	Setembro	Outubro	Novembro
Data	Precipitação		
01	0,0	0	0
02	15,8	0	0
03	0,0	0	0
04	0,0	0	0
05	0,0	0	0
06	7,2	24,8	8,8
07	0,0	11,6	0
08	0,0	0	0
09	12,6	0	0
10	1,6	22,6	0

11	1,8	8,4	0
12	1,0	1,4	7,8
13	0,0	0	1,6
14	0,0	0	8
15	0,0	0	0
16	0,0	0	0
17	0,0	0	0
18	0,0	2,4	0
19	33,2	0	0
20	0,0	7,8	0
21	20,2	11,2	15,8
22	3,8	0	6,4
23	0,0	0	0
24	0,0	0	0
25	0,0	0	0
26	0,0	0	0
27	0,0	1	0
28	0,0	0	0
29	0,0	0	0
30	7,8	0	5,2
		30,8	
Σ	105,0	122,0	53,6

Fonte: CEFRUTI/DDPA/SEAPDR, 2022.

A análise dos dados pluviométricos mostram que o somatório registrado nos meses do estudo, apresentaram valores bem menores de chuva que as médias da curva climatológica dos dados históricos da região de 1956 à 2015 apresentados na Figura 13. A diferença entre o precipitado e a média histórica é da ordem de 58,01% no mês de setembro, 74,85% no mês de outubro e 39,26% no mês de novembro.

Isto significa que em todos os meses que englobam o estudo, houve um déficit na quantidade de chuva na região, o que indica que a inexistência das nascentes nos pontos apontados nos mapas base, isto é, nos locais de números 3, 10, 16 e 19, podem estar relacionados à nascentes em condição de efemeridade.

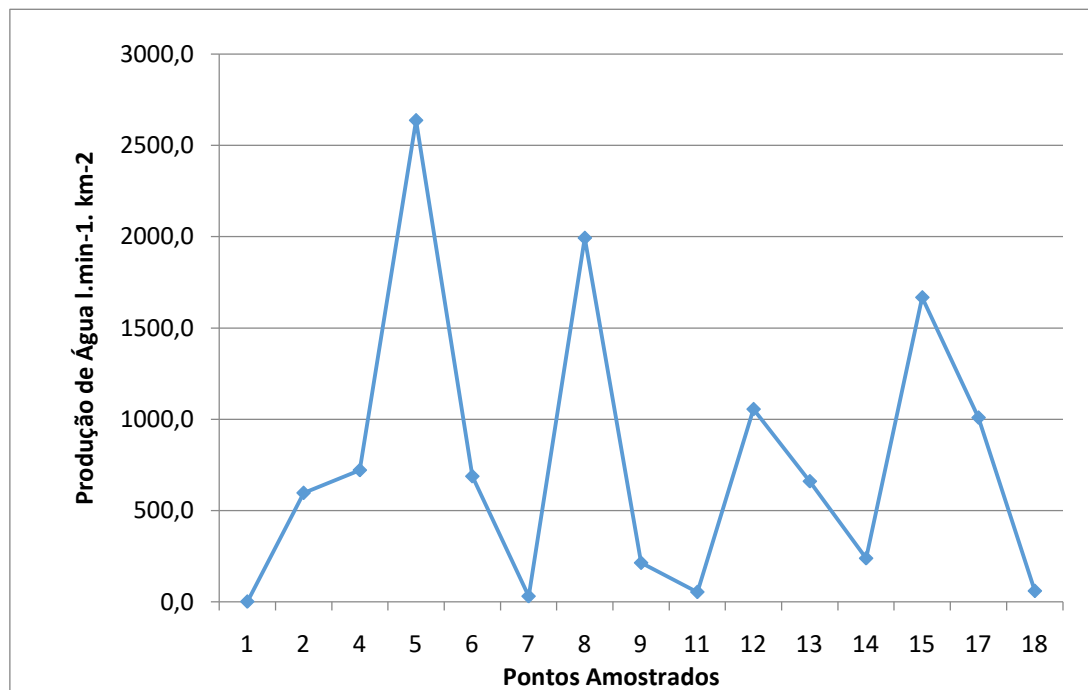
Notadamente o fato de haver uma precipitação abaixo da média atrapalha na determinação de um balanço hídrico, além disso, os valores de vazão amostrados nos outros pontos, em situação de normalidade climática poderiam apresentar valores maiores, portanto é necessário um acompanhamento mais estendido quando se visa entender as dinâmicas das variáveis hidrológicas.

O déficit na pluviosidade de setembro a novembro de 40% a 75%, podem representar o mesmo decaimento nas vazões amostradas, representando locais cujos potenciais poderiam ser maiores.

Visualmente, as diferenças nos sistemas hídricos devido a baixa precipitação mensal não foram identificadas, o que demonstra que mesmo com a dificuldade climática a maioria das nascentes provia recurso se necessário.

Na figura 78 são apresentados os dados da produção de água para cada um dos pontos amostrados. Esse dado considera a relação entre a vazão medida e a unidade de área da sub-bacia. O gráfico mostra que o local onde houve a maior produção de água foi no Ponto 5, seguidos do 8, 15, 17 e 12.

Figura 78 – Mapa da produção de água nos pontos amostrados.



Fonte: Elaboração própria.

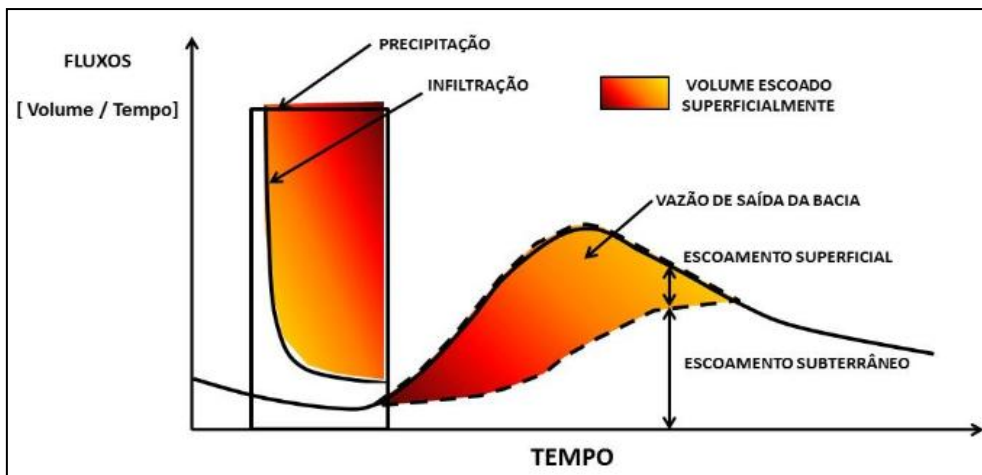
Os demais, merecem destaque os pontos 1 e 7 que apresentaram os menores valores, seguidos dos pontos 11, 18 e 14 em ordem crescente. O maior valor registrado foi de 2637,2 l.min⁻¹.km⁻² e o menor valor foi de 1,1 l.min⁻¹.km⁻²

