

TRABALHO DE GRADUAÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA E IDENTIFICAÇÃO DE
CONFLITOS DE USO EM APPs NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO JACUTINGA,
ENTRE RIO CLARO E CORUMBATAÍ (SP)**

Giovanni Vicente Patarello

Prof.^a Dr.^a Andréia Medinilha Pancher

RIO CLARO (SP)

2024

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
CAMPUS DE RIO CLARO**

GIOVANNI VICENTE PATARELLO

**ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA E IDENTIFICAÇÃO DE
CONFLITOS DE USO EM APPs NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO JACUTINGA,
ENTRE RIO CLARO E CORUMBATAÍ (SP)**

Trabalho de Graduação apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,
para obtenção do grau de Bacharel em
Geografia.

RIO CLARO (SP)

2024

P294a	Patarello, Giovanni Vicente Análise do uso e cobertura da terra e identificação de conflitos de uso em APPs na sub-bacia do Ribeirão Jacutinga, entre Rio Claro e Corumbataí (SP) / Giovanni Vicente Patarello. -- Rio Claro, 2024 70 p. : il., tabs., fotos, mapas Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro Orientadora: Andreia Medinilha Pancher 1. Geoprocessamento. 2. Área de Preservação Permanente. 3. Análise do Uso e Cobertura da Terra. 4. Conflito de Uso da Terra em APP. I. Título.
-------	--

Giovanni Vicente Patarello

**ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA E IDENTIFICAÇÃO DE
CONFLITOS DE USO EM APPs NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO JACUTINGA,
ENTRE RIO CLARO E CORUMBATAÍ (SP)**

Trabalho de Graduação apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,
para obtenção do grau de Bacharel em
Geografia.

Comissão Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Andréa Medinilha Pancher

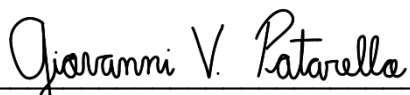
Prof. Dr. Danilo Marques de Magalhães

Prof.^a Dr.^a Cenira Maria Lupinacci

Prof. Dr. Rodrigo Silva Lemos

Prof. Me. Thiago de Castro Ribeiro

Rio Claro, 17 de dezembro de 2024



Giovanni Vicente Patarello
Discente



Andréia Medinilha Pancher
Orientadora

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho foi uma experiência desafiadora e gratificante que levarei para toda a minha vida! Eu não poderia deixar de agradecer a todas as pessoas que me auxiliaram na minha vida pessoal, na UNESP e na Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Rio Claro.

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais e minha irmã, Claudio, Márcia e Marina, por todo o apoio e amor que minha família poderia me dar. Ao meu namorado Guilherme, por todo o amor, companheirismo e empatia durante as fases finais do TCC, que esteve comigo em todos os momentos de incerteza e que sem nenhuma dúvida foi meu maior porto seguro.

Gostaria de agradecer à minha orientadora Andréia, por ter me acolhido como seu orientando e por toda a ajuda na realização deste trabalho.

Agradeço a todos os meus colegas de trabalho, que durante meu estágio na Secretaria de Meio Ambiente de Rio Claro abriram meus horizontes e me acompanharam na minha trajetória profissional e acadêmica.

Agradeço também a todos os guias espirituais que me auxiliaram nesse caminho, com amor e acolhimento!

RESUMO

A proteção das Áreas de Preservação Permanente (APPs) é de suma importância para o meio ambiente e para a manutenção dos recursos hídricos e da qualidade de vida da população. As APPs localizadas na sub-bacia do Ribeirão Jacutinga, em grande parte, não são preservadas, abrangendo usos da terra conflitantes com relação à legislação protetiva desses recursos naturais. Vale salientar que proteger as APPs é resguardar também a disponibilidade e qualidade hídrica do município de Rio Claro (SP) e dos municípios vizinhos. Diante desta situação, o objetivo principal deste trabalho foi analisar o uso e cobertura da terra da sub-bacia do ribeirão Jacutinga, localizada entre os municípios de Rio Claro e Corumbataí (SP), bem como dos conflitos de usos da terra na APP. Para o propósito, foram aplicados procedimentos relativos às geotecnologias, utilizando-se imagens orbitais do CBERS-4A, especificamente a composição das bandas 3, 4 e 2 do sensor WPM. A classificação supervisionada foi realizada através do software QGIS e do plugin Orfeo ToolBox, seguida de uma edição manual com o plugin Serval. A partir da análise do uso e cobertura da terra da sub-bacia e a delimitação das APPs, de acordo com o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), foram identificados os conflitos de uso da terra, ou seja, as classes de uso da terra que ocupam áreas de proteção legal. Os resultados demonstraram que as principais classes de uso e cobertura da terra na sub-bacia foram pastagem, com 51,39 %, seguida por floresta, com 22,66 %, agricultura, com 11,32 %, solo exposto, com 8,2 % e silvicultura, com 3,34 %. O uso indevido das APPs teve um índice de 51,46 %, com 48,54 % de vegetação nativa preservada. Esses resultados poderão auxiliar no adequado planejamento do uso da terra e na fiscalização da área por parte da administração pública.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento; Área de Preservação Permanente; Análise do Uso e Cobertura da Terra; Conflito de Uso da Terra em APP.

