

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA, GEOCIÊNCIAS E SAÚDE COLETIVA (IGESCUFU)
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

GABRIELLE BASTOS ZANON

**AGRIMENSURA APLICADA NA IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE
NASCENTES EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**

Monte Carmelo/MG

2025

GABRIELLE BASTOS ZANON

**AGRIMENSURA APLICADA NA IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE
NASCENTES EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**

Trabalho apresentado como requisito para obtenção de aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da Universidade Federal de Uberlândia campus Monte Carmelo.

Orientadora: Dra. Leticia Cristina Ribeiro

Coorientadora: Dra. Mirna Karla Amorim da Silva

Monte Carmelo/MG

2025

GABRIELLE BASTOS ZANON

**AGRIMENSURA APLICADA NA IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE
NASCENTES EM BACIAS HIDROGRÁFICAS**

Trabalho apresentado como requisito para
obtenção de aprovação na disciplina de
Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de
Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da
Universidade Federal de Uberlândia campus
Monte Carmelo.

Monte Carmelo, 2025.

Banca Examinadora:

Prof^ª. Dra. Leticia Cristina Riberio, FECIV/UFU
(Orientadora)

Prof^ª. Dra. Mirna Karla Amorim da Silva, IGESC/UFU
(Coorientadora)

Eng^ª. Thaynara Francisca Vilela
(Membro Convidada)

*Dedico este trabalho à minha amada avó
Valdicéia e ao meu pai, Giovani, que sacrificou
tudo para que eu estivesse aqui hoje. A ambos,
minha eterna gratidão.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por guiar cada passo da minha jornada, reconhecendo que todas as conquistas são frutos de Sua graça e das experiências que Ele permitiu que eu vivesse.

Aos meus familiares meu pai, minha avó, meu irmão, minha irmã, meu sobrinho, minha madrinha, e minha cunhada expresso minha eterna gratidão. Vocês foram os pilares que moldaram a pessoa que sou hoje, e cada um de vocês é um exemplo que carrego em tudo o que faço. Uma homenagem especial à memória de minha avó e minha mãe, que partiram, mas cuja força e amor continuam vivos em mim. Encontro traços de sua coragem e resiliência em cada desafio que enfrento.

À professora Leticia, minha orientadora, dedico minha profunda gratidão. Sua orientação valiosa durante meus estágios e ao longo da elaboração deste trabalho foi fundamental para o meu crescimento acadêmico. Agradeço por sempre me ouvir, acreditar no meu potencial e me inspirar a seguir em frente.

À professora Mirna, minha coorientadora, expresso meu reconhecimento pelo seu compromisso com a excelência e pela dedicação em estimular a criatividade e o pensamento crítico. Sua orientação foi uma fonte constante de inspiração e contribuiu significativamente para moldar minha trajetória.

Por fim, à empresa que me acolheu durante meus estágios, deixo minha sincera gratidão pela paciência, compreensão e pelos valiosos ensinamentos que levarei comigo. Um agradecimento especial ao Fernando e à Marília, pela confiança depositada em mim; à Viviane, pelo constante incentivo, pelos ensinamentos e pela grande amizade; ao Pedro, pela excelente supervisão durante os estágios e pelos conhecimentos compartilhados; ao Hiago, por dividir tanto conhecimento e sempre sanar minhas dúvidas com tamanha disposição; ao Maycon e à Stefany, por estarem ao meu lado, sempre dispostos a ajudar e por me acolherem; ao Alexandre pela parceria e amizade; ao Leonardo, à Dayane e à Vitória por contribuírem tanto para o meu crescimento profissional; à Camila, Karoline e Thaynara, por serem pessoas especiais e excelentes profissionais; à Lidiane, Joelma e Bruna, por serem grandes parceiras, capazes de alegrar até os dias mais difíceis como ninguém. E, a todos os que estiveram comigo no dia a dia da empresa, meu muito obrigada por serem como uma família.

"A persistência é o caminho do êxito. "
(Charles Chaplin)

RESUMO

A identificação e avaliação das nascentes, essencial para revitalizar e preservar fontes naturais de água, foi o foco deste estudo na Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Bárbara, em Monte Carmelo, MG. A Agrimensura pode ser uma técnica na promoção da gestão sustentável dos recursos naturais, tendo em vista que proporciona produtos capazes de auxiliar no manejo e recuperação de áreas degradadas por meio de abordagens eficazes e sustentáveis na obtenção de dados. Baseando-se nisto, utilizou-se neste trabalho técnicas avançadas de agrimensura, incluindo o uso de aeronave remotamente pilotada (ARP). Por meio do ARP, foi aplicado o mapeamento das áreas de nascentes, mediante técnicas de Sensoriamento Remoto, proporcionando uma avaliação precisa da degradação em locais específicos. Essa abordagem proporcionou a classificação de estradas, carreadores e o mapeamento de cascalheiras que são elementos fundamentais para direcionar estratégias de manejo e recuperação ambiental. Além dos dados obtidos em campo, por meio do uso de imagens de satélite, foi possível mapear os limites de propriedades e o uso e ocupação do solo fora das Áreas de Preservação Permanente (APP). Desta forma, com o uso de métodos e tecnologias de ponta, o estudo analisou e mapeou as nascentes, considerando a topografia, cobertura vegetal e uso do solo. Como resultado obteve-se, um mapeamento preciso das áreas a serem protegidas proporcionando assim, uma compreensão abrangente do ambiente, identificando áreas críticas para intervenção na preservação e recuperação contribuindo com informações cruciais para a gestão ambiental.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica. Nascentes. Agrimensura. Identificação. Recuperação Ambiental.

ABSTRACT

The identification and assessment of springs, essential for revitalizing and preserving natural water sources, was the focus of this study in the Santa Bárbara Stream Watershed, located in Monte Carmelo, MG. Surveying can be a valuable technique in promoting the sustainable management of natural resources, as it provides products capable of supporting the management and recovery of degraded areas through effective and sustainable data acquisition approaches. Based on this premise, advanced surveying techniques were employed in this study, including the use of a remotely piloted aircraft (RPA). Through the RPA, spring areas were mapped using Remote Sensing techniques, allowing for a precise assessment of degradation in specific locations. This approach enabled the classification of roads, access paths, and gravel pits, which are fundamental elements in guiding environmental management and recovery strategies. In addition to field data, satellite imagery was used to map property boundaries and land use and land cover outside Permanent Preservation Areas (PPAs). Thus, by employing cutting-edge methods and technologies, the study analyzed and mapped the springs, taking into account topography, vegetation cover, and land use. As a result, a precise mapping of the areas to be protected was achieved, providing a comprehensive understanding of the environment, identifying critical areas for preservation and recovery interventions, and contributing essential information for environmental management.

Keywords: River Basins. Springs. Surveying. Identification. Environmental Recovery.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Principais componentes de uma Bacia Hidrográfica.....	17
Figura 2 - Delimitação da APP no entorno de nascentes em zona rural ou urbana.....	19
Figura 3 - Distribuição do uso do solo de acordo com as nascentes	21
Figura 4 - Vereda.....	22
Figura 5 - Esquematização do SR	25
Figura 6 - Fluxograma	29
Figura 7 - Localização da área de estudo	30
Figura 8 - Login no ASF	32
Figura 9 - Parâmetros iniciais software DroneDeploy	36
Figura 10 - Demais parâmetros software <i>DroneDeploy</i>	37
Figura 11 - Drone Mavic 2 DJI	38
Figura 12 - Tabela de atributos da Pedologia.....	40
Figura 13 – Tabela de atributos da Litologia.....	41
Figura 14 – Imagem CBERS-4A e ortomosaico	46
Figura 15 - Localização das nascentes identificadas na bacia.....	47
Figura 16 - Uso e cobertura do solo	49
Figura 17 - Declividade (%).....	51
Figura 18 - Pedologia	52
Figura 19 - Litologia.....	53
Figura 20 - Gráfico Vulnerabilidade Ambiental (%) na BHCSB.....	55
Figura 21 – Vulnerabilidade ambiental	56
Figura 22 - Grupo A de nascentes	57
Figura 23 - Grupo B de nascentes	58
Figura 24 - Grupo C de nascentes	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da declividade de acordo com o relevo.....	42
Tabela 2 - Classes de declividade.....	43
Tabela 3 - Classes dos tipos de solos.....	43
Tabela 4 - Classes dos tipos de uso e cobertura do solo.....	44
Tabela 5 - Identificação das nascentes presentes na Bacia.....	48
Tabela 6 - Uso e cobertura do solo	50
Tabela 7 - Quantificação da declividade de acordo com o relevo.....	50
Tabela 8 - Quantificação da pedologia.....	52
Tabela 9 - Quantificação da litologia	53
Tabela 10 – Classes de vulnerabilidade ambiental.....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação de Bacia Hidrográfica para fins políticos.....	18
Quadro 2 - Classificação de nascentes de acordo com a posição do terreno e duração de Fluxo	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APPs	Áreas de Preservação Permanente
BHCSB	Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Bárbara
CBERS	Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres
CNT	Confederação Nacional de Transporte
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DEM	<i>Digital Elevation Model</i>
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
GRASS	Sistema de Suporte Análise de Recursos Geográficas
IFOV	<i>Istantaneous Field of View</i>
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão as Águas
MUX	Câmera Multiespectral
REM	Radiação Eletromagnética
RBAC	Regulamento Brasileiro de Aviação Civil
SAGA	<i>System for Automated Geoscientific Analyses</i>
SIG/GIS	Sistemas de Informações Geográficas
SR	Sensoriamento Remoto
ARP'S	Aeronave Remotamente Pilotada
WFI	Câmera de Amplo Campo de Visada
WPM	Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral.....	14
2.2	Objetivos específicos	14
3	JUSTIFICATIVA	15
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
4.1	Bacias hidrográficas	16
4.1.1	<i>Nascentes.....</i>	<i>18</i>
4.1.1.1	<i>Veredas</i>	<i>21</i>
4.2	Relevo.....	22
4.3	Uso e cobertura do solo	23
4.4	Sensoriamento Remoto.....	23
4.4.1	<i>CBERS-4A</i>	<i>25</i>
4.4.2	<i>ALOS.....</i>	<i>26</i>
4.5	ARP	27
4.6	Estado da arte	27
5	MATERIAL E MÉTODOS	28
5.1	Localização e caracterização da área de estudo.....	29
5.2	Material	30
5.3	Métodos.....	31
5.3.1	<i>Pesquisa bibliográfica.....</i>	<i>31</i>
5.3.2	<i>Aquisição da Imagem do Satélite Alos Palsar</i>	<i>31</i>
5.3.3	<i>Delimitação de Área de Drenagem através das extensões GRASS e SAGA do QGIS versão 3.10.....</i>	<i>32</i>
5.3.4	<i>Aquisição e processamento da imagem de satélite CBERS-4A</i>	<i>33</i>
5.3.4.1	<i>Aquisição</i>	<i>33</i>
5.3.4.2	<i>Processamento</i>	<i>34</i>
5.3.5	<i>Uso e cobertura do solo</i>	<i>34</i>
5.3.6	<i>Utilização do ARP.....</i>	<i>35</i>
5.3.6.1	<i>Plano de voo no Software DroneDeploy.....</i>	<i>35</i>
5.3.6.2	<i>Sobrevoo da área.....</i>	<i>37</i>
5.3.6.3	<i>Filtragem e processamento no Software Agisoft Metashape</i>	<i>38</i>

5.3.7	<i>Localização das nascentes, delimitação das faixas marginais de App</i>	39
5.3.8	<i>Pedologia</i>	40
5.3.9	<i>Litologia</i>	40
5.3.10	<i>Geração da Declividade</i>	41
5.3.11	<i>Vulnerabilidade Ambiental</i>	42
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
6.1	Imagem CBERS-4A e ortomosaico	46
6.2	Localização das nascentes	47
6.3	Uso e cobertura do solo	48
6.4	Declividade	50
6.5	Pedologia	51
6.6	Litologia	53
6.7	Vulnerabilidade	54
7	CONCLUSÃO	60
	REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

Conforme a base de dados cartográficos disponibilizados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), no ano de 2022, o estado de Minas Gerais foi apontado como um polo de notável diversidade hidrográfica, considerando a presença de 43 circuncrições hidrográficas estaduais e 17 bacias federais em todo seu território, o que evidencia a complexidade em termos de recursos hídricos.

Nesse sentido, as bacias hidrográficas conceituam-se como áreas que constituem uma grande rede interligada por canais de escoamento (Faustino, 1996; Lima; Zakia, 2000). Na base das bacias hidrográficas, as nascentes, são indispensáveis na formação da rede de drenagem e representam o ponto onde o lençol freático aflora à superfície (Leal *et al.*, 2017).

Como abordado por Cândido (2012), a principal abordagem para a conservação e preservação das nascentes é a preservação do remanescente nativo em seu entorno, somado com a ideia de Lima (1986), a manutenção da cobertura vegetal ao redor das nascentes oferece resultados favoráveis na hidrologia do solo. Além disso, a restauração de uma nascente degradada requer a reintrodução da vegetação nativa em seu entorno, visto que a exposição e a falta da vegetação podem ser fatores que impeçam diretamente a preservação e conservação deste recurso (Cordeiro *et al.*, 2021). Dessa forma, infere-se que o crescimento urbano e agrícola do município de Monte Carmelo pode exercer impacto direto sobre a preservação e qualidade das nascentes.

Conforme estabelecido pela Comissão *Brundtland* (1987), o conceito de desenvolvimento sustentável destaca a importância de atender às necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades. Essa abordagem ganha relevância quando se considera a agrimensura como ferramenta no planejamento, monitoramento e preservação das nascentes, com o intuito de promover um equilíbrio entre o desenvolvimento humano e a conservação dos recursos naturais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa foi investigar a aplicabilidade da agrimensura na identificação e avaliação das nascentes presentes na Bacia hidrográfica do Córrego Santa Bárbara, no município de Monte Carmelo - MG, com o propósito de oferecer contribuições para a preservação dos recursos naturais e o desenvolvimento na região.

2.2 Objetivos específicos

- Utilizar imagens de satélite na delimitação da sub Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Bárbara, em Monte Carmelo, MG;
- Realizar o levantamento da área de estudo utilizando ARP;
- Gerar o Modelo Digital de Elevação (MDE) e a classificação de uso e cobertura do solo por meio dos resultados do levantamento e imagens de satélite;
- Obter a pedologia e litologia da área de estudo;
- Correlacionar o uso do solo, declividade, pedologia e litologia com a preservação das nascentes.

3 JUSTIFICATIVA

A elaboração deste estudo sobre a aplicação da agrimensura na recuperação e conservação de nascentes na Bacia Hidrográfica de Córrego Santa Bárbara, situada no município de Monte Carmelo - MG, é justificada pela urgente necessidade de desenvolver estratégias eficazes com vistas ao uso racional e à preservação dos corpos d'água em áreas afetadas pela degradação ambiental.

Nesse contexto, a identificação, avaliação e categorização das nascentes quanto ao seu estado de preservação são de suma importância na elaboração de estudos voltados para a gestão de bacias hidrográficas. Essas análises fornecem dados fundamentais para embasar a tomada de decisões, a identificação de áreas prioritárias para conservação e proteção e para orientar a alocação de recursos.

De acordo com (Kematsu *et al.*, 2017), as nascentes desempenham um importante papel na conservação e restauração dos serviços ecossistêmicos. No entanto, persistem lacunas conceituais, de mapeamento e de proteção ambiental relacionadas a essas nascentes, apesar de sua importância. Em relação aos métodos de mapeamento das nascentes, nos dias atuais se torna necessário avançar nas abordagens afim de garantir maior eficiência nos trabalhos de campo e na identificação dessas feições em médias e grandes extensões territoriais.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para uma compreensão do tema, torna-se categórico o domínio dos conceitos teóricos basilares que sustentam a pesquisa. A literatura existente ofereceu um panorama de princípios relevantes que foram explorados neste trabalho. Os princípios expostos, a seguir, proporcionaram uma análise do tema, resultando em um estudo completo e de significativa relevância.

4.1 Bacias hidrográficas

As bacias hidrográficas, definidas por divisores de água, funcionam como áreas delimitadas onde a precipitação é coletada e conduzida por uma rede de cursos d'água que convergem para um ponto de saída único, conhecido como exutório (Tucci, 1993, p. 40). Elas representam unidades territoriais fundamentais para a análise, planejamento e gestão dos recursos hídricos, possibilitando uma abordagem eficaz na compreensão e administração desses recursos (Santos *et al.*, 2010, p. 58). Visando assim, reduzir os impactos ambientais e fomentar a recuperação de danos, como a poluição dos afluentes dos rios e a degradação da vegetação ripária.

Definida pela topografia, uma bacia hidrográfica é como um funil natural direcionando toda a água coletada para uma única saída. Trata-se de uma área delimitada pelo relevo, drenada por um curso d'água principal ou uma rede interligada de canais. Essa configuração garante que toda a vazão escoada convirja em um único ponto de saída, como um rio principal ou lagoa (Daniel *et al.*, 2007, p. 15-28).

Ou seja, dentro do escopo da bacia hidrográfica, toda a precipitação pluviométrica é reunida e canalizada a partir de uma rede de cursos d'água, incluindo rios, córregos e riachos. Gradualmente, esses cursos d'água convergem em direção a um único ponto de exutório, que comumente corresponde à foz do rio principal da bacia.

A bacia hidrográfica é um sistema natural composto por uma área terrestre drenada por um rio principal e seus afluentes. Essa área inclui as nascentes, onde

a água brota da terra, os divisores de água, que definem os limites da bacia, os cursos d'água principais, que transportam a maior parte da água, e os afluentes e subafluentes, que contribuem com o volume de água do rio principal (Guerra, 2011).

A Figura 1, apresentada por Torres e Machado (2013), esquematiza os principais elementos de uma bacia hidrográfica, enfatizando os divisores de água como limites naturais que separam as áreas de captação de água em distintas bacias hidrográficas.

Figura 1 - Principais componentes de uma Bacia Hidrográfica



Fonte: Torres e Machado (2013).