No sistema físico da bacia hidrográfica, a entrada representa o volume de água que é precipitado e a saída é o volume de água escoado. Excluindo-se os valores de evapotranspiração que normalmente correspondem a valores relativamente baixos se comparado aos demais, a única forma de entrada, é a precipitação, e saída, dada pelo *runoff* (descargas). Nas grandes bacias, o regime

de *runoff*, é geralmente baseado nas descargas médias mensais e possibilita a avaliação da sazonalidade e podem ser controlados pelos efeitos climáticos, aproximando os valores padrões aos da precipitação e da circulação atmosférica. No entanto, aspectos do meio físico e a cobertura do solo interagem com o sistema determinando padrões espaciais e naturalmente sazonais que variam o *runoff* (PETTS e FOSTER, 1990; ROCHA e SANTOS, 2018).

Assim, a resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica é obtida pela transformação de uma entrada de volume concentrado no tempo (precipitação) em uma saída de água (escoamento) de forma mais distribuída no tempo, o *runoff*.

Figura 79 – Resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica.



Fonte: Paiva, 2016.

Para efeitos da estimativa de *runoff*, a média máxima e mínima anual podem indicar as possíveis variações ao longo da série histórica da estação. A avaliação desses aspectos são importantes como indicativo das relações entre o homem e o ambiente, revelando as alterações promovidas no âmbito da intensidade e qualidade da relação entre a precipitação e as descargas nas bacias hidrográficas (ROCHA e SANTOS, 2018).

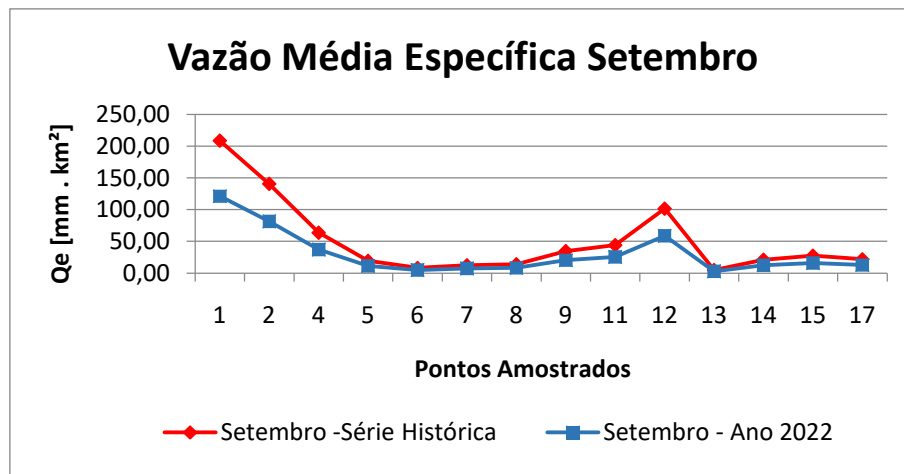
Para o cálculo da “entrada” no sistema, a precipitação média na bacia através da média das precipitações no município, ponderada pela área de influência, gera resultados que podem ser comparados com os dados da referência histórica da precipitação. O relacionamento obtido entre a precipitação média no mês de referência e na série histórica com a área de drenagem das bacias indica o valor da

vazão específica média (Q_e), isto é, o volume total de água que precisa escoar no sistema de forma distribuída.

Considerando a média histórica da precipitação anual no período de 1956 a 2015, e os dados obtidos nos meses hidrológicos dos estudos, isto é, meses de setembro a novembro, a vazão média específica (Q_e) da resposta da precipitação nas bacias de drenagem dos rios de primeira ordem amostrados no estudo estão representados em gráficos.

A Figura 80 apresenta os resultados referentes ao mês de setembro.

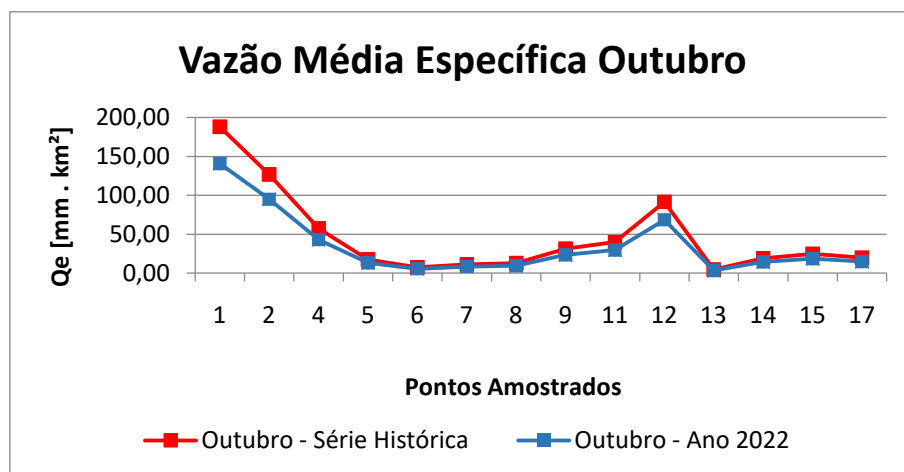
Figura 80 – Vazão média específica (Q_e) de setembro nas bacias amostradas.



Fonte: Elaboração própria.

O gráfico da Figura 81 apresenta os dados obtidos na Q_e em referência ao mês de outubro.