ABSTRACT

The protection of Permanent Preservation Areas (PPAs) is of utmost importance for the environment, the maintenance of water resources, and the quality of life of the population. In the Jacutinga Creek micro-basin, most PPAs are not preserved, encompassing land uses that conflict with the protective legislation of these natural resources. It is worth noting that protecting PPAs also ensures the availability and quality of water in the municipality of Rio Claro (SP) and neighboring municipalities. Given this situation, the primary objective of this study was to analyze land use and occupation in the Jacutinga Creek micro-basin, located between the municipalities of Rio Claro and Corumbataí (SP), as well as the land-use conflicts in PPAs. For this purpose, geotechnology procedures were applied using satellite images from CBERS-4A, specifically a composition of bands 3, 4, and 2 from the WPM sensor. Supervised classification was performed using QGIS software and the Orfeo ToolBox plugin, followed by manual correction with the Serval plugin. From the analysis of land use and occupation in the micro-basin and the delimitation of PPAs, in accordance with the Forest Code (Law No. 12,651/2012), land-use conflicts were identified—i.e., land-use classes occupying legally protected areas. The results showed that the main land-use and occupation classes in the micro-basin were pasture, with 51.39%, followed by forest (22.66%), agriculture (11.32%), exposed soil (8.2%), and forestry (3.34%). Improper use of PPAs was found to cover 51.46% of the area, with 48.54% of native vegetation preserved. These results can assist in land-use planning and in the monitoring of the area by public authorities.

KEYWORDS: Geoprocessing; Permanent Preservation Area; Land Use and Cover Analysis; Land Use Conflict in APP

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Rio Corumbataí

Figura 2 - Localização da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga

Figura 3 - Geologia da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga

Figura 4 - Hipsometria da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga

Figura 5 - Declividade da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga

Figura 6 - Camadas raster utilizadas para fotointerpretação da hidrografia e das classes de uso e cobertura da terra

Figura 7 - Exemplo do processo de segmentação com polígonos de tamanhos variados

Figura 8 - Planejamento do roteiro do trabalho de campo

Figura 9 - Comparação da classificação supervisionada orientada a objetos com a edição manual da classificação

Figura 10 - Áreas de Preservação Permanente (APPs) da Sub-bacia do Ribeirão Jacutinga

Figura 11 - Ponto 1: conflitos de uso da terra próximos da foz do Ribeirão Jacutinga

Figura 12 - Ponto 2: conflitos de uso da terra no Córrego Batalha

Figura 13 - Ponto 3: topografia mais acidentada

Figura 14 - Ponto 4: conflitos de uso da terra no Ribeirão Jacutinga e assoreamento do curso d'água

Figura 15 - Ponto 5: conflitos de uso da terra no Ribeirão Jacutinga

Figura 16 - Ponto 7: conflitos de uso da terra em afluente do Ribeirão Jacutinga

Figura 17 - Ponto 6: conflitos de uso da terra e feições erosivas próximas de afluente do Ribeirão Jacutinga

Figura 18 - Ponto 8: conflitos de uso da terra em afluente seco do Ribeirão Jacutinga

Figura 19 - Ponto 9: conflitos de uso da terra em afluente seco do Ribeirão Jacutinga

Figura 20 - Uso e cobertura da Terra da Sub-bacia do Ribeirão Jacutinga

Figura 21 - Gráfico do uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Jacutinga - Recortes Analíticos

Figura 22 - Gráfico dos conflitos de uso e cobertura da terra em Área de Preservação Permanente (APP)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes de Uso e cobertura da Terra

Tabela 2 - Uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Jacutinga

Tabela 3 - Uso e cobertura da terra nos recortes dos municípios de Rio Claro (SP) e Corumbataí (SP)

Tabela 4 - Uso e cobertura da terra em APPs da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga

Tabela 5 - Uso e cobertura da terra em APPs dos recortes dos municípios de Rio Claro (SP) e Corumbataí (SP)

Tabela 6 - Uso e cobertura da terra em APPs de nascentes da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga

Tabela 7 - Uso e cobertura da terra em APPs de cursos d'água da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga

Tabela 8 - Uso e cobertura da terra em APPs de lagos e lagoas naturais da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga

Tabela 9 - Uso e cobertura da terra em APPs de reservatórios d'água artificiais da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga

Tabela 10 - Conflitos de uso e cobertura da terra em Área de Preservação Permanente (APP)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	11
2.1. Geral.....	11
2.2. Específicos	11
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	15
4.1. Localização e Características Principais.....	15
4.2. Geologia.....	18
4.3. Geomorfologia.....	21
4.4. Pedologia	25
4.5. Clima e Vegetação.....	25
4.6. Uso e Cobertura da Terra.....	26
4.7. Impactos das Atividades de Mineração e Produção Cerâmica	27
4.8. Aspectos Históricos do Povoado Rural de Jacutinga	30
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
5.2. Delimitação da Sub-bacia, da Hidrografia e das Áreas de Preservação Permanente (APPs)	33
5.3. Elaboração do Mapa de Uso da Terra	35
5.3.1. Classificação Supervisionada Orientada a Objetos	36
5.3.2. Edição Manual da Classificação	41
5.4. Trabalho de Campo	42
6. RESULTADOS	45
6.1. Avaliação dos Materiais e Métodos.....	45
6.2. Resultados do Trabalho de Campo.....	49
6.1. Uso e cobertura da Terra	55
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
8. REFERÊNCIAS	67

1. INTRODUÇÃO

A análise do uso e da ocupação da terra é de grande importância para uma melhor compreensão do espaço geográfico. Essa compreensão envolve entender suas características qualitativas e quantitativas, seus aspectos econômicos e sociais, e também suas contradições.