As bacias hidrográficas, podem ser fragmentadas em diversas subunidades, seguindo uma estrutura hierárquica na qual as de menor graduação se associam para constituir subunidades de ordem superior, culminando na bacia principal (Santana, 2003, p.31-34). O Quadro 1 expõe uma categorização das bacias hidrográficas, incluindo suas nascentes, com base na disposição da malha de drenagem em relação aos limites territoriais.

Quadro 1 - Classificação de Bacia Hidrográfica para fins políticos

Bacia Hidrográfica	Definição	Características
Federal	Rede de drenagem que se estende por mais de um estado.	Gestão que envolve diferentes entes federativos, existe a necessidade de acordos e cooperação entre os estados.
Estadual	Rede de drenagem contida dentro de um único estado.	Gestão mais simplificada, sob responsabilidade do estado, o que significa maior autonomia do estado para definir políticas de gestão da água.
Municipal	Rede de drenagem que se limita ao território de um único município.	Gestão sob responsabilidade do município, possibilidade de ações mais direcionadas às necessidades do município.

Fonte: Adaptado de Santana (2003).

4.1.1 Nascentes

Conforme (Baggio *et al.* 2013), as nascentes surgem devido à entrada da chuva no solo, ocasionando infiltração pluviométrica subterrânea. Essa água se acumula em formações geológicas classificadas como aquíferos, os quais atuam como reservatórios naturais subterrâneos.

A preservação das nascentes assegura a conservação ambiental e a segurança hídrica de determinada bacia hidrográfica. Dessa forma, a Lei nº 12.651/2012, atual Código Florestal Brasileiro reconhece a importância das nascentes e as classifica como APP, definindo no Artigo 4º, inciso IV, que: “as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta metros);” (Brasil, 2012).

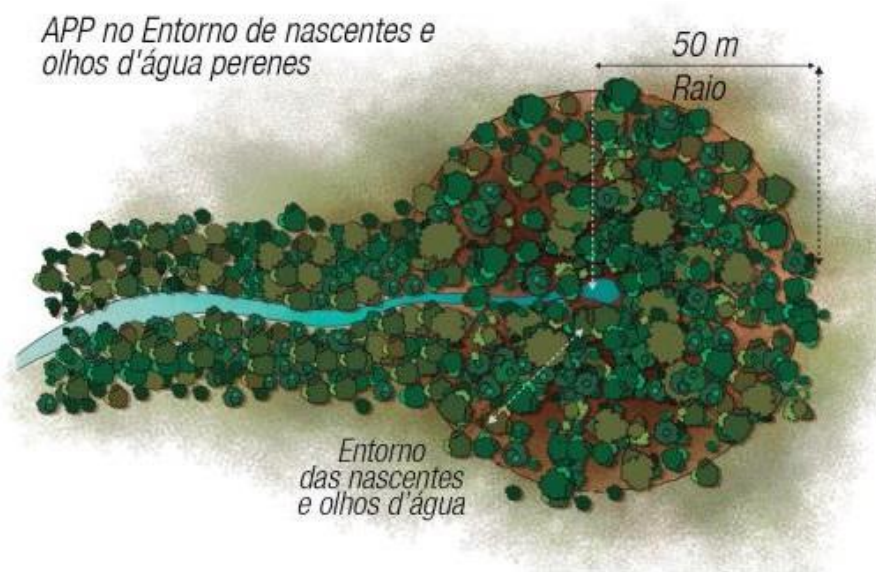
O Estado de Minas Gerais é acegurado também pela legislação estadual nº 20.922/2013, a qual dispõe sobre a proteção da biodiversidade do estado, em seu Art.2, inciso XVI, definem as nascente como um afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d’água, dessa forma, no Art. 9, inciso IV, define a metragem da faixa marginal de APP em seu entorno um raio mínimo de 50m

(cinquenta metros) (Minas Gerais, 2013).

Destaca-se que no Estado de Minas Gerais, o SIAM (Sistema Integrado de Informação Ambiental) gerencia todas as informações relacionadas ao meio ambiente, e é administrado pela SEMAD (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável) e seus órgãos vinculados, como IEF (Instituto Estadual de Florestas), FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente) e IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas) (SIAM, 2025).

A Figura 2 ilustra a delimitação estabelecida na legislação. Esta medida visa garantir a preservação das fontes em regiões hidrográficas, incentivando a conservação da pureza e do volume de água disponíveis.

Figura 2 - Delimitação da APP no entorno de nascentes em zona rural ou urbana



Fonte: Bedê (2013).

Seguindo a perspectiva do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (2020), preservar uma nascente envolve o seu isolamento para reduzir os impactos do ambiente ao redor. Esse isolamento deve ser realizado através da presença de vegetação nativa ou cercas, visando proteger a superfície do solo e criar condições propícias para a percolação da água. Esse processo assegura a qualidade da água proveniente da nascente.

Desta forma, o Quadro 2 classifica as nascentes de acordo com sua posição no terreno e a duração do fluxo, fornecendo informações sobre sua caracterização e ajudando a definir medidas de proteção adequadas para cada tipo de nascente.

Quadro 2 - Classificação de nascentes de acordo com a posição do terreno e duração de Fluxo

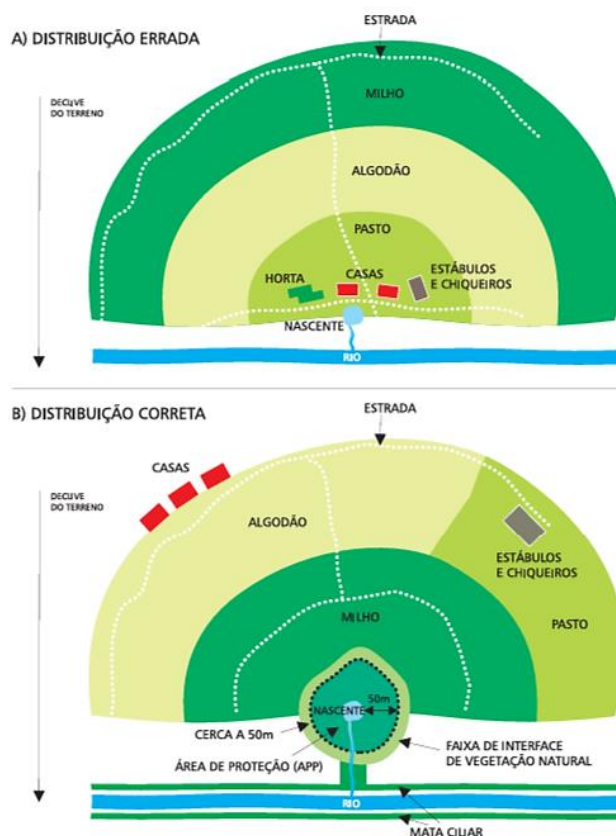
Critério de Classificação	Tipo de Nascente	Características	Exemplos	Importância
Posição no Terreno	Fixas	Fluxo constante	Olho d'água, mina;	Abastecimento público;
	Móveis	Fluxo variável	Nascentes de encosta, de várzea;	Recarga de aquíferos;
Duração do Fluxo	Perenes	Fluxo contínuo	Nascentes de cabeceira;	Abastecimento público e industrial;
	Intermitentes	Fluxo sazonal	Nascentes de vertente, de talvegue;	Recarga de aquíferos;
	Temporárias	Fluxo breve	Nascentes de inundação, de sufo.	Infiltração da água no solo.

Fonte: Adaptado de Sousa Neto (2010).

De acordo com Calheiros *et al.* (2009), a localização das nascentes em determinada propriedade auxilia na distribuição de atividades produtivas, benfeitorias e nas infraestruturas gerais, como estradas de acesso, carreadores, etc. Dessa forma, a faixa marginal de 50 metros, definida pelo Código Florestal Brasileiro (Brasil, 2012), tem o intuito de restringir o uso indevido dessas áreas.

Observa-se na Figura 3 a distribuição do uso antropizado do solo apresenta-se de forma inadequada no contexto de preservar e conservar as nascentes.

Figura 3 - Distribuição do uso do solo de acordo com as nascentes



Fonte: Calheiros *et al.* (2009, apud Silveira, 1984)

4.1.1.1 Veredas

Segundo Calheiros *et al.* (2009), as veredas são caracterizadas como uma área originada de pequenas nascentes ao longo de toda extensão, um afloramento difuso, onde a água subterrânea chega à superfície de forma espalhada. Somado a isso, Lima (1991, p. 213) descreve a vereda como reguladora do fluxo de água.

As veredas constituem formações vegetais em que a palmeira *Mauritia flexuosa* (buriti) se destaca acima da vegetação, composta predominantemente por espécies arbustivas e herbáceas, com variação na densidade. Essas áreas são normalmente margeadas por campos úmidos e, ao contrário dos buritizais, os buritis nas veredas não formam uma cobertura contínua com suas copas (EMBRAPA, 2021).

Pode se observar a caracterização da fitofisionomia vereda Figura 4.

Figura 4 - Vereda



Fonte: A autora (2024).

4.2 Relevo

O relevo, mais do que uma simples elevação da superfície terrestre, é um complexo sistema em constante transformação. As forças endógenas e exógenas, atreladas ao tempo geológico, esculpem as paisagens, além do solo, a cobertura vegetal e os recursos minerais, inerentemente ligados ao relevo, são elementos vitais para a sustentação da vida na Terra (Cassetti, 1991).

Conforme Pereira e Thomaz (2013, p. 1), as áreas com declividade acentuada, características de relevos íngremes, são mais suscetíveis à erosão, o que pode ocasionar a degradação do solo e o assoreamento de corpos d'água. Além disso, a inclinação do terreno influencia diretamente sua estabilidade. Em conformidade, o Código Florestal Brasileiro (Brasil, 2012) considera o relevo e a declividade do terreno como parâmetros relevantes para determinar a classificação e a proteção de áreas de

preservação permanente de nascentes.

4.3 Uso e cobertura do solo

Seabra *et al.* (2014) afirmam que o conceito de uso do solo aborda os padrões e práticas adotados pelos seres humanos na utilização e manejo do solo, enquanto a cobertura do solo refere-se à disposição e composição dos elementos biofísicos que cobrem a superfície terrestre. Nos últimos anos, houve uma crescente alteração no padrão de uso e cobertura do solo (Zalidis *et al.*, 2002). Essa dinâmica, impulsionada pelo crescimento populacional, a expansão urbana e a intensificação da atividade agrícola, tem gerado impactos ambientais de grande monta, especialmente sobre o solo e os recursos hídricos.

A análise do uso da terra e ocupação do solo abrange a compreensão detalhada de como a terra é empregada pela humanidade, bem como a identificação e descrição das diversas categorias de vegetação natural que cobrem o solo, juntamente com suas localizações correspondentes, especialmente em áreas não afetadas pela intervenção humana (Rosa, 2007, p. 163).

Dessa maneira, a ocupação antrópica do solo nas áreas de recarga das nascentes, pode afetar significativamente seu rendimento específico e dinâmica temporal (Menezes *et al.*, 2009). Atividades como agricultura intensiva, pecuária e urbanização podem modificar os padrões naturais de infiltração da água, diminuindo a quantidade disponível para recarregar os aquíferos subterrâneos que alimentam as nascentes. Além disso, práticas inadequadas de manejo do solo, como remoção da vegetação e compactação devido ao tráfego de máquinas, podem aumentar o escoamento superficial, reduzindo ainda mais a disponibilidade de água para as nascentes.

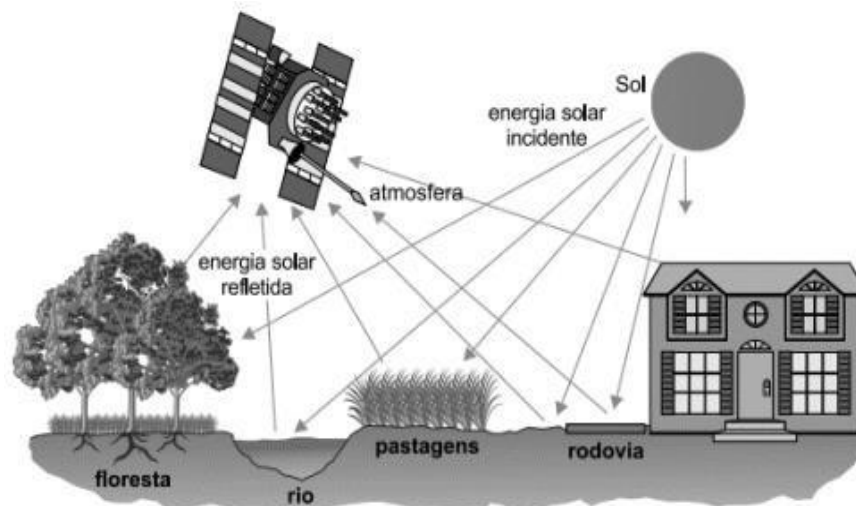
4.4 Sensoriamento Remoto

Segundo Quartaroli *et al.* (2004), o sensoriamento remoto é o procedimento de adquirir dados sobre um objeto sem necessidade de contato físico direto, utilizando sensores que coletam energia do objeto, a convertem em sinais registráveis e os

apresentam para extração de dados. As bandas espectrais correspondem a faixas no espectro eletromagnético, onde diferentes dispositivos sensores registram a energia refletida ou emitida pelo objeto sob análise. Os sensores podem ser passivos, que captam a radiação solar refletida ou transmitida pelo alvo, ou ativos, que emitem energia para capturar informações dos alvos. Sensores ativos englobam os radares, que funcionam na faixa de micro-ondas e produzem energia própria devido à escassez de energia naturalmente emitida pela superfície terrestre dentro desse intervalo espectral.

Os dispositivos de captura de imagem, como o CBERS-4A, produzem representações visuais por meio de matrizes de valores numéricos associados a pixels. Por outro lado, dispositivos de sensoriamento não imagéticos, como radiômetros e espectrorradiômetros, analisam a radiância dos alvos e oferecem dados numericamente ou através de tabelas/gráficos, relacionando-os ao comprimento de onda ou à frequência da radiação. Assim, após a aquisição das imagens, é possível interpretá-las para criar mapas, realizar planejamentos e conduzir diversas outras atividades úteis em áreas como cartografia, topografia e meteorologia (Stein *et al.*, 2020, p. 31). Dessa forma, o sensoriamento remoto é uma técnica a qual utiliza-se a radiação eletromagnética emitida por uma fonte, como o Sol, e capturada pelos diversos elementos da superfície terrestre, como florestas, lagos e áreas urbanas. O sensor, que pode estar a bordo de um satélite, por exemplo, registra a resposta ou a radiação refletida por esses elementos e, em seguida, envia esses dados para uma estação receptora e de processamento de informações, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Esquematização do SR



Fonte: Atlas Geográfico escolar - IBGE (2000).

Existem vários sensores de nível orbital acoplados em diferentes satélites, que se diferenciam por suas resoluções. De acordo com Quartaroli *et al.* (2004), a resolução espacial de um sensor indica a dimensão da região na superfície da Terra observada por um detector em um determinado momento, determinada pela altura do sensor acima do solo e pelo ângulo de visão instantânea IFOV (*Istantaneous Field of View*). Por sua vez, a resolução temporal representa o período entre duas imagens sucessivas da mesma região, enquanto a resolução espectral é a menor porção do espectro eletromagnético que um sensor é capaz de distinguir. Dispositivos multiespectrais captam energia em algumas faixas, hiperespectrais em centenas e ultraespectrais, teoricamente, em milhares de faixas. A resolução radiométrica é a capacidade de um sensor remoto de diferenciar variações sutis na intensidade da energia refletida ou emitida pela superfície da Terra. Exemplos incluem o satélite CBERS-4A.

4.4.1 CBERS-4A

O CBERS-4A é um satélite de observação terrestre fruto da colaboração entre Brasil e China no campo técnico-científico espacial, resultando no estabelecimento do Programa CBERS. Esta iniciativa representa uma parceria pioneira e sem precedentes, inserida no âmbito do Programa Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres. As imagens produzidas pelo satélite têm aplicações em diversos campos essenciais, como o monitoramento do desmatamento e das queimadas, a gestão de recursos hídricos, o acompanhamento de áreas agrícolas,

o mapeamento do crescimento urbano e da ocupação do solo, além de contribuírem para a educação e diversas outras aplicações (INPE/CBERS, 2018).

O CBERS-4A é dotado de três sensores diferentes. A câmera Multiespectral (MUX), que possui três bandas no espectro visível e uma no infravermelho, resultando em uma resolução espacial de 16 metros. Em seguida, a câmera de Campo Largo (WFI), também com três bandas no espectro visível e uma no infravermelho, proporcionando uma resolução espacial de 55 metros. Por último, o terceiro sensor é a Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM), considerada a principal inovação do satélite, pois essa câmera possui três faixas no espectro visível e uma no infravermelho, com resolução espacial de 8 metros para as faixas espectrais e 2 metros para a faixa pancromática (Carnaúba, 2021). Dessa forma, devido à sua resolução superior e sua capacidade de detalhamento, o sensor WPM se torna o mais indicado para o presente estudo.

4.4.2 ALOS

De acordo com a Embrapa (2018), o satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*), foi lançado em janeiro de 2006 pela *Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)*, no centro espacial de Tanegashima, no Japão. O satélite iniciou-se a operar em outubro de 2006, e encerrada em maio de 2011.

A bordo do ALOS estavam três sensores: o radiômetro *PRISM (Panchromatic Remote-Sensing Instrument for Stereo Mapping)*, responsável por capturar imagens tridimensionais da superfície terrestre; o radiômetro multiespectral *AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer-type 2)*, voltado para o mapeamento de uso e cobertura do solo; e o sensor de micro-ondas *PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar)*, que permitia obter imagens durante o dia e à noite, sem a interferência da nebulosidade.

A NASA disponibiliza os dados do sensor de micro-ondas *PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar)* os quais são fornecidos em um formato GeoTIFF compatível com GIS, apresentando um espaçamento de pixels de 12,5 metros, em alta resolução. (NASA, 2025).

Neste trabalho, utilizou-se o sensor PALSAR (*Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*). Dentre as bandas adquiridas após os downloads, o Modelo Digital de Elevação (*DEM*) foi empregado para a extração da área de estudo, que corresponde à bacia hidrográfica mencionada no item 5.3.3 deste estudo.