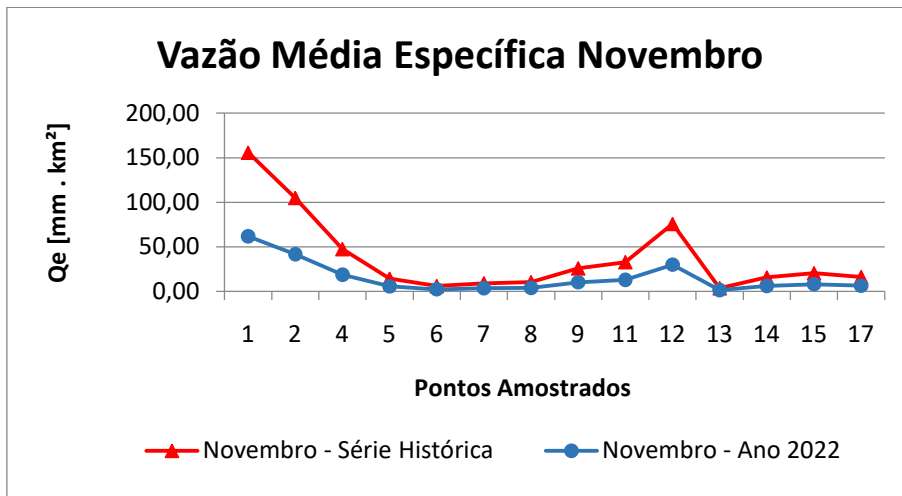
Figura 81 – Vazão Média Específica (Q_e) de outubro nas bacias amostradas.



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 82 representa os resultados da Qe do mês de novembro.

Figura 82 – Vazão Média Específica (Qe) de novembro das bacias amostradas.



Fonte: Elaboração própria.

A análise da variação espacial da produção hídrica por unidade de área nas sub-bacias hidrográficas, mostram que as vazões dos dados nos pontos amostrados apresentaram valores inferiores aos do período hidrológico da série histórica. Tal fato se deve a quantidade precipitada de setembro a novembro que indicou índices inferiores aos da série histórica.

O fato de apresentarem uma precipitação menor e, portanto, uma vazão menor que a média, pode ter influenciado na inobservância das nascentes dos pontos 3, 10, 16 e 19, sendo eles possivelmente casos de nascentes efêmeras. Todavia, para confirmação, seria necessário o acompanhamento das amostras de forma a abranger todas as estações do ano, já que este ano se mostra atípico.

Tal afirmação se deve, uma vez que os dados da média histórica, mostram que os meses com pluviosidade mais intensa para o município são justamente os de setembro e outubro, registrando respectivamente 181 mm e 163 mm e portanto, se houvesse caso de efemeridade, ela deveria se mostrar mais evidente justamente nos períodos com maior pluviosidade.

7 CONCLUSÕES

O estudo mostrou que fator climático da precipitação, a localização geográfica e a hipsometria contribuem diretamente na análise dos tipos de sistemas hídricos de uma área e o regime de vazões que ela apresenta.

No que tange a caracterização fisiográfica das áreas, se observou que os locais apontados na BCRS25 da SEMA, apresentaram deslocamento espacial do ponto amostrado em campo, principalmente onde a fisiografia mostra a presença de nascentes do tipo pontuais. Tal diferença pode ter sido observada pelos erros dos equipamentos utilizados no estudo.

Já nos casos de nascentes difusas em reservatório, seja ele naturalmente instituído ou modificado antropicamente, os pontos locais fornecidos pela base cartográfica são bastante precisos espacialmente.

O uso de SIG permitiu identificar dados e produzir registros cartográficos quanto a geologia, geomorfologia, hipsometria, drenagens, e uso do solo. Além disso, permitiu conduzir os estudos de delimitação das bacias hidrográficas e obter seus parâmetros morfológicos.

Com o uso desta ferramenta foi possível também observar as condições ambientais de cada área, assim como avaliar as condições do uso do solo. A análise resultou na demonstração da intensificação pelo uso agrícola na maioria dos locais amostrados, sendo alguns deles preservados e outros não. Os locais onde há maior cuidado com o corpo hídrico, seja pela necessidade de uso da água para abastecimento humano, seja pela existência de vegetação natural, apresentaram a produção de água por unidade de área da bacia maior.

Nota-se que não há uma relação direta entre as vazões medidas e as áreas superficiais. As maiores vazões medidas foram nos locais dos pontos 12 e 2, com quase o dobro da vazão registrada nos pontos que registraram as vazões da terceira e quarta posição. Os pontos 7 e 1 registraram as menores vazões medidas.

A caracterização morfométrica possibilitou identificar que, as sub-bacias hidrográficas que indicam uma maior propensão à ocorrência de enchentes estão localizadas nos pontos 1, 2, 5, 15, e 18, sejam eles em função do coeficiente de compacidade (K_c) ou pelo fator forma (F_f).

As precipitações da série histórica mostraram que a pluviosidade nos meses amostrados foi inferior à média registrada nas bibliografias locais, isso também indica que as vazões medidas em comparativo com esses dados foram inferiores, o que pode ter interferido na análise espacial das nascentes que não foram encontradas na campanha de campo, ou que estavam deslocados da posição fornecida nas bases cartográficas utilizadas.

Desta forma, estudos mais aprofundados dos sistemas hídricos e das variáveis de aporte devem ser realizados a fim de monitorar esses locais a longo prazo.

A análise de cunho geográfico das variações espaço-temporais da produção hídrica específica como uma variável do escoamento, é essencial como suporte às ferramentas de gestão. Como mostram os estudos, alguns locais avaliados não apresentam situação de nascente perene, e assim podem dificultar a tomada de decisões caso seja necessária alguma intervenção nessas áreas.

O estudo também mostrou que muitas das APP's vêm sofrendo desmedidas interferências humanas. Há uma intensa ocupação dentro dos perímetros de preservação das nascentes, o que acaba por alterar o ciclo hidrológico. Tal fato, requer medidas que possam contribuir para a remediação ambiental e proteção dessas áreas já que elas são indispensáveis à sustentabilidade da sociedade.