Desvendar as dinâmicas e as modificações que ocorrem no espaço geográfico auxilia no entendimento de como a sociedade humana se apropria e se utiliza dele e apresenta ferramentas para um planejamento territorial mais eficiente, que possibilite aos cidadãos a usufruí-lo de maneira mais igualitária socialmente e ambientalmente sustentável. Nesse sentido, a análise de uso e cobertura da terra aparece como uma forma eficiente de entender as dinâmicas espaciais.

Com o auxílio das Geotecnologias e do Geoprocessamento, com destaque para os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), é possível analisar a área de estudo, bem integrar uma grande variedade de conteúdos temáticos que enriquecem sua análise. Segundo Câmara et al. (2001, p. 289):

(...) os estudos de mapeamento temático visam a caracterizar e entender a organização do espaço, como base para o estabelecimento das bases para ações e estudos futuros. Exemplos seriam levantamentos temáticos (como geologia, geomorfologia, solos, cobertura vegetal), dos quais o Brasil ainda é bastante deficiente, especialmente em escalas maiores.

O mapa de uso e cobertura da terra é um desses conteúdos temáticos, que permite o entendimento de como o espaço é utilizado de forma quantitativa, com dados estatísticos, e qualitativa, a partir da interpretação desses dados. Desse modo, é possível verificar se essa utilização ocorre de forma condizente com a legislação ambiental, com a identificação de locais onde ocorrem conflitos de uso da terra. Essas áreas de conflito de uso, em suma, deveriam ser preservadas, com a manutenção e/ou restauração da vegetação nativa, mas usualmente são utilizadas para as mais diversas atividades econômicas.

O tema e a problemática tratados neste trabalho foram pensados justamente pela importância e atualidade da questão ambiental, que evidencia no âmbito global a utilização consciente dos recursos hídricos e a preservação da vegetação nativa como

pilares fundamentais para a garantia de um futuro sustentável para a espécie humana, em um contexto de mudanças climáticas.

No recorte analítico do presente trabalho, a atenção é voltada às Áreas de Preservação Permanente (APPs), zoneamento ambiental disposto pelo Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012) e compreendida, de acordo com o Artigo 3, Inciso II, como uma “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”. Entre todas as categorias de APPs dispostas neste código, foram analisadas as APPs hídricas, que protegem sobretudo as nascentes, cursos d’água, lagos e lagoas naturais e reservatórios d’água artificiais. Em muitos casos essas APPs, bem como as Reservas Legais (RLs), outro zoneamento ambiental disposto pelo Código Florestal, se encontram com a vegetação nativa descaracterizada e não atendem seu papel original de proteção ambiental.

É muito importante que haja um equilíbrio entre as atividades econômicas e a manutenção do meio ambiente, de modo que o crescimento econômico ocorra em consonância com o meio ambiente, de forma sustentável para as futuras gerações.

Em uma escala local, levando em conta que o Ribeirão Jacutinga é tributário do Rio Corumbataí, a preservação dessas APPs resulta em uma maior segurança hídrica para o município de Rio Claro (SP), com maior disponibilidade e qualidade de água destinada ao abastecimento público. Na escala regional, os municípios banhados pelo Rio Corumbataí são também favorecidos com os mesmos benefícios. Além disso, a preservação e recuperação da vegetação nativa nas APPs caracteriza papel importante na estabilidade do relevo, no aumento da biodiversidade local e na manutenção da paisagem natural.

Assim exposto, este trabalho pretendeu levantar e organizar um banco de dados cartográficos, temáticos e alfanuméricos e, através das ferramentas e possibilidades existentes no SIG, analisar o uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Jacutinga, verificando se os usos existentes estão de acordo ou conflitantes com a legislação ambiental. Ao mesmo tempo, também pretendeu-se comparar o uso e cobertura da terra e os conflitos de uso entre os municípios de Rio Claro (SP) e Corumbataí (SP). Os resultados produzidos podem servir de base para a tomada de decisões dos gestores públicos de ambos os municípios para a recomposição da vegetação das APPs da referida bacia hidrográfica, compactuando com o

entendimento de Câmara et al. (2001, p. 289) que “na perspectiva moderna de gestão do território, toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, incluindo o meio físico-biótico, a ocupação humana, e seu inter-relacionamento”. Assim, visa-se o cumprimento da legislação e a melhoria das condições dos recursos hídricos da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga.

2. OBJETIVOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

2.1. Geral

O objetivo central deste trabalho foi analisar o uso e cobertura da terra da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Jacutinga, a fim de identificar e mensurar os conflitos de uso e cobertura da terra nos limites das Áreas de Preservação Permanente (APPs).

2.2. Específicos

Com base no objetivo principal, foram determinados os seguintes objetivos específicos:

- ❖ Comparar o uso da terra e os conflitos de uso existentes nas diferentes categorias de APPs hídricas (referentes às nascentes, cursos d'água, lagos e lagoas naturais e reservatórios d'água artificiais).
- ❖ Comparar o uso e cobertura da terra e a situação das APPs entre os municípios de Rio Claro (SP) e Corumbataí (SP).
- ❖ Analisar as modificações de uso da terra a partir de autores que já realizaram estudos similares na área de estudo.
- ❖ Verificar a acurácia da classificação supervisionada orientada a objetos, realizada com imagens orbitais do CBERS4A a partir do plugin OrfeoToolBox.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fim de estabelecer uma base teórica para a realização deste trabalho, realizou-se um levantamento e leitura de uma bibliografia diversa, que envolveu vários campos de estudo e auxiliou em uma melhor compreensão da área de estudo, das

geotecnologias, da legislação ambiental e do tema de análise de uso e cobertura da terra.