4.5 ARP

ARP é terminologia oficial para as aeronaves remotamente pilotada, segundo a ANAC, o termo "drone", embora popularmente utilizado, não é oficialmente empregado. O Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94 (RBAC-E nº 94) diferencia as aeronaves não tripuladas conforme sua finalidade, sendo classificadas para uso recreativo ou profissional. (ANAC, 2023).

As aeronaves não tripuladas, comumente conhecidas como drones, emergem como ferramentas promissoras para o patrulhamento ambiental. Sua capacidade de acessar áreas remotas e de difícil acesso, combinada com a flexibilidade de diversos sensores, oferece uma solução inovadora para a coleta de dados precisos e detalhados em ambientes naturais (Santos; Santos, 2023).

4.6 Estado da arte

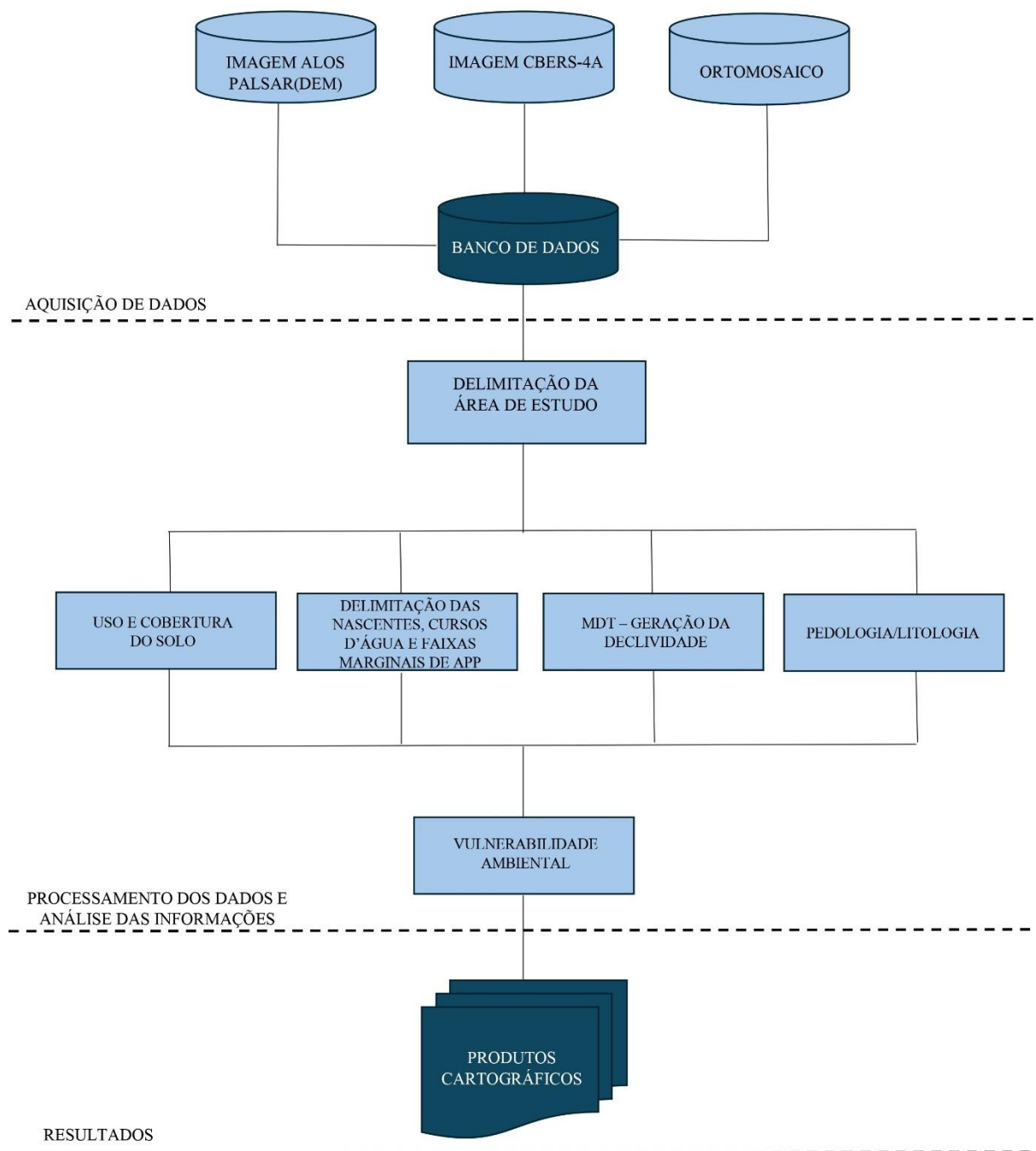
O estudo de Santos e Santos (2023) destaca a importância da utilização de drones no patrulhamento ambiental, salientando sua capacidade de coletar dados precisos e detalhados, que contribuem significativamente para a compreensão dos ecossistemas e para o desenvolvimento de estratégias eficazes de conservação e gestão ambiental. Os ARP's oferecem soluções inovadoras e eficazes para o patrulhamento e recuperação ambiental, com benefícios que incluem monitoramento eficiente, coleta de dados em tempo real, segurança para as autoridades, proteção ambiental e recuperação de nascentes.

Ademais, em consonância com as ideias de Pincinato (2005), o Sensoriamento Remoto se configura como uma ferramenta na luta pela preservação e recuperação das nascentes, através da coleta de dados precisos e abrangentes, essa tecnologia permite a implementação de ações eficazes e direcionadas, maximizando as chances de sucesso na conservação e preservação das nascentes.

5 MATERIAL E MÉTODOS

As etapas que definem os procedimentos metodológicos adotados por esta pesquisa são apresentadas na Figura 6. A fase inicial de aquisição de dados destaca-se pela obtenção das imagens dos satélites, CBERS-4A e ALOS PALSAR, seguida pelo sobrevoo para produção do ortomosaico da área a ser analisada. Esses dados foram utilizados para a criação do banco de dados. Posteriormente, o processamento e análise das informações teve início, abrangendo a delimitação da área de estudo, a identificação das nascentes, a demarcação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e a elaboração do mapa de uso e cobertura do solo afim de entender o comportamento do solo em toda área de drenagem (bacia hidrográfica). A partir da identificação das nascentes e as áreas de preservação permanente em seu entorno, foi possível gerar com o Modelo Digital de Terreno (MDT) a declividade, a pedologia e a litologia. A integração desses aspectos possibilitou a análise da vulnerabilidade da área de estudo e, conseqüentemente, a elaboração de produtos cartográficos de cada um desses itens.

Figura 6 - Fluxograma



Fonte: A autora (2025)

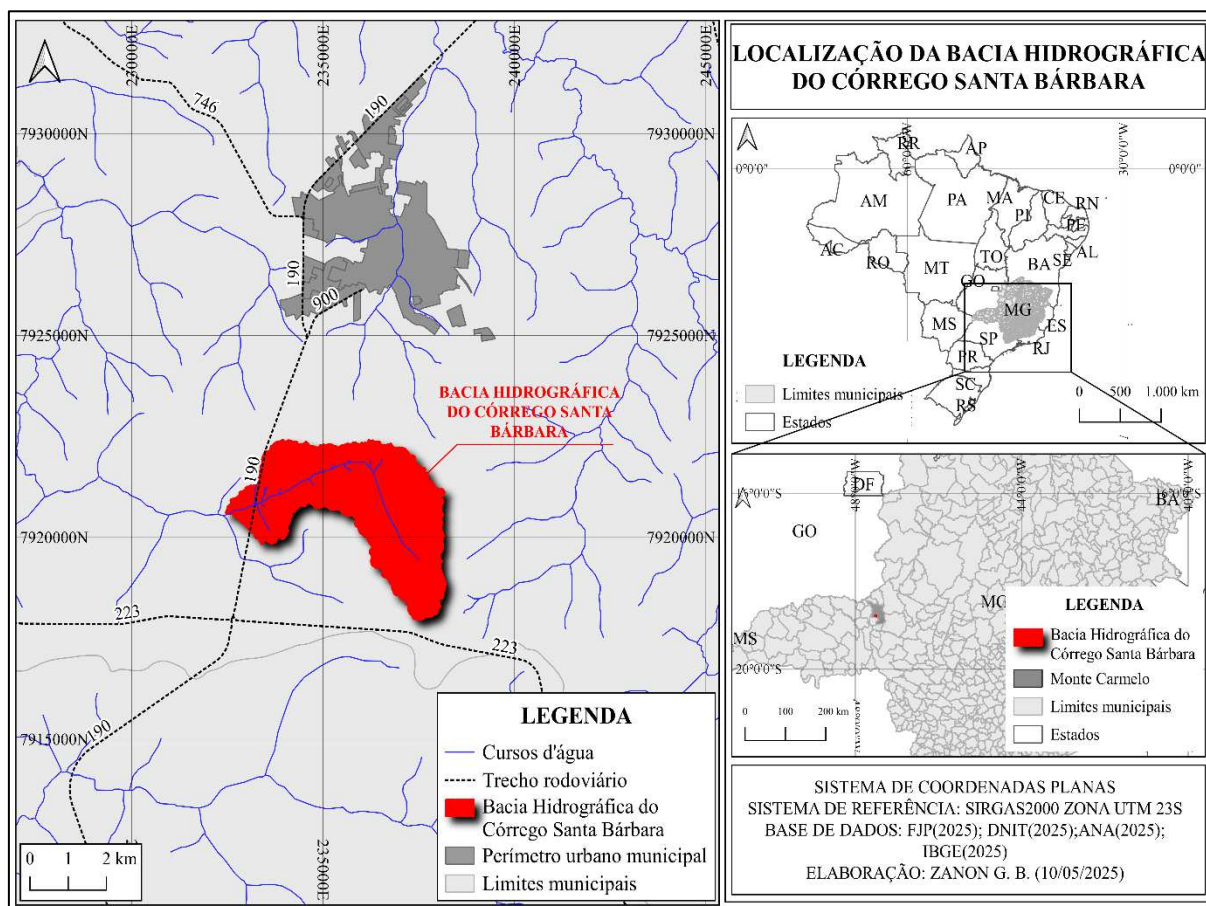
5.1 Localização e caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Bárbara (BHCSB) está localizada no

município de Monte Carmelo, Minas Gerais, pertencente a mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, microrregião de Patrocínio. Sua área total abrange 12,89 km², delimitada pelos limites territoriais do município. O Córrego Santa Bárbara, principal curso d'água da bacia, percorre aproximadamente 7,216 km, coletando água de seus afluentes e contribuindo para a dinâmica hidrológica local.

A Figura 7 ilustra a localização da BHCSB, destacando suas principais características, como cursos d'água, rodovias e municípios adjacentes.

Figura 7 - Localização da área de estudo



Fonte: A autora (2025)

5.2 Material

Para a realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Imagem do satélite ALOS PALSAR (*ALASKA SATELLITE FACILITY*, 2025);
- Imagem do satélite CBERS-4A (INPE, 2025);
- *Software QGIS 3.10*;
- *Mavic 2 Pro – DJI*;
- *Software Drone Deploy*;
- *Software Agisoft Metashape*;
- *Smartphone Samsung A32*;
- *Software DJI GO 4*;
- *Notebook Lenovo Intel(R) Core i7*.

5.3 Métodos

A seguir estão apresentados os métodos utilizados para a execução do trabalho.

5.3.1 Pesquisa bibliográfica

Nesta etapa, conduziu-se uma revisão bibliográfica abrangente com foco nas nascentes, explorando suas implicações para a preservação e conservação por meio de técnicas de agrimensura, além de identificar medidas eficazes a serem adotadas.

Para garantir um entendimento completo e embasado empiricamente sobre o tema, realizou-se um exame de dissertações, teses e artigos científicos relevantes que abordam as questões em pauta. Este estudo tem como propósito estabelecer uma base de conhecimento sólida, embasada nas práticas e nos avanços mais recentes no campo, com o intuito de contribuir para a compreensão e o aprimoramento das estratégias de conservação das nascentes. Além disso, visou integrar a perspectiva da agrimensura para uma análise mais precisa do tema.

5.3.2 Aquisição da Imagem do Satélite Alos Palsar

Para dar início à seleção da área de estudo para a aplicação da metodologia,

utilizou-se a imagem de satélite do *ALOS PALSAR* para extrair a área da bacia hidrográfica. Utilizou-se como ponto de partida a Estação Fluviométrica Santa Bárbara 01, disponibilizada pela empresa GH2O, situada no exutório do Córrego Santa Bárbara, em Monte Carmelo-MG. A partir desse ponto inicial, foi possível realizar a extração da área da bacia através dos métodos mencionados no tópico 5.3.3 deste estudo. O acesso à imagem foi feito através do portal *EARTHDATA - ASF Data Search Vertex*, onde efetuou-se o login como é possível verificar na Figura 8. Após o login, tornou-se possível realizar o download da imagem.

Figura 8 - Login no ASF



Fonte: ASF Data Search Vertex.

Após acessar a página do *EARTHDATA*, selecionou-se a opção *ALOS PALSAR*. Com a definição do período de imageamento limitado ao ano de 2011, último ano de passagem do satélite, foi possível realizar o download da imagem.

5.3.3 Delimitação de Área de Drenagem através das extensões GRASS e SAGA do QGIS versão 3.10

Para a elaboração da proposta deste trabalho, foi utilizado o software gratuito

QGIS, versão 3.10, o qual permite a delimitação automática de bacias hidrográficas, através da execução de algoritmos do SAGA e do GRASS, conhecidas como extensões hidrológicas integradas.

- *SAGA*

Inicialmente, aplicou-se um processo de análise para eliminar os vazios presentes na camada *raster* utilizando a imagem gerada como camada principal. Em seguida, foi realizada a correção de depressões no modelo digital de elevação, resultando na geração de três arquivos: *Filled DEM*, *Flow Direction* e *Watershed Basins*, sendo o primeiro utilizado na etapa subsequente.

- *GRASS*

Para a delimitação da bacia hidrográfica, utilizou-se o modelo digital de elevação corrigido, definindo o tamanho mínimo da bacia como 300. Em seguida, identificou-se a direção do fluxo e, posteriormente, o ponto de exutório foi selecionado com precisão máxima no ponto inicial mencionado no item 5.3.2. Como resultado, obteve-se a área da bacia hidrográfica, ou seja, a área de estudo.

5.3.4 Aquisição e processamento da imagem de satélite CBERS-4A

5.3.4.1 Aquisição

Para a aquisição das bandas do satélite CBERS-4A, efetuou-se o login no portal online do INPE. Dando continuidade, localizou-se a área de estudo dentro do site e dessa forma foi possível selecionar o período de aquisição das imagens, priorizando a passagem mais recente do satélite. O objetivo foi obter um maior detalhamento do uso e cobertura do solo.

Para otimizar o uso das imagens geradas a partir das bandas, escolheu-se o sensor WPM (Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura). A seleção

das bandas teve como objetivo obter uma resolução espacial de 2 metros. Inicialmente, foram adquiridas as bandas RGB - *Red*, *Green* e *Blue* (3, 2 e 1) com resolução espacial de 8 metros. Em seguida, utilizou-se a banda pancromática (banda 0), que apresenta resolução de 2 metros. As imagens adquiridas corrigidas geometricamente e radiometricamente, estão no formato .tif, permitindo uma análise espacial mais precisa (INPE, 2025).

5.3.4.2 *Processamento*

Subsequentemente, o processamento das imagens foi retomado. Inicialmente, realizou-se a mesclagem das bandas RGB (3, 2 e 1), através da ferramenta mesclar no QGIS, configurando-as para serem combinadas em um único arquivo com três bandas, resultando em uma imagem colorida com resolução espacial de 8 metros. Em seguida, para aprimorar a resolução da imagem, aplicou-se um processo de fusão com a banda pancromática (0), gerando uma nova imagem colorida com resolução espacial de 2 metros, através da ferramenta pansharpening.

Após a finalização do processamento, foi possível realizar uma análise atualizada do uso e cobertura do solo em toda a área de estudo.

5.3.5 *Uso e cobertura do solo*

Para a identificação e análise do uso e cobertura do solo na área de estudo, utilizou-se a imagem de satélite CBERS-4A previamente processada. Em seguida, a imagem foi exportada para um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), especificamente o QGIS, empregado neste estudo.

No QGIS, realizou-se a vetorização manual e a classificação dos diferentes tipos de uso do solo. Para isso, foram aplicadas técnicas de vetorização, criando-se um arquivo vetorial para cada classe identificada, iniciando o processo de segmentação e categorização das áreas mapeadas.

O processo de vetorização seguiu as etapas a seguir:

1. No Painel de Camadas, acessou-se a opção para criação de um novo arquivo

vetorial.

2. O tipo de geometria foi definido conforme a necessidade do mapeamento, podendo ser ponto, linha ou polígono.
3. Após a criação do arquivo vetorial, iniciou-se a edição da camada, utilizando ferramentas de vetorização para delimitar os limites das classes de uso do solo, sendo elas: as nascentes, cursos d'água, app, remanescente nativo, áreas consolidadas etc.
4. Para cada novo polígono, preencheram-se os atributos correspondentes, assegurando a correta classificação das áreas identificadas.

Esse procedimento resultou na geração de uma base de dados de qualidade cartográfica, possibilitando uma análise detalhada da ocupação e do uso do solo na área de estudo.

5.3.6 Utilização do ARP

A altura de voo, favoreceu a proximidade das imagens adquiridas em relação à área de estudo facilitou a correlação entre os dados vetorizados manualmente e as características reais do terreno. Essa estratégia permitiu uma interpretação mais precisa do uso e cobertura do solo, facilitando a validação das classes identificadas.