O estudo se mostrou complementar como ferramenta para o desenvolvimento de ações de gestão ambiental para o município, podendo ser utilizado para identificar locais ambientalmente sensíveis ou contribuir como metodologia para análise nos demais locais que não foram amostrados.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 153 p. Disponível em: < <https://books.google.com.br/books?id=ckbBFiZrjroC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>> Acesso em: 10 Mai. 2022.

ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R. 2016. Inundações marinhas fanerozóicas no Brasil e recursos minerais associados. *In: Matesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C. D. R.; Brito-Neves, B. B. de (org.) Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. 1. Ed. Beca, 2016. p. 43 – 58. Disponível em: < <https://geologia.ufc.br/wp-content/uploads/2016/02/geologia-do-continente.pdf>> Acesso em: 06 de Jul. 2022.

ALVAREZ, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Vol. 22, n. 6. p. 711–728. Jan. 2014. Disponível em: < <https://content5.schweizerbart.de//download/3jClj3ZG2F1zareynrws92oXpLINYi>> Acesso em: 07 de Jul. 2022.

ANA – Agência Nacional de Águas. Coleção Gestão da Informação sobre Recursos Hídricos: tecnologia da informação e sistemas de informação. s.d. Org. ALMEIDA, F. C. de; FERREIRA, A. C.; Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicado a Recursos Hídricos. Disponível em: < https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/98/1/Unidade_1.pdf > Acesso em: 12 Jul. 2022.

de ANDRADE, N. L. R.; XAVIER, F. V.; ALVES, E. C. R. de F.; SILVEIRA, A.; de OLIVEIRA, C. U. R. Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do Rio Manso – MT. **Rev. Geociências**. UNESP, São Paulo. v. 27, n. 2, p. 237 – 248, 2008. Disponível em: < <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/3362/2820> > Acesso em: 29 Nov. 2022.

BARBOSA, L. C.; LIMA, R. B.; ANDRADE, S. P. de. 2019. Identificação, Georreferenciamento e Análises das Nascentes d'água no Município de Areal em Relação às Características Físico-químicas Organolépticas e Microbiológicas. **Revista Diversidade de Gestão**. V. 3 (1). P. 38-46. Disponível em: < https://itr.ufrjr.br/diversidadeeegestao/wp-content/uploads/2019/09/DG040_Barbosa_et_al.pdf > Acesso em: 12 Jun. 2022.

BASTOS, M. Pico do Monte Claro. **Trilhas Conectam**. 19 Dez. 2020. Disponível em: < <https://trilhasconectam.com.br/pico-do-monte-claro-veranopolis/> >. Acesso em: 28 Nov. 2022.

BAÚ, D. 2016. **Áreas potenciais à captação de água subterrânea no sistema Aquífero Serra Geral, Estado do Paraná, Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 69 p.

BERGER, M. V. S. 2007. **Delimitação de áreas de preservação permanente e definição de classes de enquadramento via SIG – Estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Córrego do Ouro**. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação do Departamento de Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 92 p.

BOHRER, R. E. G.; VASCONCELOS, M. de C., SIPPERT, L., BISOGNIN, R.; de SOUZA, E. L. Study and Implementation of the Discharge Management Project of Main Headwater of Lajeado Erval Novo. **Rev. Monografias Ambientais**. P. 108-111, 2015. ISSN: 22361308. Disponível em: < <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/18729/pdf> > Acesso em: 26 Nov. 2022.

BOMBASSO, M.; ROBAINA, L. E. de S. Contribuição Geográfica para o Estudo das Inundações na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas, RS. **Geografias**. Belo Horizonte. V. 06(2). P.69-86. Jul-Dez. de 2010. Disponível em: < <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13297/10529> > Acesso em: 12 Jul. 2022.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.651 de 25/05/2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm > Acesso em: 20 Jun. 2022.

BRITO, F.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Regionalização sazonal e mensal da precipitação pluvial máxima no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 2, n. 2, p. 35 - 51, 2006. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v2i0.25385>> Acesso em: 07 Jul. 2022.

BRUBACHER, J. P. 2021. **Banco de dados de precipitação para análise espaço-temporal integrada para o estado do Rio Grande do Sul, Brasil.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 175 p. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10183/224104>> Acesso em: 07 Jul. 2022.

BUARQUE, D. C. **Extração automática de parâmetros físicos de bacias hidrográficas a partir do MNT para utilização em modelos hidrológicos.** IPH. UFRGS. Porto Alegre/RS. Disponível em: < https://professor.ufrgs.br/sites/default/files/collischonn/files/trabalho_final_diogo.pdf> Acesso em: 28 Nov. 2022.

CALHEIROS, R. O. *et al.* **Cadernos da Mata Ciliar n. 1:** preservação e recuperação das nascentes, de água e vida. São Paulo: SMA, 2009. 35 p. Disponível em: < https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Cadernos_Mata_Ciliar_1_Preservacao_Nascentes.pdf > Acesso em: 13 Jul. 2022.

CARDOSO, N.; MORAES, J. dos S. Restauração de Nascentes. **Rev. Águas Subterrâneas.** 20 Set. 2004. Disponível em: < <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23620>> Acesso em: 26 Nov. 2022.

CAMARA, G. DAVIS, C. MONTEIRO, A. M. V. 2001. **Introdução à ciência da geoinformação**. INPE. São José dos Campos. Disponível em: < [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4108352/mod_resource/content/1/CAMARA %20Intoducao%20Ciencia%20Geoinformacao.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4108352/mod_resource/content/1/CAMARA%20Intoducao%20Ciencia%20Geoinformacao.pdf)> Acesso em: 30 Jul. 2022.

CECÍLIO, R. A.; COUTINHO, L. M.; XAVIER, A. C.; MOREIRA, M. C.; ZANETTI, S. S.; GARCIA, G. de O. Delimitação da bacia hidrográfica em região montanhosa a partir de diferentes modelos digitais de elevação. **Semina: Ciências Agrárias**, vol. 34, núm. 5, sep-oct, 2013, p. 2007-2023. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744135002.pdf>> Acesso em 29 Nov. 2022.

CEDFELDT, P. T.; WATZIN, M. C.; RICHARDSON, B. D. Using GIS to identify functionally significant wetlands in the northeastern United States. **Environ Manage.** V. 26. N. 1. P. 13-24. Jul. 2000. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10799637> > Acesso em: 22 Jun. 2022.