Primeiramente, foram levantados autores que abordam o geoprocessamento e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), compondo leituras mais basilares para a realização deste trabalho. Os autores consultados foram Câmara et al. (2001), Longley et al. (2005), Hamada & Gonçalves (2007) e Silva & Zaidan (2011).

O Geoprocessamento é extremamente importante e suas possibilidades para estudos geográficos são muito amplas, especialmente com relação aos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Antes do amplo desenvolvimento desta área do conhecimento, muitos trabalhos eram realizados de modo manual, o que demandava tempo e esforços significativos. No entanto, nas últimas décadas, os estudos que envolvem análises espaciais podem ser realizados de forma rápida e automática através do meio informatizado. Assim, entende-se que o Geoprocessamento, com ênfase nos SIGs, são aliados na análise do uso e cobertura da terra e identificação de conflitos de uso nas APPs. Segundo Câmara et al. (2001, p. 1):

Num país de dimensão continental como o Brasil, com uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais, o Geoprocessamento apresenta um enorme potencial, principalmente se baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente.

Hamada & Gonçalves (2007, p. 17) ressaltam que o geoprocessamento é muito utilizado por instituições públicas, privadas e organizações não-governamentais, a fim de justamente integrar dados espaciais e não-espaciais, em projetos e estudos da área ambiental.

De acordo com Silva & Zaidan (2011), o geoprocessamento pode contribuir significativamente para a resolução de conflitos entre diferentes intencionalidades, que podem ser voltadas ao desenvolvimento econômico, à manutenção da qualidade de vida da população e/ou ao uso sustentável de recursos ambientais, de modo que esses diferentes objetivos muitas vezes são conflitantes.

Sobre os Sistemas de Informações Geográficas, Hamada & Gonçalves (2007, p.13-14) salientam que:

“(...) as vantagens mais comuns da utilização do SIG são que os dados, uma vez inseridos no sistema, são manipulados com

rapidez; além disso, o sistema permite diferentes análises dos dados de forma mais eficiente, utilizando ferramentas matemáticas e estatísticas sofisticadas e também com menor subjetividade que se fossem realizadas de forma manual; o SIG também possibilita processos de tomada de decisão, facilita a atualização dos dados e produz mapas com rapidez.”

Ainda em relação aos SIGs, Longley et al. (2005, p. 4) esclarecem que a localização geográfica é um atributo importante de atividades, políticas, planos e estratégias que ocorrem no espaço, de modo que os SIGs se diferenciam de outros sistemas de informação na medida em que acompanham este fator locacional. Segundo os autores:

“Therefore geographic location is an important attribute of activities, policies, strategies, and plans. Geographic information systems are a special class of information systems that keep track not only of events, activities, and things, but also of where these events, activities, and things happen or exist.”

Após essa leitura inicial, foram levantados artigos que realizaram análises de uso e cobertura da terra e identificação de conflitos de uso em APPs, em outras localidades, a fim de conhecer melhor esse campo de pesquisa, as metodologias utilizadas pelos autores e os resultados obtidos. Nessa etapa, foram analisados os trabalhos de Nascimento et al. (2005), Oliveira et al. (2008), Gonçalves et al. (2012), Gasparini et al. (2013), Almeida & Vieira (2014) e Barra Rocha et al. (2019). Esses estudos foram muito importantes para um melhor entendimento do tema e do problema abordado neste trabalho, contribuindo com as metodologias utilizadas e o modo como os resultados adquiridos foram discutidos. Destes artigos, três utilizaram o novo Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), sendo respectivamente Gasparini et al. (2013), Almeida & Vieira (2014) e Barra Rocha et al. (2019). Os outros artigos se basearam no Código Florestal anterior (Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965), com diferentes metodologias de delimitação das APPs.

A revisão da legislação que dispõe sobre as APPs foi de extrema importância, no sentido de compreender o funcionamento desse zoneamento ambiental e para posteriormente gerar os polígonos das APPs. A principal lei revisada foi o novo Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), que alterou a legislação até então vigente revogando o antigo código (Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965). Um dos

principais retrocessos causados pelo novo Código Florestal foi a mudança de delimitação das APPs, que passaram a ser contadas a partir da calha do leito regular do rio, desconsiderando sua área de várzea e seu aumento de volume durante períodos de cheia. Como consequência, para a delimitação das APPs não foram consideradas as áreas de várzea.

Por fim, foram consultados os trabalhos que já abordaram a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Jacutinga, com destaque para Bertolami et al. (1996), Scalco (2012, 2013), Oliveira (2015), Alves (2021) e Varussa (2021). Estes autores foram extremamente importantes por apresentarem as características da área de estudo, envolvendo a geografia física e humana, e trazendo informações relevantes à análise deste trabalho.