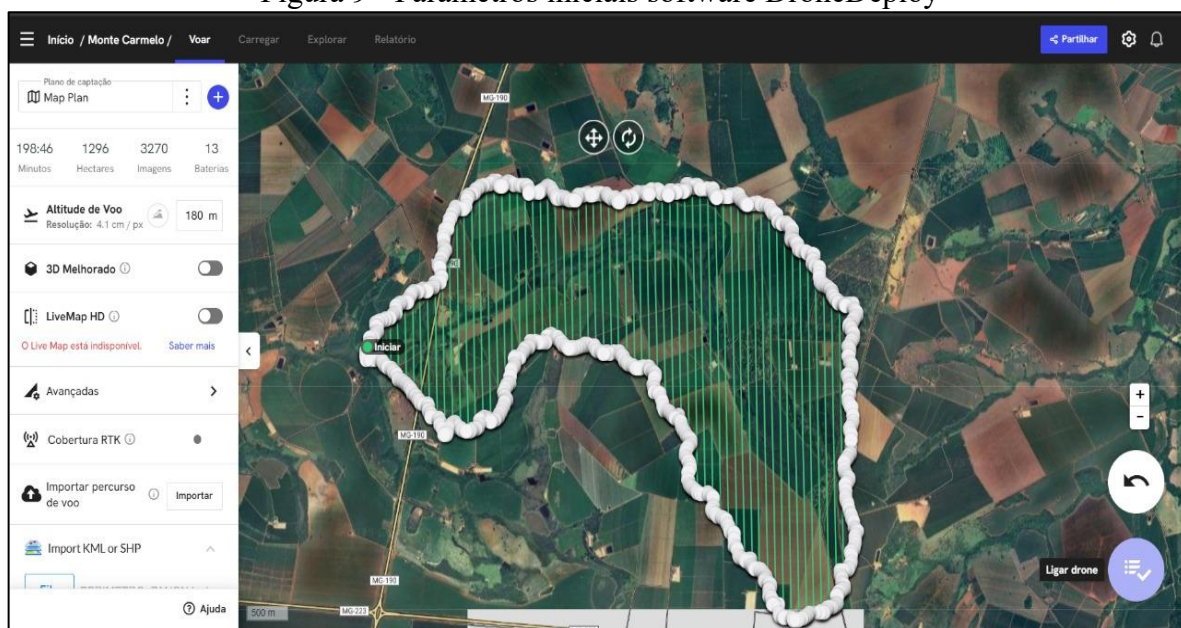
5.3.6.1 Plano de voo no Software DroneDeploy

Foi criado um plano de voo para toda a área de estudo utilizando o software *DroneDeploy*, disponível gratuitamente tanto na versão online quanto como aplicativo móvel. Para o planejamento e execução do voo, foram utilizadas ambas as versões do *software*.

As configurações definidas para o plano de voo, observadas na Figura 9 e Figura 10, incluíram uma altitude de 180 metros, com sobreposição frontal de 70% e sobreposição lateral de 60%, além de uma velocidade de voo de 14 m/s. Essas configurações foram escolhidas com o intuito de otimizar a cobertura fotográfica da área, assegurando um bom equilíbrio entre a área de captura e a qualidade do

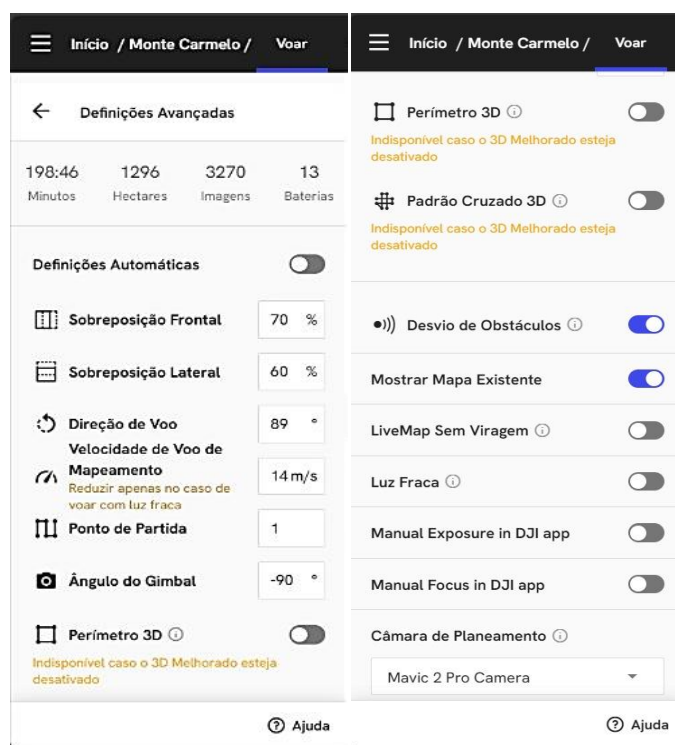
processamento das imagens. Para iniciar o processo, foi importado para o *software DroneDeploy* um arquivo no formato .kml, previamente gerado com a delimitação da área de estudo, conforme detalhado no item 5.3.3. Essa importação permitiu o alinhamento do plano de voo com a área definida, garantindo a cobertura completa necessária para a análise posterior.

Figura 9 - Parâmetros iniciais software DroneDeploy



Fonte: A autora (2025)

Figura 10 - Demais parâmetros software *DroneDeploy*



Fonte: A autora (2025).

5.3.6.2 Sobrevoos da área

Após a criação dos planos de voo para a área total de estudo, foi necessário acessar o *software DroneDeploy* por meio de um *smartphone* Samsung A32, utilizando a mesma conta na qual o plano foi criado na versão online. Além do *DroneDeploy*, também foi utilizado o aplicativo *DJI GO 4*, desenvolvido pela fabricante do drone empregado no levantamento, o *Mavic 2 Pro*.

Após realizar o login em ambos os softwares, os levantamentos foram iniciados a partir do ponto inicial (1) e prosseguiram até que a bateria atingisse 20% de carga. Devido à limitação de três baterias, o plano de voo precisou ser executado ao longo de três dias (de 27/02/2024 até 29/02/2024), garantindo a cobertura completa da área de estudo.

No primeiro dia, foram realizados três voos, cobrindo uma área extensa devido às condições climáticas favoráveis. Nos segundo e terceiro dias, foram executados dois voos diários, seguindo o mesmo plano de voo inicial. O *software* utilizado registrava

o progresso, indicando as áreas já sobrevoadas, o que garantiu a cobertura completa da área de interesse. A Figura 11 ilustra o ARP utilizado no levantamento.

Figura 11 - Drone Mavic 2 DJI



Fonte: A autora (2025).

5.3.6.3 Filtragem e processamento no Software Agisoft Metashape

Após a coleta das imagens aéreas, estas foram transferidas para o notebook, onde passaram por um processo de filtragem, realizando a exclusão das fotos que não são úteis, para garantir a qualidade dos dados. Esse processo consistiu na análise e remoção de fotos que poderiam comprometer o processamento devido a possíveis erros, como desfoque, sobreposição inadequada ou problemas de iluminação.

As imagens filtradas foram então organizadas por dia de levantamento ou zona de voo, uma vez que a capacidade de processamento da máquina não permitia o carregamento simultâneo de todas as fotos adquiridas em campo.

Em seguida, foi gerada uma nuvem densa de pontos, que refinou a precisão e a densidade dos pontos capturados. Com base nessa nuvem densa, o modelo tridimensional foi construído, transformando os pontos em uma malha tridimensional.

Para adicionar detalhes visuais ao modelo, foi aplicada uma textura à superfície com base nas imagens originais. Posteriormente, o Modelo Digital de Elevação (MDE) foi criado, extraindo informações topográficas da área imageada.

Por fim, foi gerado o ortomosaico, um produto que combina todas as imagens sobrepostas em uma única imagem ortorretificada.

O ortomosaico final foi exportado e está pronto para ser utilizado em análises posteriores, visualizações ou compartilhamento conforme necessário.

5.3.7 Localização das nascentes, delimitação das faixas marginais de App

Viabilizando a caracterização ambiental da área da bacia hidrográfica, foram implementados procedimentos técnicos para a localização das nascentes e a delimitação das faixas marginais de APP, conforme os parâmetros estabelecidos pela legislação ambiental vigente (Brasil, 2012), que estipula distâncias de 30 metros para cursos d'água de até 10 metros de largura e 50 metros para nascentes.

Para a efetivação dessas medidas, foi desenvolvido um Sistema de Informações Geográficas (SIG) no software QGIS 3.10, possibilitando a delimitação precisa das áreas de APP. A estrutura do SIG foi composta pelas seguintes camadas vetoriais:

- Camada poligonal de delimitação da Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Bárbara (BHDCSB), conforme definido no item 5.3.3 deste estudo;
- Camada linear de representação do curso d'água principal e de seus afluentes;
- Identificação das nascentes a partir da análise da imagem de satélite e ortomosaico;
- Camada pontual de localização georreferenciada das nascentes identificadas;
- Camada poligonal das APPs de delimitação das faixas marginais de APP, considerando 30 metros para os cursos d'água e 50 metros para as nascentes, conforme a legislação vigente. Toda a delimitação foi realizada a partir de linhas vetoriais dos cursos d'água e das nascentes representadas pontualmente.

Na sequência, foram incorporados ao SIG a imagem de satélite CBERS-4A e o ortomosaico gerado no item anterior. A partir desses dados, foi realizada a interpretação de imagens no QGIS, seguida da vetorização do curso d'água principal e seus afluentes utilizando ferramentas avançadas de edição vetorial do software. Após

a definição da hidrografia, as faixas marginais de APP foram delimitadas de acordo com as diretrizes estabelecidas na legislação ambiental (Brasil, 2012).

5.3.8 Pedologia

A análise pedológica fundamenta-se na compreensão e interação entre os fatores e processos de formação do solo, bem como sua influência sobre os atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos. Assim, para a realização da classificação do solo presente na área da BHCSB, utilizou-se a base de dados disponibilizada pela ANA, de todo o estado de Minas Gerais. Realizou-se o download do arquivo no formato *.shp* e exportou para o software QGIS para realizar a classificação de acordo com o nome do componente do solo, como é possível observar na Figura 12.

Figura 12 - Tabela de atributos da Pedologia

	cd_uni	nc_ordem	nc_subor	nc_grangr	nc_subgr	tp_textu	tp_horiz	tp_erosid	tp_pedreg	tp_rochos	tp_relevo	nc_compon	nc_compo2	nc_compo3	nc_indus
1	TCo	LUVISSOLO	CRÔMICO	Órtico	planossólico	média/argilosa	A moderado	NULL	NULL	NULL	ondulado	NEOSSOLO LI...	NULL	NULL	NULL
2	PA	ARGISSOLO	AMARELO	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
3	TCo	LUVISSOLO	CRÔMICO	Órtico	saprolítico e tí...	média/argilosa	A moderado	não erodida	pedregosa I	não rochosa	suave ondulado...	LUVISSOLO C...	NULL	NULL	NULL
4	TCo	LUVISSOLO	CRÔMICO	Órtico	saprolítico e tí...	média/argilosa	A moderado	não erodida	pedregosa I	não rochosa	suave ondulado...	NEOSSOLO LI...	NULL	NULL	NULL
5	GK	GLEISSOLO	HÁPLICO	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
6	GVe	GLEISSOLO	HÁPLICO	Ta Eutrófico	neofluvisólico...	argilosa e muit...	A moderado	NULL	NULL	NULL	plano	GLEISSOLO HÁ...	NULL	NULL	NULL
7	TCo	LUVISSOLO	CRÔMICO	Órtico	saprolítico e tí...	média/argilosa	A moderado	não erodida	pedregosa I	não rochosa	suave ondulado...	NEOSSOLO LI...	NULL	NULL	NULL
8	RLe	NEOSSOLO	LITÓLICO	Eutrófico	típico	arenosa e média	A moderado	não erodida	pedregosa I	rochosa	forte ondulado...	NEOSSOLO LIT...	NULL	NULL	NULL
9	RL	NEOSSOLO	LITÓLICO	NULL	NULL	arenosa e méd...	fraco e modera...	NULL	rochosa e pedr...	NULL	plano e suave ...	NULL	NULL	NULL	NULL
0	TCo	LUVISSOLO	CRÔMICO	Órtico	plínico	siltosa/argilosa	A moderado	NULL	NULL	NULL	plano	LUVISSOLO C...	NULL	NULL	NULL
1	TCo	LUVISSOLO	CRÔMICO	Órtico	plínico	siltosa/argilosa	A moderado	NULL	NULL	NULL	plano	LUVISSOLO C...	NULL	NULL	NULL
2	RLe	NEOSSOLO	LITÓLICO	Eutrófico	fragmentário e...	arenosa e média	A moderado	não erodida	pedregosa I	rochosa	forte ondulado...	NEOSSOLO LIT...	NULL	NULL	NULL
3	EK	ESPODOSSOLO	HUMILÚVICO	NULL	NULL	arenosa	fraco e modera...	NULL	NULL	NULL	plano	NULL	NULL	NULL	NULL
4	TCo	LUVISSOLO	CRÔMICO	Órtico	planossólico	média/argilosa	A moderado	NULL	NULL	NULL	suave ondulado...	NEOSSOLO LI...	NULL	NULL	NULL
5	TCo	LUVISSOLO	CRÔMICO	Órtico	planossólico	média/argilosa	A moderado	NULL	NULL	NULL	suave ondulado...	NEOSSOLO LI...	NULL	NULL	NULL
6	VVo	VERTISSOLO	HÁPLICO	Órtico	típico	argilosa	A moderado	NULL	NULL	NULL	ondulado e sua...	VERTISSOLO H...	NULL	NULL	NULL
7	PVe	ARGISSOLO	VERMELHO	Eutrófico	típico e saprol...	média/argilosa	A proeminente	NULL	NULL	NULL	ondulado e sua...	ARGISSOLO V...	NULL	NULL	NULL
8	TCo	LUVISSOLO	CRÔMICO	Órtico	planossólico e ...	média/argilosa	A moderado	não erodida	pedregosa I	não rochosa	suave ondulado...	NEOSSOLO LI...	NULL	NULL	NULL
9	TCo	LUVISSOLO	CRÔMICO	Órtico	planossólico e ...	média/argilosa	A moderado	não erodida	pedregosa I	não rochosa	suave ondulado...	LUVISSOLO C...	NULL	NULL	NULL
0	RL	NEOSSOLO	LITÓLICO	NULL	NULL	arenosa e méd...	fraco e modera...	NULL	rochosa e pedr...	NULL	plano e suave ...	NULL	NULL	NULL	NULL
1	TCo	LUVISSOLO	CRÔMICO	Órtico	plínico	siltosa/argilosa	A moderado	NULL	NULL	NULL	plano	LUVISSOLO C...	NULL	NULL	NULL
2	PVe	ARGISSOLO	VERMELHO	Eutrófico	típico	média/argilosa	A moderado	NULL	NULL	NULL	forte ondulado	CAMBISSOLO...	NULL	NULL	NULL
3	PAa	ARGISSOLO	AMARELO	Alumínico	típico	média e média...	A moderado	NULL	NULL	NULL	forte ondulado	NEOSSOLO LI...	NULL	NULL	CAMBISSOLO
4	TCo	LUVISSOLO	CRÔMICO	Órtico	típico	argilosa e méd...	A moderado	NULL	NULL	NULL	suave ondulado	LUVISSOLO C...	NULL	NULL	VERTISSOLO

Fonte: Adaptado de ANA (2025).

5.3.9 Litologia

A ANA disponibiliza em seu catálogo o arquivo *.shp* da litologia do Estado de Minas Gerais, e com base nesses dados, foi realizado o download do arquivo e sua posterior

importação para o software QGIS, onde foi efetuada a classificação da litologia. Esse processo permitiu a identificação das unidades litológicas presentes na área de estudo, fornecendo informações para análises geológicas (Figura 13).