CEFRUTI/DDPA/SEAPDR. **Dados Pluviométricos**. Planilha Própria Institucional. Disponibilizada por e-mail pessoal. Nov.2022.

CPRM. 1998. **Mapeamento geológico integrado da bacia hidrográfica do Guaíba: carta geológica: Folha SH.22-V-B – Passo Fundo**. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. Porto Alegre (Brasil), 1 mapa colorido. Escala 1:250.000. Material cartográfico.

COSTA, T. C. e C.; de SOUZA, M. G.; BRITES, R. S. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente, por meio de um sistema de informações geográficas (SIG). **Anais: VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Salvador, Brasil. Abr. 1996. INPE, p. 121-127. Disponível em: < <http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/01.27.16.17/doc/T48.pdf>> Acesso em: 02 dez. 2022.

COSTA, E. B. da S.; SILVA, M. L. Análise morfométrica das bacias hidrográficas do Educandos e São Raimundo na região de Manaus – AM. **XX Jornada de IC PIBIC INPA**. Manaus, 2011.

DUTRA, M.; MÜLLER, J. Uso de sistema de informações geográficas – SIG na avaliação dos impactos ambientais sobre o banhado do rio dos sinos no município de Campo Bom – RS. **Rev. IC da ULBRA**. Canoas n. 15, p 5-16. 2017. Disponível em: < <https://doi.org/10.4322/ic.v1i15.3090> > Acesso em: 03 dez. 2022.

FAN, F. M.; COLISCHONN, W.; SORRIBAS, M. V.; PONTES, P. R. M. Sobre o Início da Rede de Drenagem Definida a Partir dos Modelos Digitais de Elevação. **RNRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. V. 18. N. 3. P. 241-257. Jul/Set. 2013. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10183/229588> > Acesso em: 11 Jul. 2022.

FELIPPE, M. F. **Gênese e dinâmica de nascentes: contribuições a partir da investigação hidrogeomorfológica em região tropical**. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2013. 254 p. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/1843/IGCC-9GQJDJ> > Acesso em: 08 Dez. 2022.

FELIPPE, M. F. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte-MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrologicas e ambientais**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2009. 277 p. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/1843/MPBB-83CPWN> > Acesso em: 11 Jul. 2022.

FELIPPE, M. F. *et al.* Nascentes antropogênicas: processos tecnogênicos e hidrogeomorfológicos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 4, p. 279–286, 2013. Disponível em: < <https://doi.org/10.20502/rbg.v14i4.210> > Acesso em: 12 Jul. 2022.

FELIPPE, M.; LAVARINI, C.; PEIFER, D.; DOLABELA, D.; MAGALHÃES, A. Jr. Espacialização e caracterização das nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte-MG. **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Nov. 2009 -

Campo Grande – MS. Disponível em: < https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/ce53f01dd96a42fd4e86dc865404979f_f095d2d84dcd56320085481cb75d29a6.pdf> Acesso em: 12 Jul. 2022.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JR., A. P. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. **Revista Geografias**, v. 9, n. 1, p. 70 – 81, Jan-Jun 2013. Disponível em: < <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13354/10586> > Acesso em: 12 Jul. 2022.

FERREIRA, G. H. S. **Identificação de Áreas Inundáveis na Porção Sul de Roraima com Auxílio de Imagens de Radar**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geografia. Universidade de Brasília. Brasília-DF. 2018. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/33928/1/2018_GustavoHenriqueSoaresFerreira.pdf> Acesso em: 22 Jun. 2022.

FILHO, M. R. F.; SOUZA, M. J. N. 2005. Análise geoambiental com aplicação de geotecnologias nas nascentes do riacho dos Macacos: bacia do rio Acaraú-CE. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2161-2168.

GARCIA, J. M.; MANTOVANI, P.; GOMES, R. C.; LONGO, R. M.; DEMANBORO, A. C.; BETTINE, S. do C. Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. **Rev. Sociedade e Natureza**. v. 30, n. 1, p. 228-254, Jan. – Abr. 2018. Disponível em: < DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/SN-v30n1-2018-10>> Acesso em: 27 Nov. 2022.

GONÇALVES, S. R. A.; CUNHA, C. N.; JUNK, W. J. Etapas prioritárias para uso de Dados Remotos e Sistemas de Informações Geográficas em Planejamento de Inventário, Avaliação e Monitoramento de Áreas Úmidas. In: **Biodiversidade Brasileira**. n.2, p. 86-96. 2019. Disponível em: < <https://core.ac.uk/download/pdf/270207583.pdf> > Acesso em: 02 dez. 2022.

HAUSMAN, A. 1995. Províncias Hidrogeológicas do Estado do Rio Grande do Sul, RS. Estudos Tecnológicos: **Acta Geológica Leopoldensia**, Série Mapas. Nº 2. P-1-127.

HORBACH, R.; KUCH, L.; MARIMON, R. G.; MOREIRA, H.L.; FUCK, G. F.; MOREIRA, M. L. O.; MARIMON, M. P. C.; PIRES, J. de L.; VIVIAN, O.; MARINHO, D. de A; TEIXEIRA, W. Geologia. **Projeto RADAM/BRASIL**. Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 1986, il (Levantamento dos Recursos Naturais, V.33), p.25-312.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. Veranópolis. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/veranopolis/panorama> > Acesso em: 02 Jul. 2022.

IBGE. Carta Geomorfológica 1:250.000 SH.22-V-B Passo Fundo 2003. Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/mapas/escala_250_mil/sh22vb_geomorfologia_2003.pdf> Acesso em: 06 mai. 2022.

JACOBI, R. P.; BARBI, F.. Democracia e participação na gestão dos recursos hídricos no Brasil. **Ver. Katálysis**. Florianópolis. V. 10 n. 2. p. 237-244 jul/dez 2007. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S1414-49802007000200012> > Acesso em: 03 dez. 2022.

JUNGES, A. H. Caracterização climática da temperatura do ar em Veranópolis, Rio Grande do Sul. **Agrometeoros**. v. 26, n. 2, p. 299-306, Dez. 2018. Disponível em: < <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/agrometeoros/article/download/26411/14570>> Acesso em: 07 Jun. 2022.