Bertolami et al. (1996) avaliaram as modificações do solo e do uso da terra na sub-bacia do Ribeirão Jacutinga, identificando um panorama desse uso na década de 1990 e quais seriam as melhores alternativas de acordo com a aptidão agrícola de diferentes porções do solo. Algumas etapas realizadas no presente trabalho vão de encontro a alguns resultados da pesquisa de Bertolami et al. (1996), no sentido de atualizar o panorama de uso da terra para o ano de 2022. A partir de ferramentas de SIG especializadas na análise e mapeamento de terras para a utilização agrícola, o autor apresentou uma série de dados estatísticos e mapas compreendendo o uso da terra, aptidão agrícola e grupos de aptidão agrícola, intensidade de uso e uso preferencial.

Além disso, a atividade de extração mineral e os processos produtivos a ela relacionados são causadores de impactos ambientais relevantes na sub-bacia. Esses impactos são agravados quando não há medidas de recuperação do meio ambiente, agravando a perda de vegetação nativa, mudanças da topografia do terreno e assoreamento dos corpos d'água. Eles foram analisados por Scalco (2012, 2013), que realizou uma pesquisa com dez produtores de cerâmica vermelha localizados na área de estudo, que realizam a extração de argila e a produção de cerâmica vermelha no interior de suas propriedades. A autora realizou questionários estruturados com esses produtores, bem como uma análise multitemporal de imagens orbitais de um período de 25 anos, para uma melhor compreensão do panorama histórico dessa atividade e suas transformações nas últimas décadas. Ela também traz uma importante contribuição para a caracterização dos aspectos naturais da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

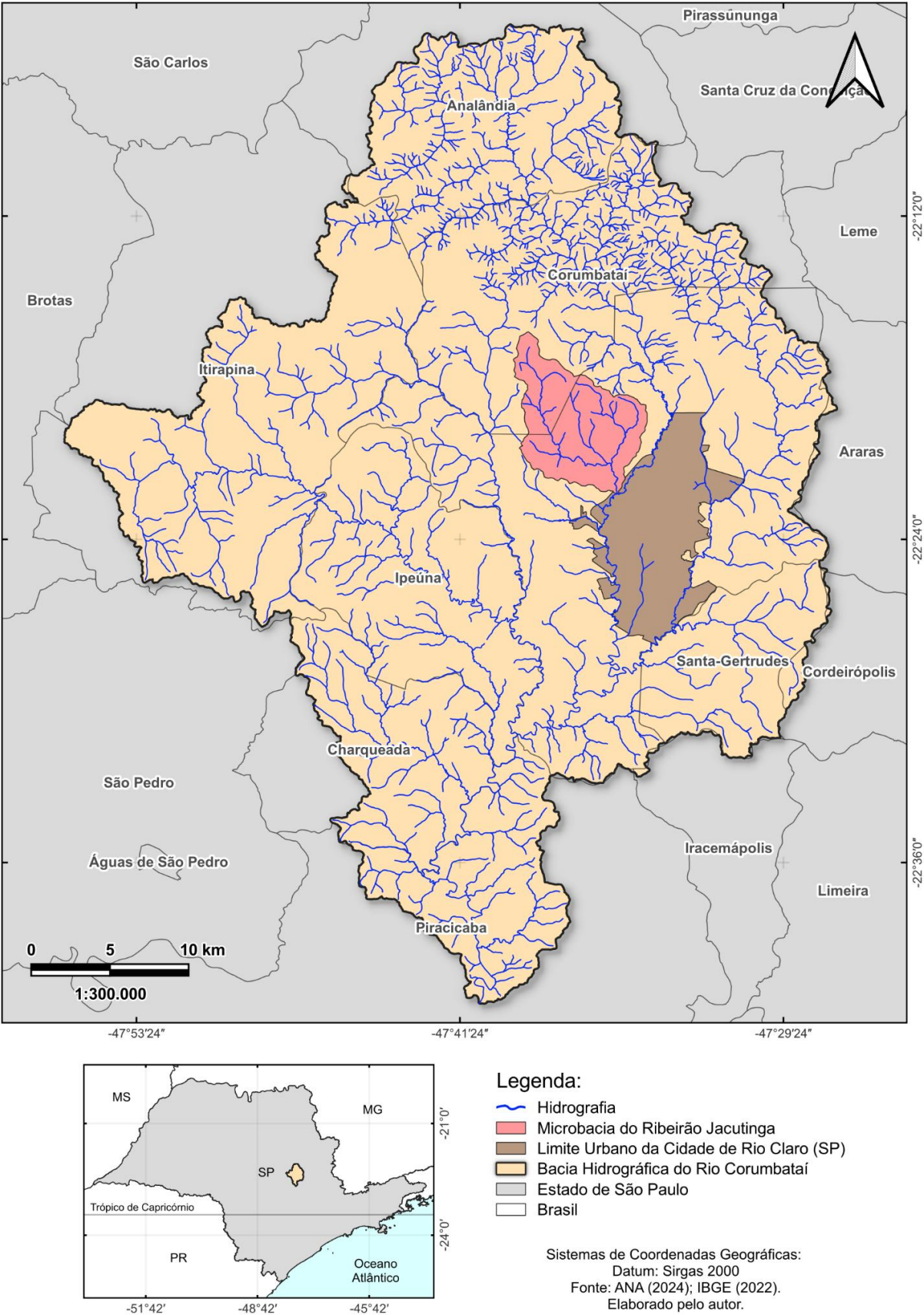
4.1. Localização e Características Principais

A área de estudo deste trabalho é a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Jacutinga, inserida na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí (Figura 1). A sub-bacia está localizada nos municípios de Rio Claro e Corumbataí, ambos no interior do estado de São Paulo (Figura 2). A maior parte da bacia, juntamente com sua foz, no Rio Corumbataí, estão inseridas no município de Rio Claro. Ela é compreendida pelas coordenadas: latitudes 22°22'18" S e 22°16'19" S e longitudes 47°39'25" O e 47°34'25" O. Possui um perímetro de 35,92 Km e uma área de aproximadamente 54,88 Km², sendo que 38,70 Km² estão inseridos ao sul, no município de Rio Claro, e 16,18 Km² estão inseridos ao norte, no município de Corumbataí.