Figura 13 – Tabela de atributos da Litologia

	GLO_DS_EON	GLO_DS_ERA	GLO_DS_PER	GLO_DS_EPO	GLO_DS_SIS	GLO_DS_QLD	GLO_NUJ_1	GLO_DS_ORI	GLO_DS_LIT	GLO_DS_L_1	GLO_DS_CLA	GLO_DS_C_1	GLO_DS_SUB	GLO_DS_S_1	GLO_GM_ARE
1	oterozoico	Paleoproterozo...	Orosiriano	NULL	Isotopico Radi...	Direta	1801	ARN_RRR	Arenito Arcose...	Conglomerado	Sedimentar (o...	Sedimentar (o...	Clastica, Vulca...	Clastica	C
2	oterozoico	Paleoproterozo...	Orosiriano	NULL	Estratigrafico/E...	Direta	1801	ARN_RRR	Arenito Arcose...	Conglomerado	Sedimentar (o...	Sedimentar (o...	Clastica	Clastica	C
3	oterozoico	Paleoproterozo...	Orosiriano	NULL	Estratigrafico/E...	Direta	1801	ARN_RRR	Arenito Arcose...	Conglomerado	Sedimentar (o...	Sedimentar (o...	Clastica	Clastica	C
4	oterozoico	Paleoproterozo...	Orosiriano	NULL	Estratigrafico/E...	Direta	1801	ARN_RRR	Arenito Arcose...	Conglomerado	Sedimentar (o...	Sedimentar (o...	Clastica	Clastica	C
5	oterozoico	Paleoproterozo...	Estateriano	NULL	Isotopico Radi...	Direta	1601	ARN_RRR	Diabasio	Basalto	Igneia	Igneia	Plutonica	Vulcanica	C
6	oterozoico	Paleoproterozo...	Estateriano	NULL	Estratigrafico/E...	Direta	0	ARN_RRR	Areia	Cascalho	Sedimentar (o...	Sedimentar (o...	Sedimentos in...	Sedimentos in...	C
7	oterozoico	Cenozoico	Quaternario	Holoceno	Estratigrafico/E...	Indireta	0	ARN_RRR/AP-C...	Sedimento Alu...	Cascalho	Sedimentar (o...	Sedimentar (o...	Sedimentos in...	Sedimentos in...	C
8	oterozoico	Cenozoico	Quaternario	Holoceno	Estratigrafico/E...	Indireta	0	ARN_RRR/AP-C...	Sedimento Alu...	Cascalho	Sedimentar (o...	Sedimentar (o...	Sedimentos in...	Sedimentos in...	C
9	oterozoico	Paleoproterozo...	Estateriano	NULL	Estratigrafico/E...	Indireta	1601	ARN_RRR	Gabronorito, H...	Quartzito	Igneia, Metamo...	Metamorica	Plutonica, Met...	Metamorfismo...	C
10	oterozoico	Cenozoico	Quaternario	Holoceno	Estratigrafico/E...	Indireta	0	ARN_RRR/AP-C...	Sedimento Alu...	Cascalho	Sedimentar (o...	Sedimentar (o...	Sedimentos in...	Sedimentos in...	C
11	oterozoico	Paleoproterozo...	Estateriano	NULL	Estratigrafico/E...	Indireta	1601	ARN_RRR	Gabronorito, H...	Quartzito	Igneia, Metamo...	Metamorica	Plutonica, Met...	Metamorfismo...	C
12	oterozoico	Mesoproteroz...	Calimiano	NULL	Isotopico Radi...	Direta	1544	ARN_RRR	Quartzito Sienit...	Monzogranito	Igneia	Igneia	Plutonica	Plutonica	C
13	oterozoico	Mesoproteroz...	Calimiano	NULL	Isotopico Radi...	Direta	1551	ARN_RRR	Granito, Monz...	Albita Sienito	Igneia	Igneia	Plutonica	Plutonica	C
14	oterozoico	Paleoproterozo...	Orosiriano	NULL	Estratigrafico/E...	Indireta	1801	ARN_RRR	Xisto	Andesito, Brec...	Metamorica	Igneia	Metamorfismo...	Vulcanica	C
15	oterozoico	Cenozoico	Quaternario	Holoceno	Estratigrafico/E...	Indireta	0	ARN_RRR/AP-C...	Sedimento Alu...	Cascalho	Sedimentar (o...	Sedimentar (o...	Sedimentos in...	Sedimentos in...	C
16	oterozoico	Paleoproterozo...	Orosiriano	NULL	Isotopico Radi...	Direta	1911	ARN_RRR	Orthoaisse	Conglomerado	Metamorica	Sedimentar (o...	Metamorfismo...	Clastica	C
17	oterozoico	Cenozoico	Paleogeno	Oligoceno	Estratigrafico/E...	Indireta	1	AP-CA/AP-CA...	Arenito, Arenit...	Argilito, Congl...	Sedimentar (o...	Sedimentar (o...	Clastica	Clastica	C
18	oterozoico	Cenozoico	Quaternario	NULL	Estratigrafico/E...	Indireta	0	ARN_RRR/RAF	Aluviao, Areia...	Cascalho, Con...	Sedimentar (o...	Sedimentar (o...	Sedimentos in...	Sedimentos in...	C
19	oterozoico	Cenozoico	Quaternario	Holoceno	Estratigrafico/E...	Indireta	0	ARN_RRR/AP-C...	Sedimento Alu...	Cascalho	Sedimentar (o...	Sedimentar (o...	Sedimentos in...	Sedimentos in...	C
20	oterozoico	Mesoproteroz...	Calimiano	NULL	Estratigrafico/E...	Indireta	1401	ARN_RRR	Quartzito, Qua...	Xisto	Metamorica, S...	Metamorica	Metamorfismo...	Metamorfismo...	C
21	oterozoico	Mesoproteroz...	Ectasiano	NULL	Estratigrafico/E...	Direta	1201	ARN_RRR	Monzogranito, ...	Granito, Grano...	Igneia	Igneia	Plutonica	Plutonica	C
22	oterozoico	Paleoproterozo...	Orosiriano	NULL	Isotopico Radi...	Direta	1814	ARN_RRR	Granito, Monz...	Quartzito Monz...	Igneia	Igneia	Plutonica	Plutonica	C
23	oterozoico	Cenozoico	Quaternario	NULL	Estratigrafico/E...	Indireta	0	SPN	Areia, Argila	Cascalho	Sedimentar (o...	Sedimentar (o...	Sedimentos in...	Sedimentos in...	C
24	oterozoico	Mesoproteroz...	Calimiano	NULL	Isotopico Radi...	Indireta	1401	ARN_RRR	Granito, Monz...	Sienogranito	Igneia	Igneia	Plutonica	Plutonica	C

Fonte: Adaptado de ANA (2025).

5.3.10 Geração da Declividade

Para a geração do MDT foi necessário interpolar os valores de elevação da banda DEM. Após a interpolação, foi calculado no *software* Qgis, utilizando ferramentas de análise *raster*, a declividade de forma automática. Em seguida, para realizar a classificação da declividade, utilizou-se o MDT para calcular as diferentes classes de acordo com os intervalos definidos pela Embrapa, onde áreas com declividade entre 0% e 3% são consideradas planas, enquanto aquelas entre 3% e 8% são classificadas como suave-onduladas. Regiões com declividade entre 8% e 20% são onduladas, já aquelas entre 20% e 45% são forte-onduladas. Terrenos com inclinação entre 45% e 75% são classificados como montanhosos, e declividades superiores a 75% caracterizam áreas forte-montanhosas (EMBRAPA, 1979), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação da declividade de acordo com o relevo

Declividade (%)	Relevo
0 - 3	Plano
3-8	Suave-ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte-ondulado
45 - 75	Montanhoso
>75	Forte-montanhoso

Fonte: Adaptado de (EMBRAPA, 1979).

Para a extração das curvas de nível da área de estudo, definiu-se um intervalo de equidistância de 5 metros, considerando a escala do mapa e a declividade do terreno.

5.3.11 Vulnerabilidade Ambiental

A geração do Mapa de Vulnerabilidade Ambiental da BHCSB foi realizada no *software* QGIS, seguindo a metodologia proposta por Ross (1994). O processo começou com o levantamento e a preparação dos dados, envolvendo a coleta e análise de informações sobre pedologia, litologia, uso e cobertura do solo, além da declividade do terreno, conforme detalhado nos tópicos anteriores deste relatório.

A declividade foi um dos principais critérios analisados, sendo classificada em cinco níveis, de Muito Fraca ($\leq 6\%$) a Muito Forte ($\geq 30\%$), conforme apresentado na Tabela 2. Esses valores foram atribuídos à camada *raster* de declividade, servindo como base para a continuidade do processo de elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental.

Tabela 2 - Classes de declividade

CLASSE	INTERVALO (%)
1- Muito baixa	Até 3%
2 – Baixa	De 3 a 6%
3 - Média	De 6 a 12%
4 – Alta	De 12 a 20%
5 - Muito Alta	Acima de 30%

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

A Tabela 3 Indica os diferentes tipos de solos associados a cada grau de vulnerabilidade adotado na camada de pedologia. Solos com maior coesão tendem a ser menos frágeis, enquanto solos arenosos e mal estruturados são mais vulneráveis à erosão.

Tabela 3 - Classes dos tipos de solos

CLASSES DE VULNERABILIDADE	TIPOS DE SOLOS
1 - Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro, Vermelho amarelo
2 - Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho amarelo
3 - Média	Latossolo Vermelho amarelo, Nitossolos, Aluvissolos, Neossolos
4 - Alta	Neossolos, Cambissolos
5 - Muito Alta	Neossolos com cascalho, litólicos e Neossolos Quartzarênicos

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

O uso e a cobertura do solo também foram considerados na análise de vulnerabilidade, com graus de proteção variando de Muito Alta (1) a Baixa (5), de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 - Classes dos tipos de uso e cobertura do solo

CLASSES DE VULNERABILIDADE	TIPOS DE COBERTURA
1 - Muito Baixa	Remanescente nativos, matas naturais
2 - Baixa	Formações arbustivas densas
3 - Média	Cerrado denso, capoeira densa
4 - Alta	Culturas de ciclo longo em curvas de nível como café, laranja
5 - Muito Alta	Áreas desmatadas e queimadas, solo exposto, áreas de uso antrópico

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

A etapa final consistiu no processamento dos dados utilizando o QGIS. A classificação foi incorporada às tabelas de atributos das camadas vetoriais e, em seguida, as camadas de pedologia, litologia e uso do solo foram convertida para o formato *raster*. Para o cálculo da vulnerabilidade ambiental utilizou-se a ferramenta *Raster Calculator*, onde possibilitou a utilização de todas as camadas *raster* previamente processadas. Para a determinação da vulnerabilidade ambiental, foi utilizada uma equação que considerou os tópicos mencionados acima: declividade, pedologia, litologia e uso do solo. Cada fator recebeu um peso proporcional à sua influência sobre a suscetibilidade ambiental, a definição dos pesos utilizados na equação de vulnerabilidade ambiental baseia-se em metodologias propostas por Ross (1994) e adaptadas por Crepani *et al.* (2001), considerando a influência relativa de cada componente do meio físico. Conforme demonstrado na Equação (1) :

$$VA = [(Declividade \times 0,30) + (Pedologia \times 0,15) + (Litologia \times 0,20) + (Uso do Solo \times 0,35)] \quad (1)$$

Os pesos atribuídos a cada base utilizada para a geração da vulnerabilidade ambiental, foram 0,30 para a declividade, 0,15 para a pedologia, 0,20 para a litologia e 0,35 para o uso e ocupação do solo. A atribuição dos valores é explicado de acordo

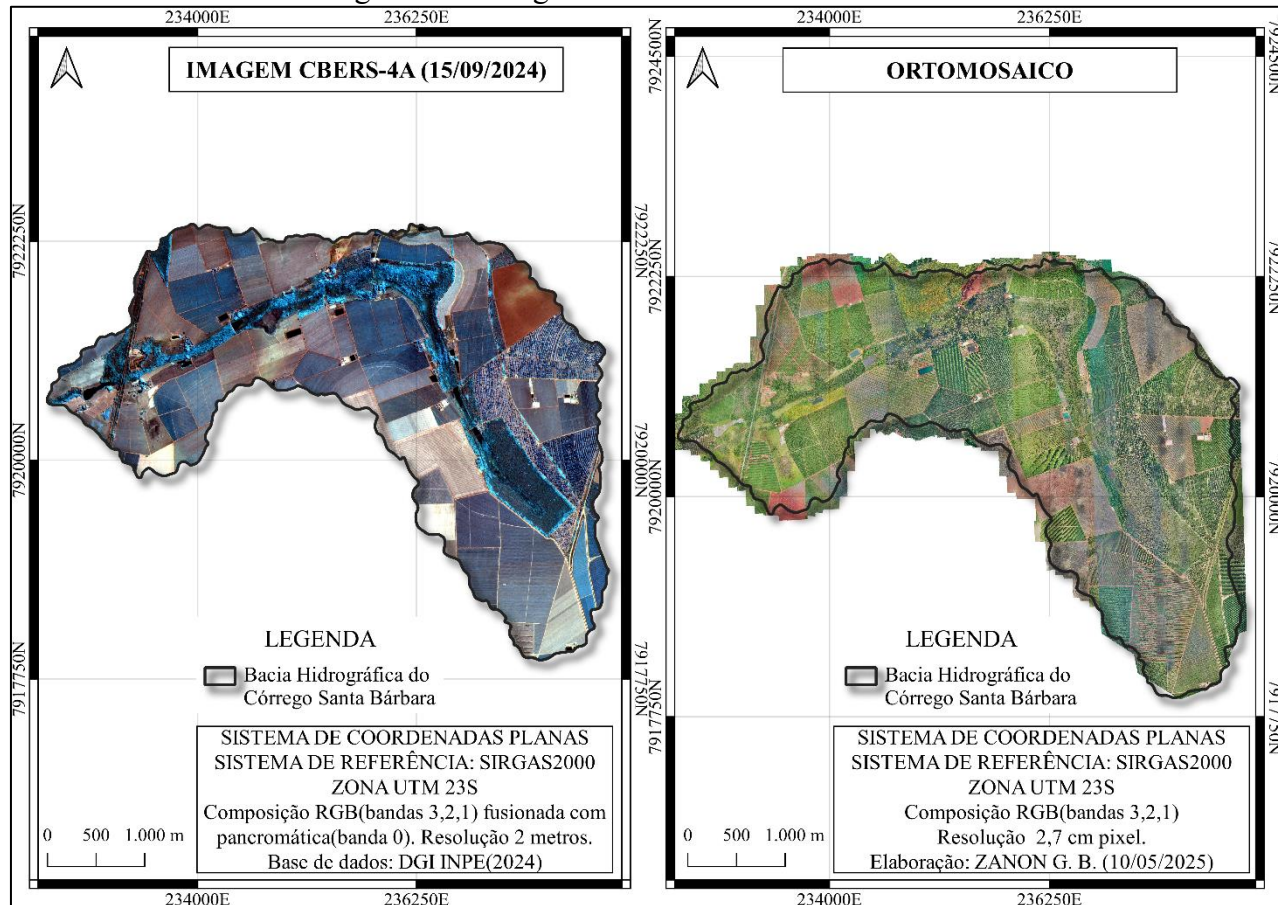
com a influencia de cada fator baseado na relevância em relação a conservação e preservação das nascentes.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Imagem CBERS-4A e ortomosaico

Mediante ao processamento obteve-se a imagem CBERS-4A, o que facilitou a vetorização dos usos e coberturas do solo, assim como a extração de outros parâmetros os quais serão apresentados a seguir. O processamento do ortomosaico que auxiliou de forma significativa em todo o trabalho, entende-se que as diferenças de tonalidade observadas no ortomosaico podem ser atribuídas ao fato de os voos terem ocorrido em dias e horários distintos, o que resultou em variações nas condições de iluminação durante a aquisição das imagens. Pode-se observar na Figura 14 a imagem de satélite e o ortomosaico gerado a partir do processamento das imagens.

Figura 14 – Imagem CBERS-4A e ortomosaico

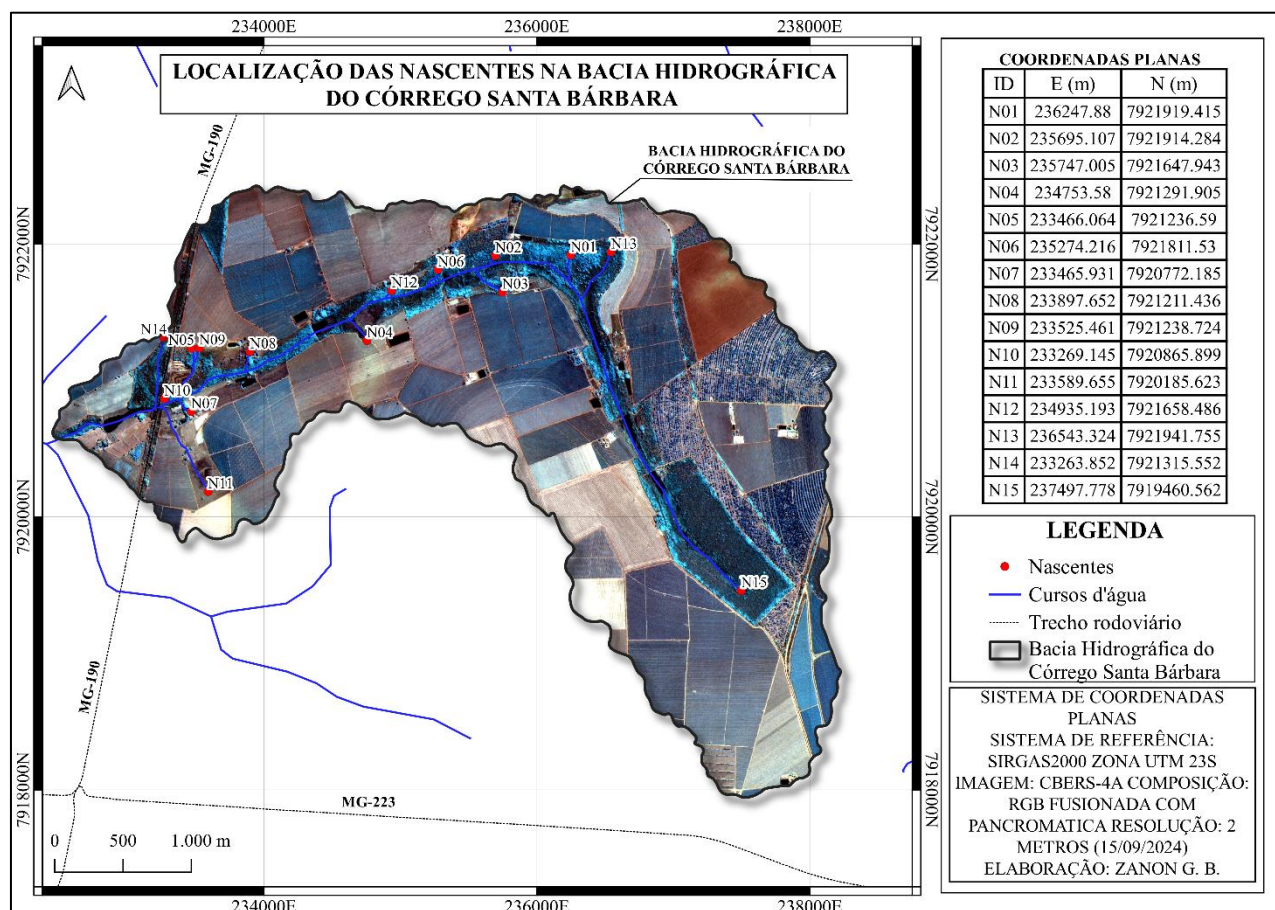


Fonte: A autora (2025).

6.2 Localização das nascentes

A partir da análise da imagem de satélite CBERS-4A e do ortomosaico, foi possível identificar e quantificar as nascentes presentes na Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Bárbara (BHCSB). No entanto, elas foram identificadas a partir da análise das imagens, para a confirmação dessas nascentes, é necessária a verificação em campo (Figura 15).

Figura 15 - Localização das nascentes identificadas na bacia



Fonte: A autora (2025).