JUNGES, A. H.; BREMM, C.; FONTANA, D. C.. Rainfall climatology, variability, and trends in Veranópolis, Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia**

Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB. V. 23, n. 3, p. 160 – 166, 30 Jan. 2019.

JUNGES, A. H.; SANTOS, H. P.; GARRIDO, L. R. Condições meteorológicas de outubro a dezembro de 2021, prognóstico climático para janeiro-fevereiro-março de 2022 e recomendações fitotécnicas para vinhedos. **Boletim agrometeorológico da Serra Gaúcha.** EMBRAPA. Ed. Jan 2022. 21 p. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1139037/1/Bol-agromet-Jan2022.pdf>> Acesso em: 07 Jul. 2022.

JUSTUS, J. de. O; MACHADO, M. L. de; FRANCO, M. do. S. M. Geomorfologia. **Projeto RADAM/BRASIL.** Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguaiana e Sl. 22 Lagoa Mirim : geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 1986, il (Levantamento dos Recursos Naturais, V.33), p.313-404.

KRESIC, N.; STEVANOVIC, Z. **Groundwater Hydrology of Springs: Engineering, Theory, Management and Sustainability.** Butterworth-Heinemann, 2009, 592p. Disponível em: < <https://books.google.com.br/books?id=xDZHzb42BPgC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false> > Acesso em: 22 Jul. 2022

LAURENTIS, D. G.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Simulação da qualidade de água em grandes bacias: Rio Taquari-Antas, RS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** V. 13. N. 3. P. 05-22. Jul/Set. 2008. Disponível em: < https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/14/cb3e9b2ce2b8ec3644cf4472ee933177_351582c6184e241ba62f72a8775938e8.pdf> Acesso em: 10 Mai. 2022.

LEAL, M. S.; TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; MNGOTI, R. Caracterização Hidroambiental de Nascentes. **Revista Ambiente & Água.** V. 12. N. 1. Taubaté. Jan./Fev. 2017. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/SdCmZSRf6NjVktjxN8cVLft/?lang=pt> > Acesso em: 22 de Jun. 2022.

LEINZ, V. 1949. Contribuição à Geologia dos Derrames Basálticos do Sul do Brasil. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras**. Universidade de São Paulo, v.3, n. 5. 61p.

LEITE, M. E.; ROCHA, A. M.. Sistema de Informações Geográficas (SIG) aplicado ao cálculo de índices morfométricos em bacia hidrográfica. **Rev. Geo UERJ**. Rio de Janeiro, n. 28, p. 44-65, 2016. Disponível em: < <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/18520/16430> > Acesso em: 28 Nov. 2022.

LELI, I. T.; STEVAUX, J. C.; NÓBREGA, M. T. da. Produção e Transporte da Carga Suspensa Fluvial: teoria e método para os rios de médio porte. **Boletim de Geografia**. Maringá. V. 28. N. 1. P 43-58. Set. 2010. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/269567437>> Acesso em: 12 Jun. 2022.

LISBOA, N. A., DANI, N., REMUS M. V. D., CASTRO J. Síntese da ocorrência geológica das águas subterrâneas do Rio Grande do Sul. **Anais. XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. 2004. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/23638/15719/85707>>. Acesso em: 06 Mai. 2022.

LORENZON, A. S.; FRAGA, M. de S.; MOREIRA, A. R.; ULIANA, E. M.; SILVA, D. D. da; RIBEIRO, C. A. A. S.; BORGES, A. C. Influência das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Benevente nas enchentes no município de Alfredo Chaves-ES. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, vol. 10, n. 1, p. 195-206, 2015. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/pdf/928/92832874018.pdf> > acesso em: 22 nov. 2022.

LUZ, F. R. da;. Morfologia e padrões texturais dos basaltos da Formação Serra Geral na região de Veranópolis-RS. **Salão UFRGS 2013: SIC - XXV Salão de Iniciação Científica da UFRGS**. 2013. Disponível em: < https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/92395/Resumo_31294.pdf?sequence=1> Acesso em: 10 Mai. 2022.

MACEDO, R. R.; MENDES, R. L. R.; COSTA, T. Sistema de Informação Geográfica (SIG) Aplicado à Gestão de Recursos Naturais. Atlas do Aproveitamento de Água da Chuva nas Ilhas de Belém – iniciativas, demandas e potencialidades. **Revista Geo UERJ**. Rio de Janeiro. N. 32. E. 29876. 2018. Disponível em: < <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/download/29876/25262>> Acesso em: 13 Jul. 2022.

MAGALHÃES Jr., A. P., MACEDO, D. R. Percepção social no programa de restauração de cursos d'água urbanos em Belo Horizonte. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia. 23 (1). P. 51-63. Abr, 2011. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/S1982-45132011000100005>> Acesso em: 13 Jun. 2022.

MANOEL, J. L.; ROCHA, P. C.. Levantamento e análise comparativa dos padrões de drenagem das bacias hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe. **In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. EBOOK. P. 64-74. v. 1. 2017. Disponível em: < <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1778> > Acesso em: 26 Nov. 2022.

MELLER, J. 2011. **Mapeamento de áreas úmidas e banhados na microbacia do Rio Amandaú, região noroeste do Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Geomática. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 96 p.

MENEGAT, R.; PORTO, M. L.; CARRARO, C. C.; FERNANDES, L. A. D. **Atlas Ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1998. Disponível em: < https://www.ufrgs.br/atlas/atlas_digital.html> Acesso em: 05 Jun. 2022.

MENSAH, J. H. R.; LIMA, R. H. de S.; PONS, N. A. D. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanentes (APPs) na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Rosário em Delfim Moreira (MG): um subsídio à preservação ambiental. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**. V. 7. N. 4. P 441-451. 2018.

NIMER, E. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística, vol. 5, 545 p. 1977. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=281436&view=detalhes>>
Acesso em: 07 Jul. 2022.

NARDY A. J. R., OLIVEIRA M. A. F., BETANCOURT R. H. S., VERDUGOS D. R., MACHADO F. B. 2002. Geologia e Estratigrafia da Formação Serra Geral. **Geociências**, 21(1):15-32.