O Ribeirão Jacutinga possui cerca de 18,50 Km de extensão, desde sua nascente principal até sua foz no Rio Corumbataí. Seu principal afluente, o córrego Batalha, possui cerca de 8,63 Km de extensão. Considerando todas as nascentes e córregos que drenam na sub-bacia, soma-se cerca de 170,90 Km de extensão destes corpos hídricos.

A sub-bacia é atravessada, em sua porção oeste, pela Rodovia Washington Luiz (SP-310) e em sua porção sul, próxima à foz, pela Rodovia Wilson Finardi (SP-191). A sub-bacia possui muitas estradas rurais, que atravessam os limites municipais. Dentro do município do Rio Claro, ela é atravessada pelas estradas rurais RCL-060 (Estrada Jacutinga), RCL-338, RCL-348, RCL-350, RCL-410, RCL-412, RCL-420, RCL-422, RCL-425, RCL-X11 e RCL-X12.

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Rio Corumbataí



Fonte: ANA (2024); IBGE (2022). Elaborado pelo autor.

Figura 2 - Localização da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga



Fonte: IBGE (2022); Varussa (2021). Elaborado pelo autor.

4.2. Geologia

Geologicamente, a área de estudo está inserida na Bacia Sedimentar do Paraná, que abrange uma área no estado de São Paulo de aproximadamente 160.000 Km², sendo uma bacia intracratônica, estabelecida sobre a Plataforma Sul-Americana, preenchida com quase 6.000 metros de sedimentos paleozoicos, mesozóicos, lavas basálticas e na região de Rio Claro, é constituída por rochas cenozóicas (Zaine, 1994 apud Oliveira, 2015; Petri e Fulfaro, 1983 apud Scalco, 2012).

Segundo o Banco de Dados de Informações Ambientais (BDIA, 2022), a sub-bacia pode ser dividida em quatro diferentes porções de acordo com suas deposições, que ocorreram no Éon Fanerozóico, sendo os depósitos do Ladiniano (Formação Pirambóia), do Lopingiano (Formação Corumbataí) e do Holoceno (depósitos aluvionares holocênicos). Há também deposições do Oligoceno (Formação Rio Claro), que não é integralmente delimitada no BDIA, denominada neste banco de dados de Cobertura Detrito-Laterítica Paleogênica.

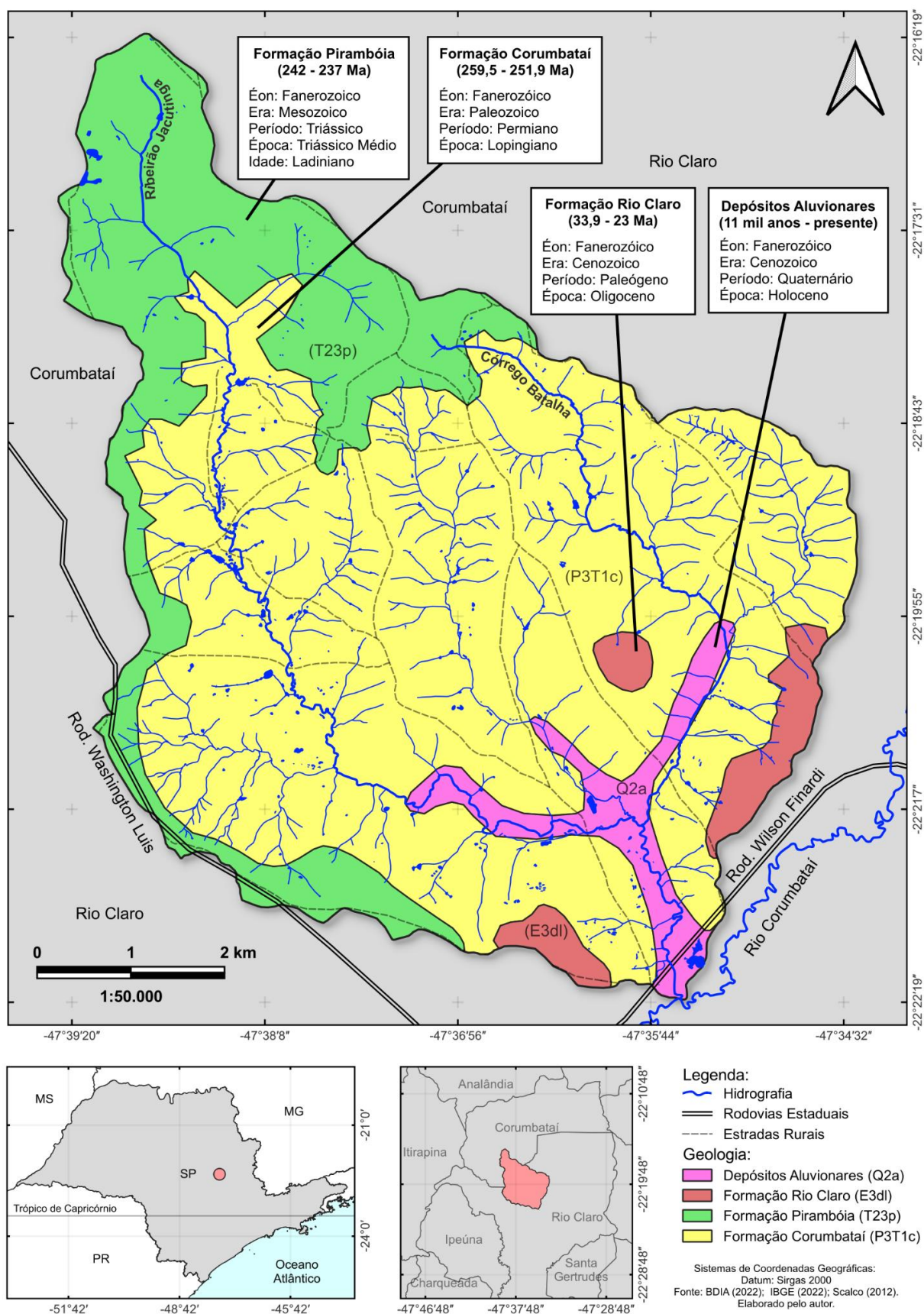
A porção norte da sub-bacia possui depósitos do Ladiniano, da Formação Pirambóia (Figura 3). Esta formação é composta por arenito de granulação fina a média com coloração esbranquiçada, podendo variar em matizes de vermelho e amarelo, tendo estruturas sedimentares com estratificação cruzada de grande e médio porte como elementos característicos, com intercalações de finas camadas de argilitos e siltitos (Zaine, 1994 apud Oliveira, 2015). No topo desta formação há presença de níveis conglomeráticos de espessuras milimétricas a centimétricas de granulometria fina a média, formado por quartzo, quartzito e minerais escuros (Souza 2002, apud Oliveira, 2015). Ela é representada por depósitos fluviais e de planícies de inundação, incluindo arenitos finos a médios, avermelhados, silto-argilosos com estratificação cruzada ou plano paralela, além de níveis de folhelhos e arenitos argilosos de cores variadas e raras intercalações de natureza areno-conglomerática (Bertolami, 1996).