Na Figura 15, são apresentadas 15 nascentes distribuídas ao longo da bacia hidrográfica, cada uma classificada com um ID de 01 a 15. As coordenadas métricas de cada uma identificam-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Identificação das nascentes presentes na Bacia

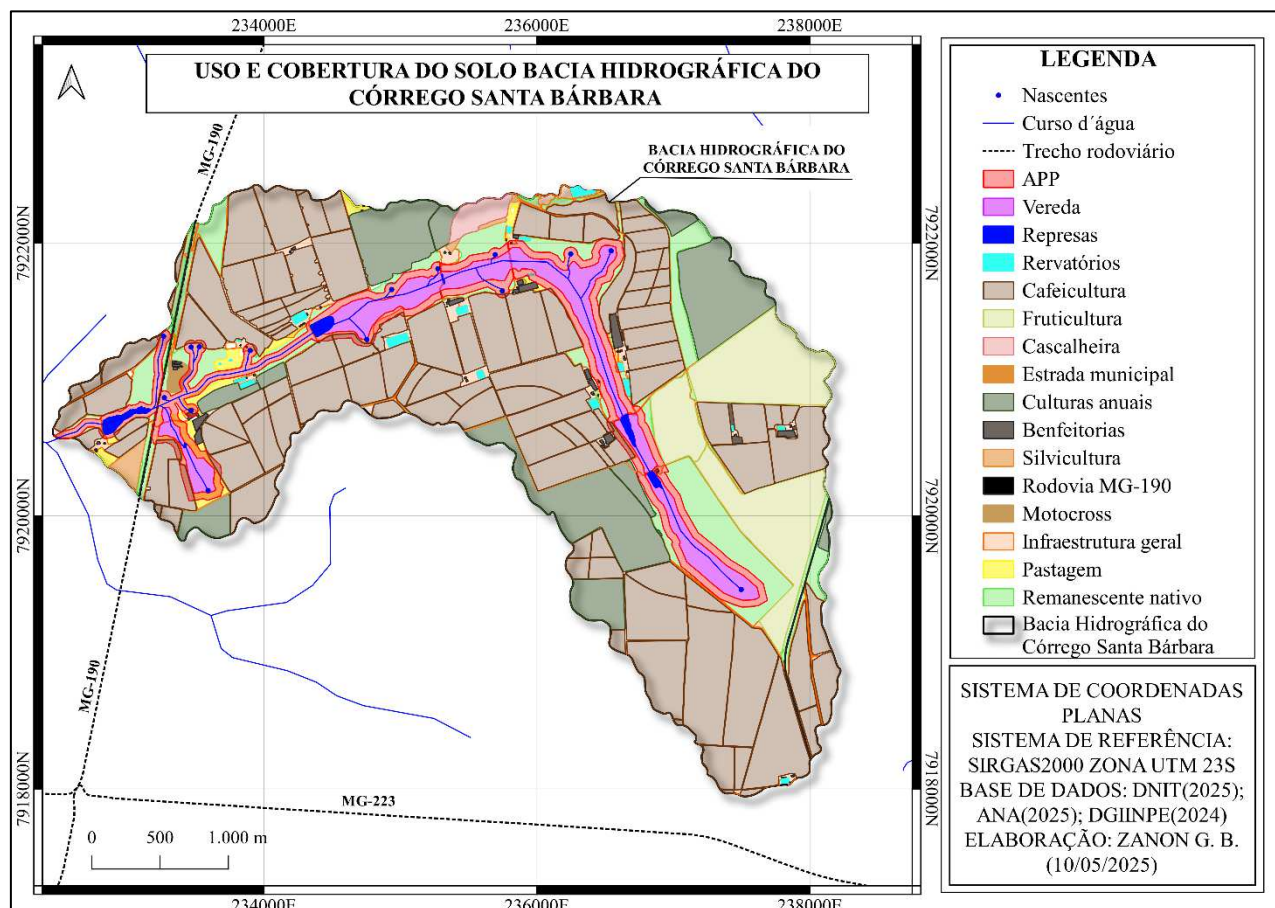
ID	E (m)	N (m)
N01	236.247,88	7.921.919,415
N02	235.695,107	7.921.914,284
N03	235.747,005	7.921.647,943
N04	234.753,58	7.921.291,905
N05	233.466,064	7.921.236,59
N06	235.274,216	7.921.811,53
N07	233.465,931	7.920.772,185
N08	233.897,652	7.921.211,436
N09	233.525,461	7.921.238,724
N10	233.269,145	7.920.865,899
N11	233.589,655	7.920.185,623
N12	234.938,193	7.921.658,486
N13	236.543,324	7.921.941,755
N14	233.263,852	7.921.315,552
N15	237.497,778	7.919.460,562

Fonte: A autora (2025).

6.3 Uso e cobertura do solo

Com base na análise da imagem CBERS-4A e do ortomosaico, foi possível elaborar o mapa de uso e cobertura do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Bárbara (BHCSB). A área estudada apresenta uma diversificação significativa de usos, englobando atividades agrícolas, áreas de preservação e infraestruturas, observa-se na Figura 16.

Figura 16 - Uso e cobertura do solo



Fonte: A autora (2025).

A Tabela 6 apresenta a quantificação de todos os usos presentes na bacia, destaca-se que a maior parte é ocupada pela cafeicultura (50,66%), pelo tipo de solo que será apresentado a frente nesse estudo e por apresentar condições climáticas favoráveis, conta também com áreas naturais e de conservação, como as Áreas de Preservação Permanente (6,81%), o remanescente de vegetação nativa (9,39%) e a vereda (3,41%). Apresenta também, áreas de culturas anuais (11,60%) e fruticultura (8,89%), a infraestrutura ocupa (3,64%), incluindo benfeitorias (0,58%) e vias de transporte (estradas municipais e rodovias com 0,17% e 0,19%, respectivamente). A atividade de motocross representa 0,21%, indicando uso recreativo do solo. Além disso, a presença de barragens (0,38%) e reservatórios (0,48%).

Tabela 6 - Uso e cobertura do solo

USO	ÁREA (ha)	%
APP	87,7700	6,81
Fruticultura	114,6250	8,89
Benfeitorias	07,5025	0,58
Represas	04,9034	0,38
Vereda	43,9280	3,41
Cafeicultura	653,1270	50,66
Cascalheira	08,0351	0,62
Culturas anuais	149,6010	11,60
Estrada municipal	02,1661	0,17
Silvicultura	05,6254	0,44
Motocross	02,7109	0,21
Pastagem	32,5776	2,53
Reservatórios	06,1670	0,48
Rodovias	02,4805	0,19
Remanescente nativo	121,0740	9,39
Infraestrutura geral	46,8765	3,64
TOTAL	1289,1700	100,00

Fonte: A autora (2025).

6.4 Declividade

As classes de declividade identificadas no perímetro da BHCSB são predominantemente plano e suave-ondulado. Essas classes estão representadas na Tabela 7.

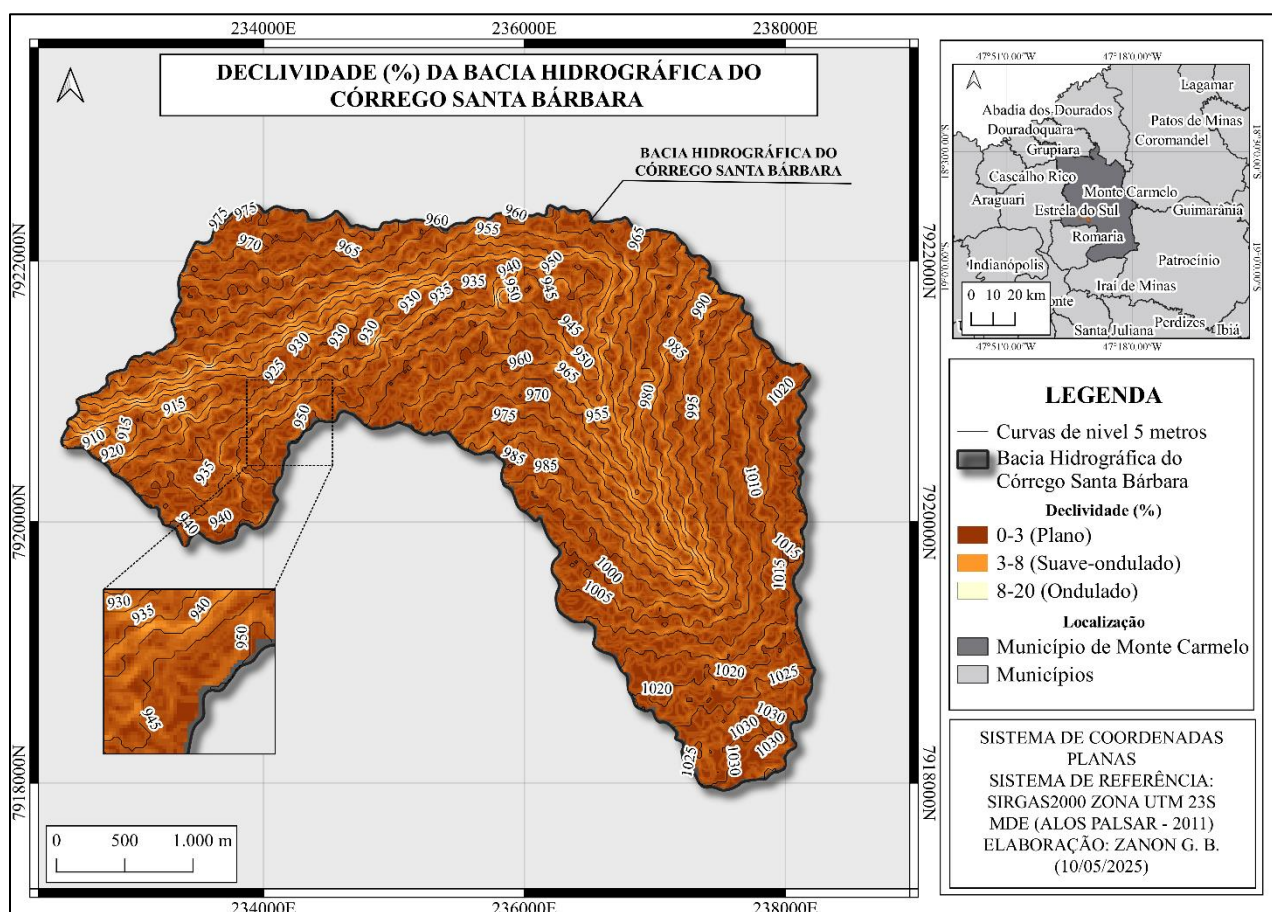
Tabela 7 - Quantificação da declividade de acordo com o relevo

RELEVO	ÁREA (ha)	%
Plano	677,6661	52,57
Suave-ondulado	571,1504	44,31
Ondulado	40,3536	3,13
TOTAL	1289,1700	100

Fonte: A autora (2025).

De acordo com a classificação da Embrapa, as declividades identificadas na BHCSB correspondem a três classes principais: plano (0% – 3%), abrangendo 52,57% da área total; suave-ondulado (3% – 8%), com 44,31%; e ondulado (8% – 20%), representando 3,13%. destacando assim a predominância em áreas planas e suavemente onduladas em toda bacia (Figura 17).

Figura 17 - Declividade (%)



Fonte: A autora (2025).

6.5 Pedologia

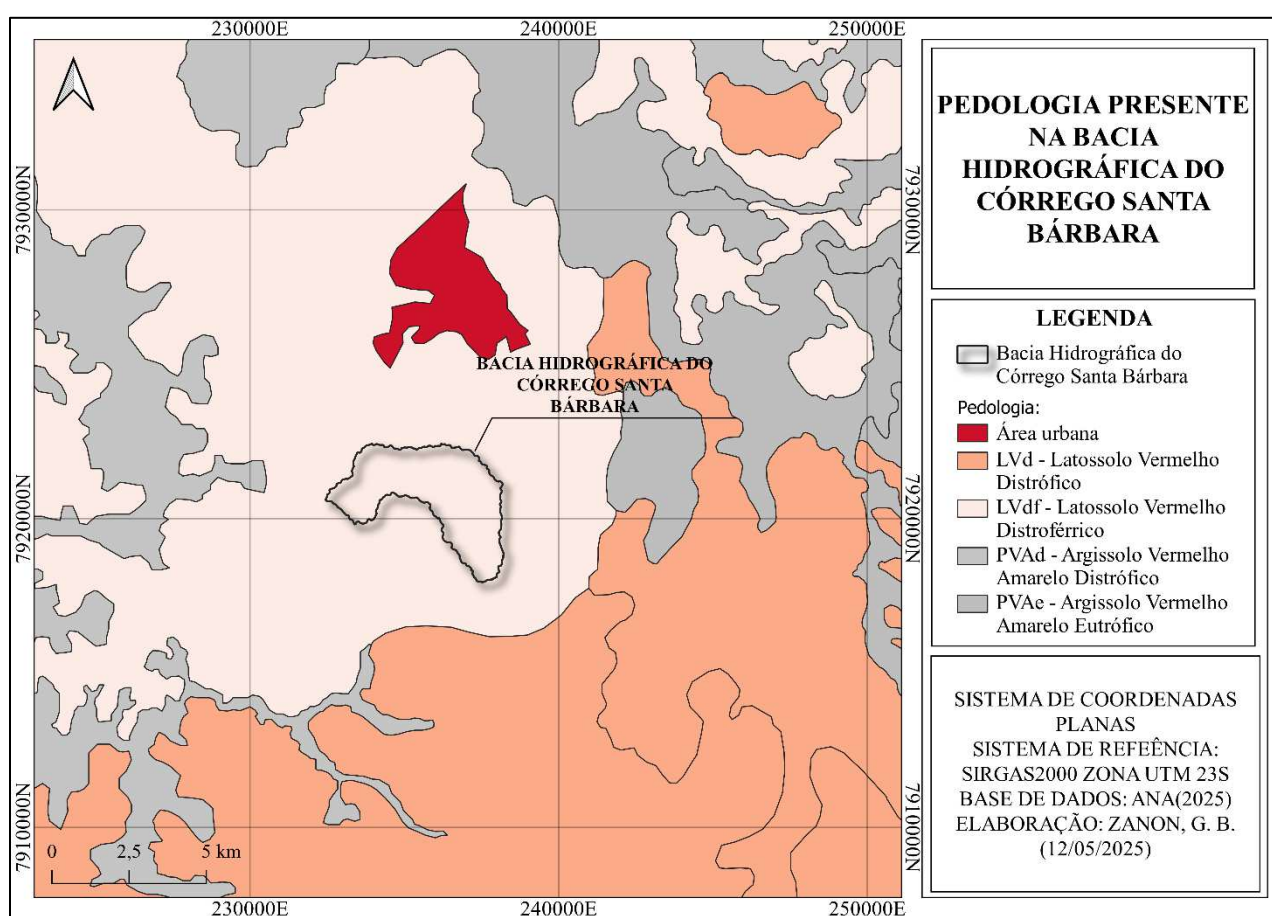
De acordo com a base de dados utilizados (ANA, 2025), verifica-se que o tipo de solo predominante na BHCSB na Tabela 8.

Tabela 8 - Quantificação da pedologia

PEDOLOGIA	ÁREA (ha)	%
LVdf- Latossolo Vermelho Distrófico	1289,1700	100
TOTAL	1289,1700	100

Fonte: A autora (2025).

Figura 18 - Pedologia



Fonte: A autora (2025).

Evidencia-se, na Figura 18, a predominância do Latossolo Vermelho Distrófico típico com caráter férreo (LVdf). De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (2018), essa classe de solo é característica de ambientes altamente intemperizados, nos quais ocorre intensa remoção de minerais solúveis e acúmulo relativo de argilominerais estáveis, além de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. Tal condição reflete um solo maduro, com elevada estabilidade estrutural e baixa

fertilidade natural.

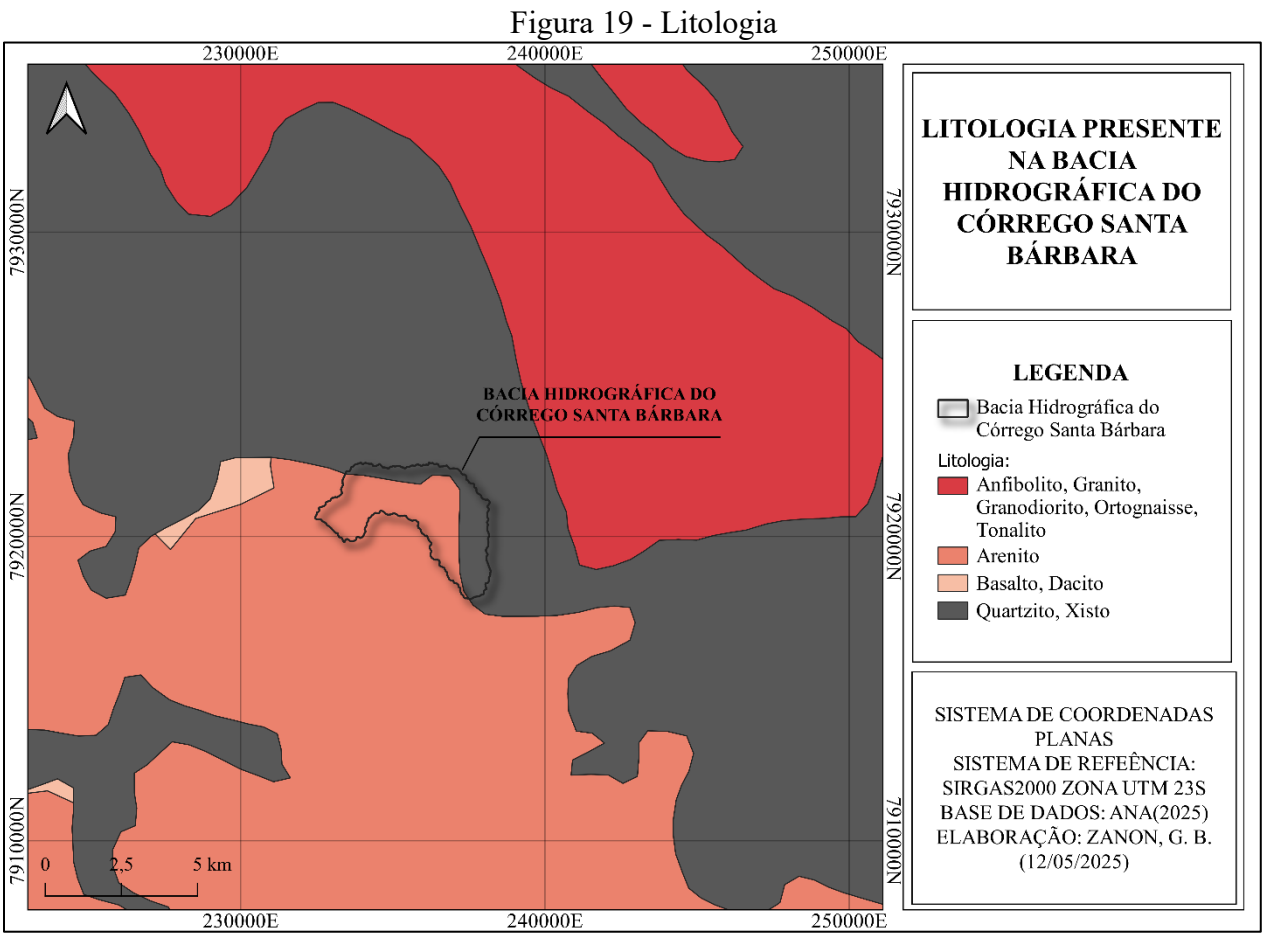
6.6 Litologia

Com base nos dados apresentados, conclui-se a litologia presente na BHCSB apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Quantificação da litologia

LITOLOGIA	ÁREA (ha)	%
Arenito	807,0256	62,60
Quartzito, Xisto	482,1444	37,40
TOTAL	1289,1700	100

Fonte: A autora (2025).