NARDY A. J. R, MACHADO F. B., OLIVEIRA M. A. F.. As Rochas vulcânicas mesozoicas ácidas da Bacia do Paraná: litoestratigrafia e considerações geoquímico-estratigráficas. **Revista Brasileira de Geociências**. 38(1): 178-195, março de 2008.

OLIVEIRA, J. C.; TORRES, T. L.; NETO, S. L.; BECEGATO, V. A. Modelagem de Dados Geográficos: aplicação na gestão de áreas de preservação permanente. **Revista Geográfica Acadêmica**. v. 7, n. 2, p. 22-30, 2013. Disponível em: <<https://revista.ufrr.br/rga/article/view/2989> > Acesso em: 13 Jul. 2022.

OLIVEIRA, M. C. de P.; OLIVEIRA, B. T. Á.; DIAS, J. de S.; MOURA, M. N.; SILVA, B. M.; SILVA, S. V. B. e; FELIPPE. M. F. Avaliação Macroscópica da Qualidade das Nascentes do Campus da Universidade Federal de Juiz de Fora. **Revista de Geografia**. V. 3. N. 1. P. 1-7. 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/17930/9237> > Acesso em: 22 Jun. 2022.

OLIVEIRA, T. G. de.; FRANCISCO, C. N. 2018. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente e Mudanças no Código Florestal. **Caderno de Geografia**. V. 28, n. 53. 2018. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/17510/13326>>
Acesso em: 22 Jun. 2022.

ORLANDI FL^o, V.; KREBS, A. S. J.; GIFFONI, L. E. 2006. **Coluna White, Serra do Rio do Rastro, SC**. SIGEP. N. 024. P. 71 – 86. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/sitio024/sitio024_impreso.pdf > Acesso em: 06 Jul. 2022.

PAIVA, R. C. de; Quantificação de Grandezas Ambientais. **Silo.Tips**. 31 Jul. 2016. Disponível em: < <https://silo.tips/download/quantificacao-de-grandezas-ambientais#modals>> Acesso em: 07 Dez. 2022.

PASSOS, J. de S.; SALES, J. C.; de LIMA, G. S. A. Análise das Áreas de Preservação Permanente na Região Metropolitana de Goiânia (RMG), no Período de 1986 a 2016. In: **Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto**. [eletrônico] Org. Tullio, L. Ponta Grossa-PR. Ed, Atena. Cap. 5. V. 1. 2018. Disponível em: < <https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2018/10/E-book-Aplica%C3%A7%C3%B5es-e-Princ%C3%ADpios-do-Sensoriamento-Remoto-1.pdf> > Acesso em: 10 Jun. 2022.

PETTS, G.E. e FOSTER, I. D. L. **Rivers and Landscape**. The Athenaeum Press, 3 ed., London Edward Arnold, 1985. Disponível em < <https://westminsterresearch.westminster.ac.uk/item/94x17/rivers-and-landscape> > Acesso em: 22 nov. 2022.

PINHEIRO, M. R. de C. Geoprocessamento Aplicado à Gestão dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Macaé – RJ. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Natal - RN, Brasil. Abr. 2009. INPE, p. 4247-4254. Disponível em: < <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.00.53.42/doc/4247-4254.pdf> > Acesso em: 11 Jul. 2022.

PITHAN, P. A; JUNGES, A. H.; FARIAS, A. R.; ANZANELLO, R.; HOFF. R. 2015. Monitoramento do ciclo de videiras pelo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada obtido de imagens Landsat 8 no município de Veranópolis-RS, Brasil. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. João Pessoa – PB, Brasil. INPE. p. 2944 - 2951. Disponível em: < <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1036426/1/Hoffp0587.pdf> >. Acesso em: 06 Jun. 2022.

QUEIROZ, M. L. 2015. **Nascentes, veredas e áreas úmidas - revisão conceitual e metodologia de caracterização e determinação: estudo de caso na Estação**

Ecológica de Águas Emendadas – Distrito Federal. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geociências Aplicadas. Universidade de Brasília, Brasília/DF.161 p.

REGINATTO, P. A. R. 2003. **Integração de dados geológicos para prospecção de aquíferos fraturados em trecho da bacia hidrográfica Taquari-Antas (RS).** Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGEM. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 276 p. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10183/117392>> Acesso em: 05 Jun. 2022.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Estadual nº 11.520 de 03/08/2000.** Institui o Código Estadual de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Porto Alegre. Disponível em: < http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smam/usu_doc/lei_estadual_11520.pdf > Acesso em: 20 Jun. 2022.

ROCHA, P. C.; dos SANTOS, A. A. Análise hidrológica em Bacias Hidrográficas. **Rev. Mercator.** (Fortaleza), v. 17. e.17025. p. 1-18. 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.4215/RM2018.E17025> > Acesso em 22 nov. 2022.

RODRIGUES, R. de Á. 2019. Mapeamento e Análise de Impactos Ambientais de Nascentes do Alto Curso do Ribeirão Pirapitinga. **Revista Ambiente e Paisagem.** V. 9. N. 1. Mai. 2019.

ROISENBERG, A. 1990. **Petrologia e Geoquímica do Vulcanismo Ácido Mesozóico da Província Meridional da Bacia do Paraná.** Porto Alegre, Tese de doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ROISENBERG, A. & CHIES, J.O. 1987. **Vulcanismo Basalto-Riolítico da Formação Serra Geral e Mineralizações Associadas.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA 10. Porto Alegre, 1987. Roteiro das Excursões... Porto Alegre: SBG, p.38-54.

ROSSATO, M. S. 2011. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. Porto Alegre. Tese de Doutorado em Geografia. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: < <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/32620>> Acesso em: 30 Jul. 2022.

SANTOS, R. S. B. dos; Hidrografia. **Geografia do Brasil: região sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977, il: V.5, p. 111-142.

SANT'ANNA, E. M. **Comentário Bibliográfico: Précis d'hydrologie marine et continentale**. . Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro. 42(3) p. 664-676, Jul - Set. 1980 < <https://www.rbg.ibge.gov.br/index.php/rbg/article/download/508/277>> Acesso em: 12 Jul. 2022.

SANTOS, H. G. dos.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. 356 p. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: < <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003> > Acesso em: 01 Dez. 2022.