A porção central é a mais antiga, possuindo sedimentos do Lopingiano, referentes à Formação Corumbataí (Figura 3). As rochas dessa formação possuem um intervalo estratigráfico com espessuras que vão de 25 a 40 metros, característica comum para toda sub-bacia do Ribeirão Jacutinga. Elas têm composição argilo-siltosa com cor vermelha e apresentam desagregabilidade em forma de pastilhas prismáticas. Ocorrem também em certos intervalos verticais, material argiloso de caráter mais siltoso de cor cinza o qual também apresenta desagregabilidade como uma de suas

características. Os vales correspondentes aos corpos hídricos são locais de ocorrência de material argiloso útil na produção de cerâmica vermelha, representado por um manto intemperizado da Formação Corumbataí, o qual apresenta espessuras de até cinco metros (Ferreira, 2008 apud Scalco, 2012). A Formação Corumbataí apresenta depósitos possivelmente marinhos de planícies de maré, incluindo argilitos, folhelhos e siltitos cinza arroxeados ou avermelhados, com intercalações de bancos carbonáticos, silexites e camadas de arenitos finos (Bertolami, 1996). Essa formação se destaca como fornecedora de matéria-prima para as indústrias pertencentes ao Polo Cerâmico de Santa Gertrudes (Oliveira, 2015).

As deposições do Oligoceno, da Formação Rio Claro, indicadas no BDIA como “Cobertura Detrito-laterítica Paleogênica”, se caracterizam pela presença de sedimentos arenosos a areno-argilosos. Para alguns autores, a Formação Rio Claro tem origem em ambiente fluvial, representando em sua sequência superior uma desorganização da paleo-rede de drenagem sob imposição tectônica (Bertolami, 1996).

Figura 3 - Geologia da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga.



Fonte: BDIA, (2022), IBGE (2022) e Scalco (2012). Elaborado pelo autor.

4.3. Geomorfologia

Em relação à geomorfologia, a sub-bacia possui um relevo de topografia plana e pouco acidentada, contendo depressões e planícies, com colinas amplas e médias separadas por planícies aluviais não extensas (Scalco, 2012). Ela é inserida na província geomorfológica da Depressão Periférica Paulista, na Zona do Médio Tietê. Segundo o BDIA (2022), a área se caracteriza por planícies e terraços fluviais sob o Ribeirão Jacutinga e seus córregos.

Segundo Vieira (1982 apud Scalco, 2012), a área se caracteriza “como uma faixa deprimida entre as escarpas de diabásio e arenitobasálticas, que delimitam sua borda ocidental e o planalto cristalino no limite da borda oriental”. De acordo com Alves et al. (2021), o relevo é formado por colinas, com topos aplainados e interflúvios com áreas entre 1 a 4 Km².

Esta região é constituída por uma topografia plana, pouco acidentada, cujo gradiente não ultrapassa 150 metros de desnível, predominando as cotas de 540 a 600 m nos fundos dos vales e 600 a 650 m nos interflúvios (Penteado, 1969, apud Scalco, 2012).