Fonte: A autora (2025).

Portanto, é possível afirmar que de acordo com a Figura 19, que a BHCSB é composta majoritariamente por arenito, que ocupa uma área de 807,0256 ha, correspondendo a cerca de 62,6% da bacia. As formações de quartzito e xisto, por sua vez, abrangem cerca de 482,1444 ha, o que representa aproximadamente 37,4% do total.

6.7 Vulnerabilidade

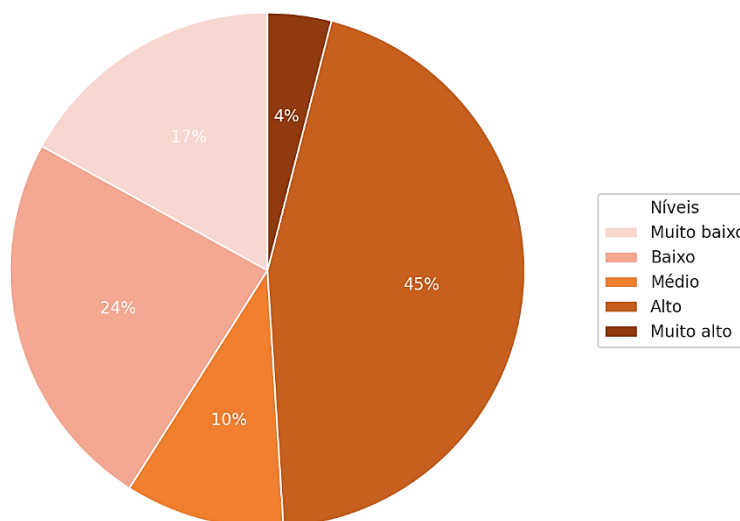
A distribuição das classes ao longo da BHCSB, conforme ilustrado na Tabela 10 e na Figura 20, revela uma predominância significativa de áreas com maior suscetibilidade a impactos ambientais.

Tabela 10 – Classes de vulnerabilidade ambiental

CLASSES DE VULNERABILIDADE	ÁREA (ha)	%
Muito baixo	225,0828	17,46
Baixo	311,9472	24,20
Médio	125,9712	9,77
Alto	576,2080	44,70
Muito alto	49,9608	3,88
TOTAL	1289,1700	100,00

Fonte: A autora (2025).

Figura 20 - Gráfico Vulnerabilidade Ambiental (%) na BHCSB

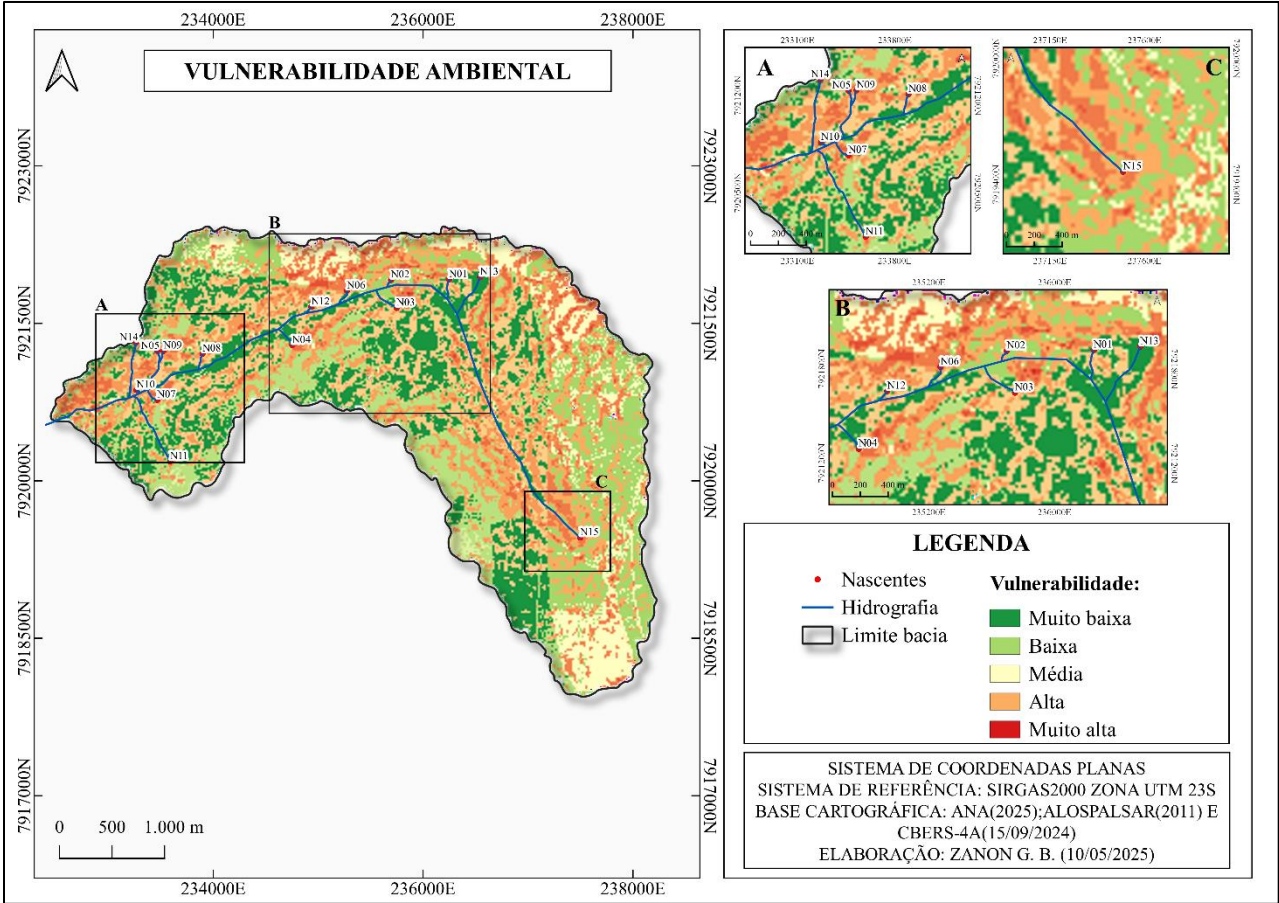


Fonte: A autora (2025).

A classe Alto (Forte) abrange a maior parte da bacia, com aproximadamente 576,20,80 ha, correspondendo a 44,70% da área total, o que indica uma condição de fragilidade ambiental acentuada. A seguir, observa-se a classe Baixo (Frac), representando 24,20%, e a classe Muito Baixo (Muito fraca), com 17,46%, sugerindo que cerca de 41% da área possui uma vulnerabilidade menor. Já as áreas classificadas como Média e Muito Alta (Muito forte) representam 9,77% e 3,88%, respectivamente. Esses dados indicam que mais da metade da bacia está em situação de média a alta vulnerabilidade ambiental.

Considerando a distribuição das nascentes, a Figura 21 ilustra as classes de vulnerabilidade ambiental nas áreas onde essas nascentes se encontram.

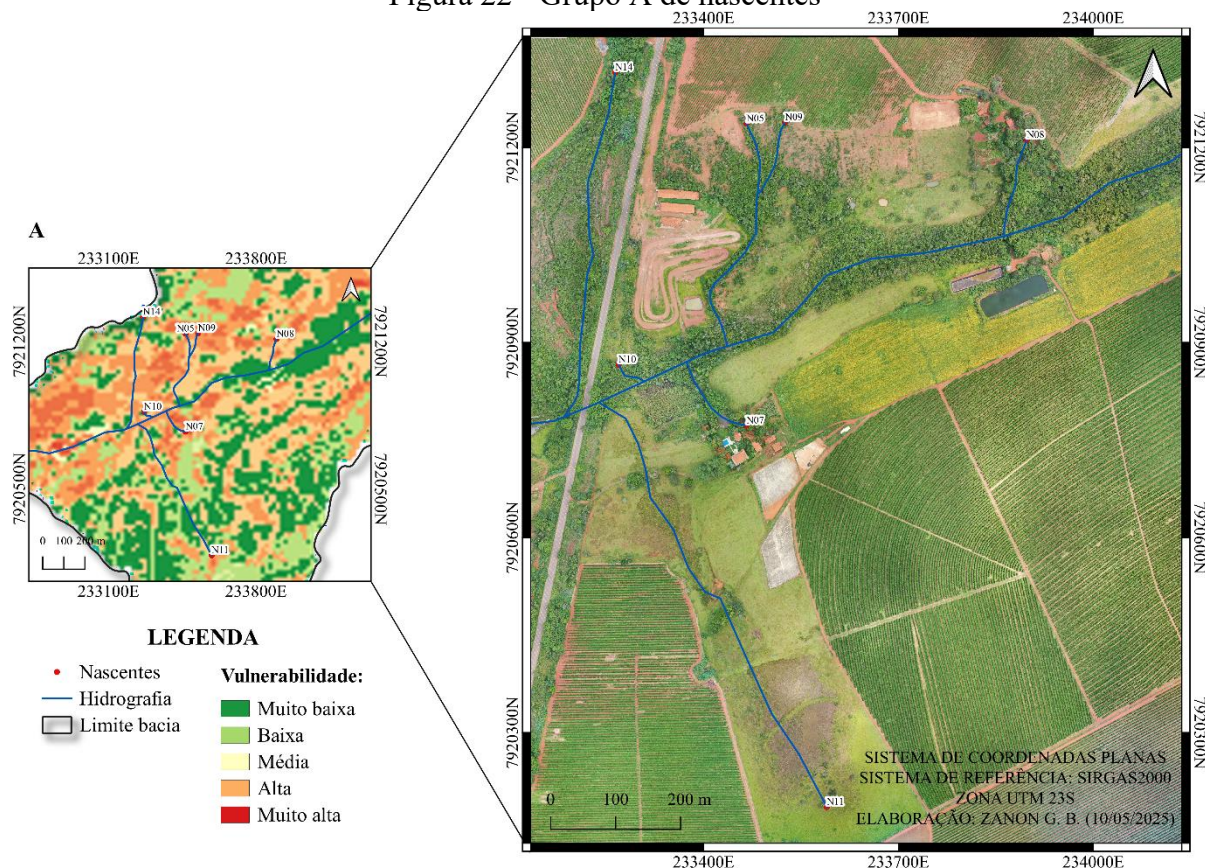
Figura 21 – Vulnerabilidade ambiental



Fonte: A autora (2025).

Observa-se na Figura 22 a distribuição das nascentes sobrepostas ao ortomosaico da área de estudo, no caso o Grupo A de nascentes, previamente identificadas na Figura 18, e correspondente aos IDs N05, N07, N08, N09, N10, N11 e N14, identificados na Tabela 5, desse estudo.

Figura 22 - Grupo A de nascentes

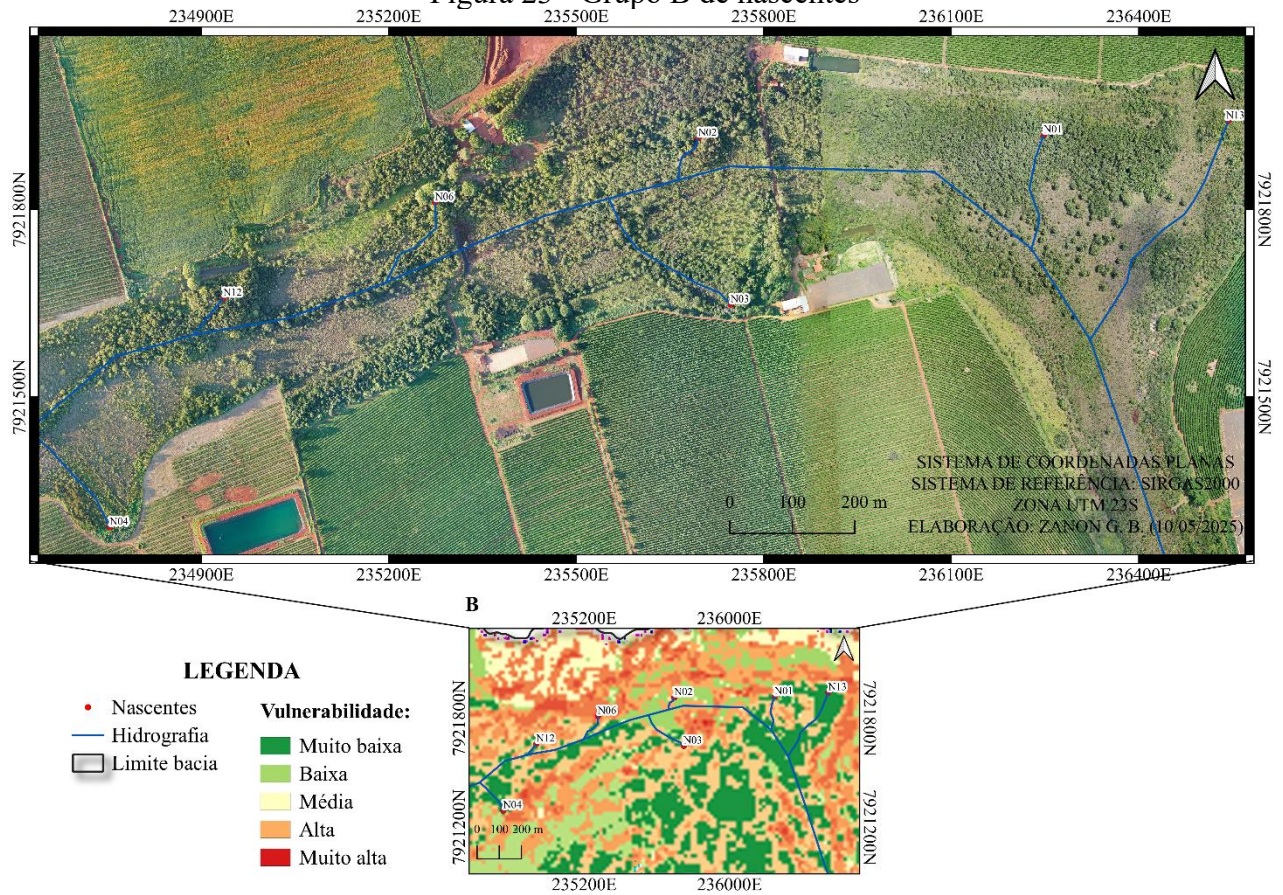


Fonte: A autora (2025).

As nascentes indicadas na Figura 22, classificadas como Grupo A, encontram-se em áreas que sofreram expressivas ações antrópicas, como a proximidade com rodovias, estradas rurais e outras infraestruturas. Além disso, grande parte dessas áreas apresenta vegetação nativa escassa. Esses fatores contribuem para a elevação da vulnerabilidade ambiental, sendo compatíveis com as classes de vulnerabilidade alta ou forte, conforme a classificação adotada no estudo.

Constata-se na Figura 23 a distribuição das nascentes sobrepostas ao ortomosaico da área de estudo, no caso o Grupo B de nascentes, previamente identificadas na Figura 18, e correspondente aos IDs N01, N02, N03, N04, N06, N12 e N13, identificados na Tabela 5, desse estudo.

Figura 23 - Grupo B de nascentes

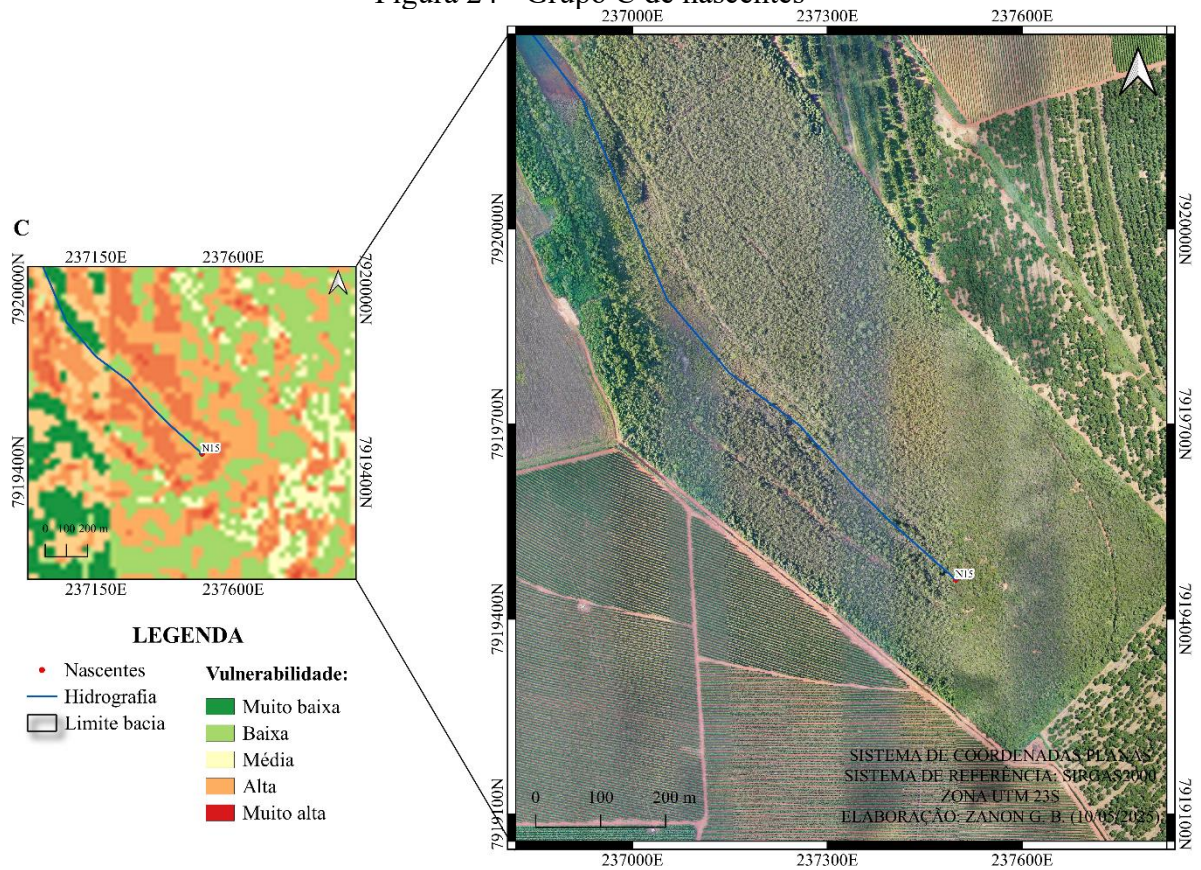


Fonte: A autora (2025).