SCOPEL, R. M.; TEIXEIRA, E. C.; BINOTTO, R. B. Caracterização hidrogeoquímica de água subterrânea em área de influência de futuras instalações de usinas hidrelétricas – Bacia Hidrográfica do Rio Taquari – Antas/RS, Brasil. **Revista Química Nova**. V. 28. N 3. P. 383-392. 2005. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/qn/a/vhm8gtNMChBw5PGSwSwgjyL/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 12 Jul. 2022.

SEMA – Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **G040 – Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas**. Download do Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas. 2008. Disponível em: < <https://www.sema.rs.gov.br/g040-bh-taquari-antas>> Acesso em: 15 Mai. 2022.

SEMA – Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **BCRS25 – Base Cartográfica do estado do Rio Grande do Sul, escala 1:25.000. Porto Alegre. 2018.** Download. Disponível em: < <http://ww2.fepam.rs.gov.br/bcrs25/>> Acesso em: 15 Mai. 2022.

SILVA, G. A. da. 2019. **Dinâmica hidrogeomorfológica e cenários sazonais em nascentes do Rio São Francisco, na Serra da Canastra, Minas Gerais.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia/MG. 160 p. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/25564>> Acesso em: 05 Jul. 2022.

SILVA, L. P.; ALMEIDA, R.T.S. 2021. Caracterização da Área de Preservação Permanente do Rio Meia Ponte em Goiânia, GO. **Revista Uniaraguaia (online).** Goiânia. V.16. n.1. Jan/Abr. 2021. p. 41-53. Disponível em: < <https://sipe.uniaraguaia.edu.br/index.php/REVISTAUNIARAGUAIA/article/view/1003/Vol16-1-art-04> > Acesso em: 21 Jun. 2022.

SILVEIRA, A.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org.), **Hidrologia: ciência e aplicação.** v. 4, 1 ed. (1993) reimpressão 2020. Editora da UFRGS / ABRH São Paulo, p. 35-51, 2001.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA I. **UEM – Universidade Eduardo Mondlane,** 2021. Disponível em: < <https://vula.uem.mz/course/info.php?id=5382&lang=en> >. Acesso em: 11 Jul. 2022.

SITES GOOGLE. 2022. **2. – Geografia Física.** Veranópolis – RS. Disponível em: < <https://sites.google.com/site/veranopolisrs/geografia> > Acesso em: 06 Jul. 2022.

SMA-DPB (Secretaria de Estado do Meio Ambiente – Departamento de Proteção da Biodiversidade). **Cadernos de Mata Ciliar: Preservação e recuperação das nascentes de água e de vida.** N.1. São Paulo. 2009. Disponível em: < https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Cadernos_Mata_Ciliar_1_Preservacao_Nascentes.pdf > Acesso em: 12 Mai. 2022.

SOARES, J. A. B.; de CAMARGO, G.; GIONGO, P. R.; GOMES, L. F.; COTA, A. R.; SILVA, P. C. Estudo hidrológico das bacias hidrográficas em Santa Helena de Goiás. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 6, n. 6, p. 35629-36647, jun. 2020. Disponível em: < DOI:10.34117/bjdv6n6-196 > Acesso em: 28 Nov. 2022.

SOUZA, J. C. da S.; COSTA, M. E. L.; CAVALCANTI, J. R. de A.; LAMENHA e SILVA, A. G.; FREIRE, C. C.; FERREIRA, I. V. L.. Alternativa de reutilização das águas descartadas proveniente do rebaixamento do lençol freático na construção civil. **Rev. Águas Subterrâneas**, 2010. Disponível em: < <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23145/15261> > Acesso em: 15 Nov. 2022.

STEVAUX, J.; LATRUBESSE, E.M. **Geomorfologia Fluvial**. Oficina de Textos. Ed. 1. 336 p. 2017. Disponível em: < http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/Geomorfologia%20Fluvial_SUM.pdf > Acesso em: 12 jul. 2022.

STRAHLER, A. N.; Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **GSA Bulletin**. v. 63 p. 1117–1142. 1952. Disponível em: < [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2) > Acesso em: 15 Nov. 2022.

TEIXEIRA, M. S.; PRIETO, R.B. Eventos Extremos de Chuva no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, entre 2004 e 2013. Parte 1: Definição dos Eventos e Estatísticas. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 35, n. 1, p. 45-52, Jan-Mar 2020. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/XxSYqbcvVF5KZr6QHpBCv4m/?lang=pt> > Acesso em: 07 Jul. 2022.

TUCCI, C. E. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4ª Ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2012. Disponível em: < https://www.academia.edu/23877127/Hidrologia_Ci%C3%AAncia_e_Aplica%C3%A7%C3%A3o_4a_Ed_Carlos_Tucci_CAP > Acesso em: 05 de Jul. 2022.

UNIARA. **O conceito de bacia hidrográfica e importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local.** Araraquara: Uniara, v. 20, 2007.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: produção de água em pequenas bacias hidrográficas.** 2 ed. Viçosa: Aprenda Fácil. 267p. 2011. Material Impresso.

VALERIANO, M. de M.; de MORAES, J. F. L.. Extração de rede de drenagem e divisores por processamento digital de dados topográficos. **Anais: X SBSR.** INPE, Foz do Iguaçu. Abr. 2001. p. 517-524. Disponível em: < <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2001/09.19.07.26/doc/0517.524.084.pdf> >. Acesso em: 22 Nov. 2022.

VERDUM, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A.; **Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação.** 2. Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012. 360 p. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10183/218530> > Acesso em: 08 Jan. 2023.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo. Ed. McGRAWHill do Brasil, Cap. 1, 2, 3. 68p. 1975. Disponível em: < https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/4179/1/pibic_inpa.pdf > Acesso em: 25 nov. 2022.

ZAMBIANQUI, R. P. **Monitoramento dos níveis freáticos do Aquífero Bauru (Formação Diamantina) no município de Bastos-SP frente a correlações com o regime de precipitação.** Dissertação de Mestrado. Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira. 2018. 61 p.

WHITE, I. C. **Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil.** DNPM. Parte I, p. 1-300; Parte II, p. 301-617. Ed. Fac-Similar. Rio de Janeiro. 1988.