As nascentes indicadas na Figura 23, classificadas como Grupo B, localizam-se em áreas com vegetação nativa mais expressiva, destacando-se a presença de áreas de vereda. Essa condição contribui para a redução da vulnerabilidade ambiental, sendo essas regiões majoritariamente enquadradas nas classes de vulnerabilidade muito baixa ou muito fraca, ou até mesmo baixa ou fraca conforme a classificação adotada no presente estudo.

Evidencia-se na Figura 24 a nascente sobreposta ao ortomosaico da área de estudo, no caso o Grupo C de nascentes, previamente identificado na Figura 21, e correspondente ao ID N15, identificados na Tabela 5, desse estudo.

Figura 24 - Grupo C de nascentes



Fonte: A autora (2025).

A nascente representada na Figura 24 encontra-se classificada como de vulnerabilidade baixa ou fraca, em função de sua localização no trecho inicial de uma área de vereda. No entanto, é importante destacar que a região ao seu entorno apresenta sinais de ações antrópicas, como a presença de carregadores e estradas, o que pode comprometer gradualmente a estabilidade ambiental da área.

7 CONCLUSÃO

De acordo com a metodologia empregada, conclui-se que as áreas ambientalmente mais vulneráveis da Bacia Hidrográfica do Córrego Santa Bárbara correspondem, majoritariamente, às regiões submetidas a ações antrópicas intensas ou situadas nas suas proximidades, especialmente aquelas com vegetação nativa escassa, como é possível observar nos produtos gerados neste, as nascentes apresentadas no Grupo A, estão mais vulneráveis ambientalmente que nos grupos B e C, pois ambos se encontram em áreas classificadas como vereda ou nas proximidades dela e apresentam remanescente nativo em seu entorno.

A aplicação de técnicas da agrimensura no diagnóstico ambiental, voltadas para a recuperação e conservação das nascentes no estudo de caso, mostrou-se eficaz na avaliação das áreas mais frágeis ao entorno desses recursos hídricos. Observou-se que locais com menor presença de atividades antrópicas tendem a apresentar classes de vulnerabilidade mais baixas, o que reforça a importância da preservação das zonas de recarga hídrica.

O uso do ortomosaico mostrou-se de extrema importância para a identificação precisa das feições do terreno, bem como das formas de uso e ocupação do solo, contribuindo significativamente para a análise espacial da vulnerabilidade ambiental.

Destaca-se ainda a relevância do presente estudo diante da crescente expansão das áreas agrícolas na bacia, fornecendo subsídios técnicos para a tomada de decisão quanto à gestão dos recursos hídricos. Vale ressaltar que a Associação de Usuários de Águas de Monte Carmelo (AUA), em parceria com a empresa GH2O e MonteCCer, já desenvolveu um Plano de Ações para Recuperação e Conservação da Bacia no ano de 2024, o que ofereceu subsídios para a continuidade dessa pesquisa.

Em síntese, este trabalho contribui para o avanço do conhecimento sobre a vulnerabilidade ambiental em bacias hidrográficas, reforçando a importância do planejamento territorial aliado à preservação das nascentes.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. Mapa de Pedologia - Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Brasil - 1:1.000.000. Brasília: ANA, 2025. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/ffeb6007-b741-4099-9889-5d50b3cd4168>. Acesso em: 04 mar. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. Mapa de Litologia do Brasil - 1:1.000.000. Brasília: ANA, 2025. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/4de151f5-6d20-4e87-b49c-c9b0ea65440c>. Acesso em: 04 mar. 2025.

ALASKA SATELLITE FACILITY. Search. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/#/?zoom=3.999¢er=-38.486,28.938>. Acesso em: 14 abr. 2025.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. Drones. 2017. Agência Nacional de Aviação Civil, 2017. Disponível em: <<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/drones#:~:text=Pelo%20regulamento%20da%20ANAC%2C%20aeromodelos,co mo%20experimentais%2C%20comerciais%20ou%20institucionais>>. Acesso em: 16 fev. 2024.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. RBAC-E 94 EMD 00. Agência Nacional de Aviação Civil. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94>>. Acesso em: 16 fev. 2024.

BAGGIO, A. J. et. al. Recuperação e proteção de nascentes em propriedades rurais de Machadinho, RS. [s.l: s.n.]. Acesso em: 16 fev. 2024

BARROS, L.L.; STEINKE, V.A. Análise morfométrica automatizada para bacia do rio Maranhão. Disponível em: <<http://martesid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.17.11.47/doc/4655-4661.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2024.

BEDÊ, J. C. Cartilha sobre a nova lei Florestal de Minas Gerais: Orientações aos produtores rurais. Lei nº 20.922/2013, dispõe sobre as políticas florestal e da proteção à biodiversidade. Belo Horizonte, ALEP Minas Gerais, 2013. Disponível em: <http://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/images/abook/pdf/set_14_69.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2024.

BRASIL. Congresso. Senado. Constituição (2012). Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Código Florestal Brasileiro: Legislação federal e marginalia. Disponível em:

<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>.
Acesso em: 16 fev. 2024.

BRUNDTLAND, G. H. Nosso futuro comum: relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: FGV, 1987.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os critérios e procedimentos a serem observados na classificação do estágio sucessional e na definição dos limites de Áreas de Preservação Permanente. Resolução nº 369. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 mar. 2006. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5486>> .Acesso em: 16 fev. 2024.

BRUNDTLAND, G. H. Nosso futuro comum: relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: FGV, 1987.

BRUNO, L. O. GRASS: A free and open-source solution for hydrographic body analysis. Nativa. In: Sinop, v.5, n. 1, p.24-30, jan./fev. 2017. Disponível em: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/3761>> . Acesso em: 16 fev. 2024.

CALHEIROS, R. de O. et al. Cadernos da Mata Ciliar: Preservação e Recuperação das Nascentes de Água e Vida. 2. ed. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2009. 32 p. Disponível em: <https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Cadernos_Mata_Ciliar_1_Preservacao_Nascentes.pdf> . Acesso em: 15 abr. 2025.

CARVALHO, Daniel F.; MELLO, Jorge L. P.; SILVA, Leonardo D. B. da. IT 115 – Irrigação e Drenagem: introdução à hidrologia. Rio de Janeiro: UFRRJ, 2007. 86 p. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>> . Acesso em: 16 fev. 2024.

CANDIDO, L. P. Uso e conservação de nascentes em assentamentos rurais. [S.l.]: Universidade Federal de Pernambuco, 2012.

CBERS-4A. Catálogo de imagens. Disponível em: <https://www.dgi.inpe.br/catalogo/explore>. Acesso em: 16 fev. 2024.

CNT; DNIT – Confederação Nacional do Transporte; Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Pesquisa CNT de rodovias 2021: relatório gerencial. Brasília, DF: CNT/SEST; SENAT, 2021. 389 p. Acesso em: 16 fev. 2024.

DroneDeploy. Plataforma de mapeamento aéreo. Disponível em: <https://www.dronedeploy.com/app2/auth/signin>. Acesso em: 21 mar. 2024.

CANAÚBA, E. A. A. Mapeamento do uso e ocupação da terra utilizando os satélites Landsat 8, Sentinel 2b e CBERS 4a em área de agricultura no município de limoeiro do norte -ce. Fortaleza 2021. [s.l: s.n.]. disponível em: <https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/59610/1/2021_tcc_eaacarnauba.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2024.

CASSET, v. Ambiente e apropriação do relevo. São Paulo. Contexto/Goiânia: Cegraf, 1991.

CBERS-4A. Disponível em: <https://www.dgi.inpe.br/catalogo/explore>. Acesso em: 16 fev. 2024.

CNT/DNIT – Confederação Nacional Do Transporte/ Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2021). Pesquisa CNT de rodovias 2021: relatório gerencial. CNT/SEST: SENAT, Brasília-DF, 389 p.15. Acesso em: 16 fev. 2024.

CORDEIRO, S. A.; GODOY, T. M.; GONTIJO, R. N.; GUERRA, C. A. de. (org.). Preservação de nascentes. Diamantina, UFVJM, 2021. 30 p. Disponível em: <http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/handle/1/2664>>. Acesso em: 19 mar. de 2024.

CREPANI, E. et al. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2001. Disponível em:< <http://www.dsr.inpe.br/laf/sap/artigos/CrepaneEtAl.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2025.

CRUZ, R. C.; TAVARES, I. S. Bacia hidrográfica: aspectos conceituais e práticos. Santa Maria, RS: Centro Universitário Franciscano, cap.3, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. Acesso em: 01 abr. 2024.

EMBRAPA. Vereda. Agência de Informação Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/vegetacao/savana/vereda>. Acesso em: 10 maio 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Satélites de monitoramento – Missão ALOS. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/alos>>. Acesso em: 05 março 2025.

FAUSTINO, J. Planificación y gestión de manejo de cuencas. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

FAUSTINO, J. Planificación y gestión de manejo de cuencas. Turrialba: CATIE, 1996. 90 p.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. Novo dicionário geológico-geomorfológico. 9 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 648p. 2011.

GROHMANN, C.H. Introdução à Análise Digital de Terreno com GRASS-GIS. São Paulo: Instituto de Geociências da USP, 2008. Disponível em: https://figshare.com/articles/journal_contribution/Introdu_o_An_lise_Digital_de_Terreno_com_GRASS_GIS/1004165. Acesso em: 01 abr. 2024.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geografia do Brasil: Região Nordeste. Rio de Janeiro: SERGRAF, 466p, 2000. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81436_v1.pdf> Acesso em: 16 fev. 2024.

INPE/CBERS. Sobre o CBERS: Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres. Disponível em: <<http://www.cbers.inpe.br/sobre/index.php>>. Acesso em: 16 fev. 2024.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. CBERS-04A – Usos e Aplicações. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br/programas/cbers/sobre-o-cbers-1/cbers-04a/usos-e-aplicacoes>. Acesso em: 14 abr. de 2025.

IGAM (2022). Bacias hidrográficas. Disponível em: http://www.igam.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=90&Itemid=147. Acesso em: 26 mar. de 2024.

INPE. (2025). Catálogo de Imagens. Disponível em: <<https://www.dgi.inpe.br/catalogo/explore>>. Acesso em: 26 mar. de 2024.

IKEMATSU, P., et. al. (2017). Aspectos técnicos para priorização de recursos em recuperação e conservação de nascentes. Águas Subterrâneas. <https://doi.org/10.14295/ras.v0i0.28740> . Acesso em: 16 fev. 2024.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). Fitofisionomias – Projeto Corredor Ecológico da Região do Jalapão. Brasília: ICMBio. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/projetojalapao/pt/biodiversidade3/fitofisionomias.html>> . Acesso em: 15 abr. 2025.

LEAL, M. S. et. al. Caracterização hidro ambiental de nascentes. Ambiente & Água, [s. l.], 17 out. 2016. DOI:

<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/SdCmZSRf6NjVktjxN8cVLft/?lang=pt>. Acesso em: 20 mar. 2024.

LIMA, S. C. A preservação das veredas para manutenção do equilíbrio hidrológico dos cursos d'água. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 3., 1991, Londrina. Anais. Londrina: UEL/NEMA, 1991. p. 204-218.

LIMA, P.W. & ZAKIA, B. M.J. (2000). Hidrologia de matas ciliares. Matas Ciliares: Conservação e Recuperação. São Paulo: Edusp. pp. 33-44. Recuperado de <http://www.ipef.br/hidrologia/mataciliar.asp>. Acesso em: 20 mar. 2024.

MACHADO, P. J. de O.; TORRES, F. T. P. Introdução à hidrogeografia. São Paulo: Cengage Learning, 2012. Acesso em: 20 mar. 2024.

MENEZES M. D. De. et. al. (2009). Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físico-hídricos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha – Serra da Mantiqueira (MG). . Sci. For, 2009. p. 175-184. Acesso em: 19 mar. 2024.

MINAS GERAIS. Bedê, J. C. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais (org.). Cartilha sobre nova lei florestal de Minas Gerais. Dispõe sobre políticas florestais e de proteção à biodiversidade. 3. ed. Minas Gerais, 2013. Disponível em: <https://www.assuvap.com/assoc/docm/docm289.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2024.

MINAS GERAIS. Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. 2013. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/20922/2013/?cons=1>. Acesso em: 05 mar. 2025.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Nascentes: Proteção e Recuperação [Vídeo]. YouTube, 2020. 4 min. 22 segs. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zZOrgYeb2HI>. Acesso em: 28 mar.2024.

MÜLLER, F. C. et. al. Uso, Manejo e Conservação do Solo. Grupo A, 2021. E-book. ISBN 9786556902715. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556902715/>. Acesso em: 16 fev. 2024.

NASA. ALOS PALSAR RTC Project. 2025. Disponível em: <https://www.earthdata.nasa.gov/data/projects/alos-palsar-rtc-project>. Acesso em: 05 mar. 2025.

NETO, S.; de, W. M. Avaliação da distribuição espacial de zona de armazenamento de água em nascente perene de microbacia instável Barra de Guaratiba, RJ. rima.ufrj.br, 8 jan. 2010. Acesso em: 16 fev.2024.

GUIMARÃES, R. F. et. al. Sensoriamento remoto aplicado à estimativa de precipitação. In: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Sensoriamento remoto e aplicações. São José dos Campos: INPE. Acesso em: 16 fev.2024.

ODA, S. et. al.. A. Implantação, localização e manutenção de estradas. Departamento de transporte-EESC-USP, Universidade de São Paulo, 2007. Acesso em: 16 fev. 2024.

GH2O. Plano de Ações para a Recuperação e Conservação da Sub-bacia do Córrego Santa Bárbara – Monte Carmelo/MG. Monte Carmelo: GH2O, 2024.

PEREIRA, A. A.; THOMAZ, E. L. Hipsometria e Declividade da Bacia Hidrográfica do Arroio Palmeirinha, município de Reserva – PR, utilizando o Software Spring. 2013. 8 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava-Pr,2013. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.22.04.59/doc/thisInformationItemHomePage.html>. Acesso em: 16 fev. 2024.

PEREIRA, L. C. Uso e Conservação de Nascentes em Assentamentos Rurais. [s.l.] UNIVERSADE FEDERAL DE PERNANBUCO, 26-Nov-2012.

PINCINATO, F. Sensoriamento remoto e SIG na análise da viabilidade de recuperação de áreas de preservação permanente irregulares em São Sebastião -SP. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.16.16.57/doc/2323.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2024.

QUARTAROLI, C. F. et. al. Sensoriamento remoto. Embrapa Monitoramento por Satélite-Capítulo em livro técnico-científico (ALICE) (2014). Acesso em: 21 mar. 2024.

BAGGIO, A. J. et. al. Recuperação e proteção de nascentes em propriedades rurais de Machadinho, RS. - Portal Embrapa. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/971488/recuperacao-e-protecao-de-nascentes-em-propriedades-rurais-de-machadinho-rs>>. Acesso em: 26 mar. 2024.

Ross, J. L. S. (1994). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. Revista do Departamento de Geografia, (8), 63-74.

SANTOS, A. L. C.; SANTOS, F. dos. Mapeamento das classes de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio vaza-barris, Sergipe. [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: https://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20180403121158.pdf. Acesso em: 16 fev. 2024.

SANTANA, D. P. Manejo integrado de Bacias Hidrográficas. Embrapa Milho e Sorgo - Documentos, Sete Lagoas, p. 1-62, 2003. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/486784>. Acesso em: 14 de fev. 2024.

SANTOS, P. D. dos; SANTOS D. A. dos J. A importância do uso de drones no patrulhamento ambiental. Brazilian Journal of Development, v. 9, n. 6, p. 20964–20976. Acesso em: 16 fev. de 2024.

SEABRA S. da. et al. Mapeamento do uso e cobertura do solo da bacia do rio Taperoá: região semiárida do estado da paraíba. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/download/24249/14964/107581>>. Acesso em: 26 mar.2024.

SIAM. Sistema Integrado de Informação Ambiental – SIAM. 2025. Disponível em: <https://www.siam.mg.gov.br/siam/login.jsp>. Acesso em: 05 mar. 2025.

STEIN, R. T. et. al. Cartografia digital e sensoriamento remoto: uma abordagem aplicada. 5. ed. Curitiba: Editora UFPR, 2010. Acesso em: 16 fev. 2024.

SÃO PAULO. Caderno de Mata Ciliar, São Paulo, no 1, 2009. Disponível em: https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/Cadernos_Mata_Ciliar_1_Preservacao_Nascentes.pdf . Acesso em: 20 mar. 2024.

TUCCI, C. E. M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. 1. ed. São Paulo: EDUSP, 1993. Acesso em: 14 de fev. 2024.

ZALIDIS, G. et. al. Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 88, p. 137-146, 2002. Acesso em: 14 de fev. 2024.