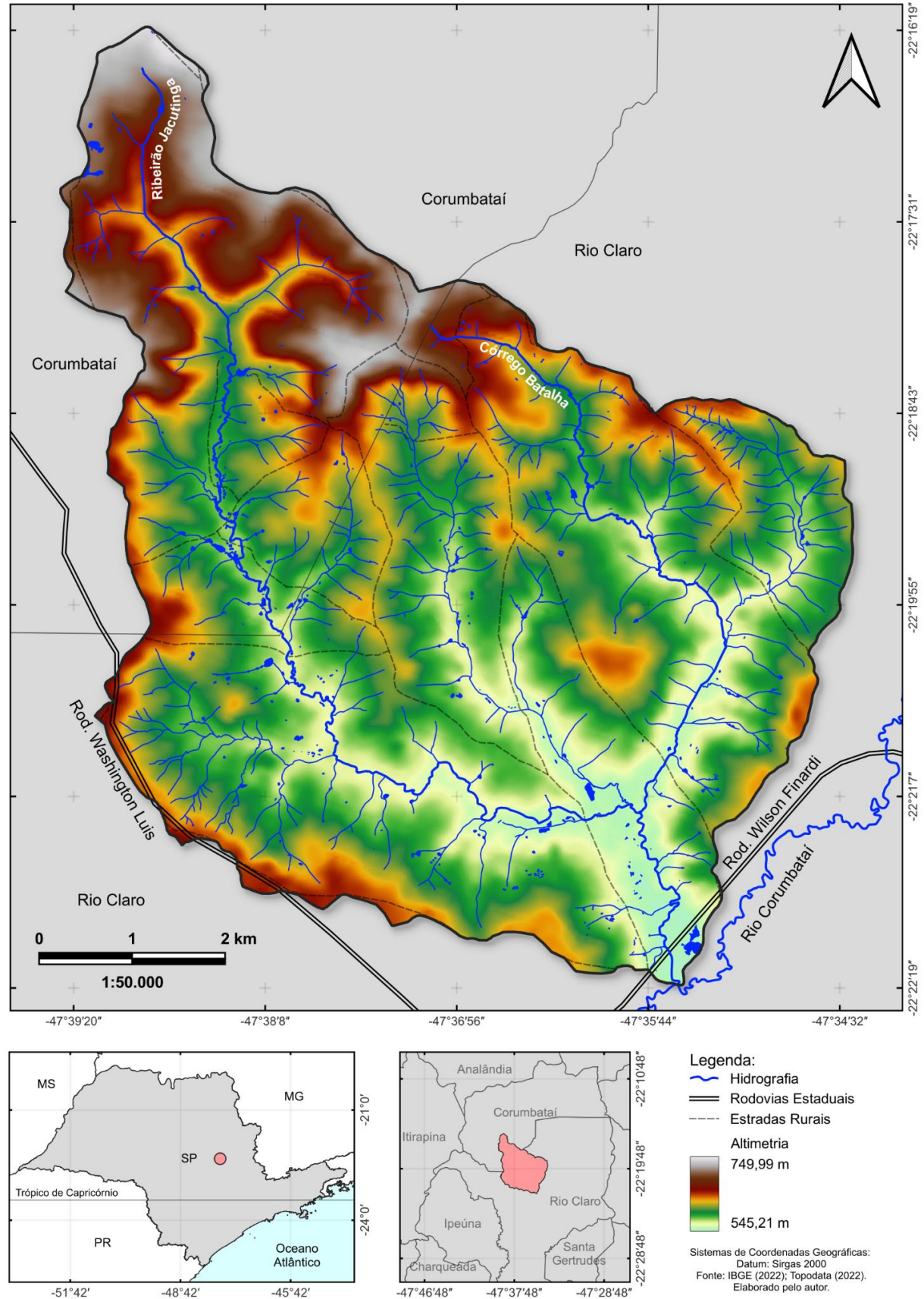
A partir dos modelos digitais de elevação (MDE), adquiridos através da plataforma Topodata, com resolução espacial de 30 m, foi possível verificar que a sub-bacia do Ribeirão Jacutinga possui altitude que varia de 545,21 m, em sua foz, até 749,99 m, em sua área de cabeceira, possuindo, portanto, um desnível altimétrico de 204,78 m (Figura 4). As menores altitudes se concentram nas planícies aluviais do Ribeirão Jacutinga e do córrego Batalha, variando de 545,21 m até aproximadamente 600 m de altitude, permanecendo com essas altitudes desde a foz até a porção central e norte da sub-bacia. As médias altitudes se concentram na porção central da bacia, encontrada nos divisores d'água e topos das vertentes, variando de 600 m até 660 m. As maiores altitudes, a partir de 660 m até 749,99 m, se concentram na porção norte da sub-bacia, nas áreas de cabeceira e também em divisores d'água mais elevados. Essa região de maior altitude coincide com a área da Formação Pirambóia.

Em relação aos dados de declividade, optou-se por trabalhar com os adquiridos a partir da plataforma Topodata, mantendo a resolução espacial de 30 m (Figura 5). Vale ressaltar que dados de declividade mais detalhados poderiam ser obtidos através da Carta Topográfica do IGC, com resolução especial de 5 m, a partir da vetorização manual das curvas de nível. Contudo, para os fins desta pesquisa, e levando em

consideração que o foco desta é centrado nas APPs hídricas, entendeu-se que este procedimento iria demandar um tempo de trabalho consideravelmente alto, a ponto de prejudicar o andamento de outros procedimentos essenciais.

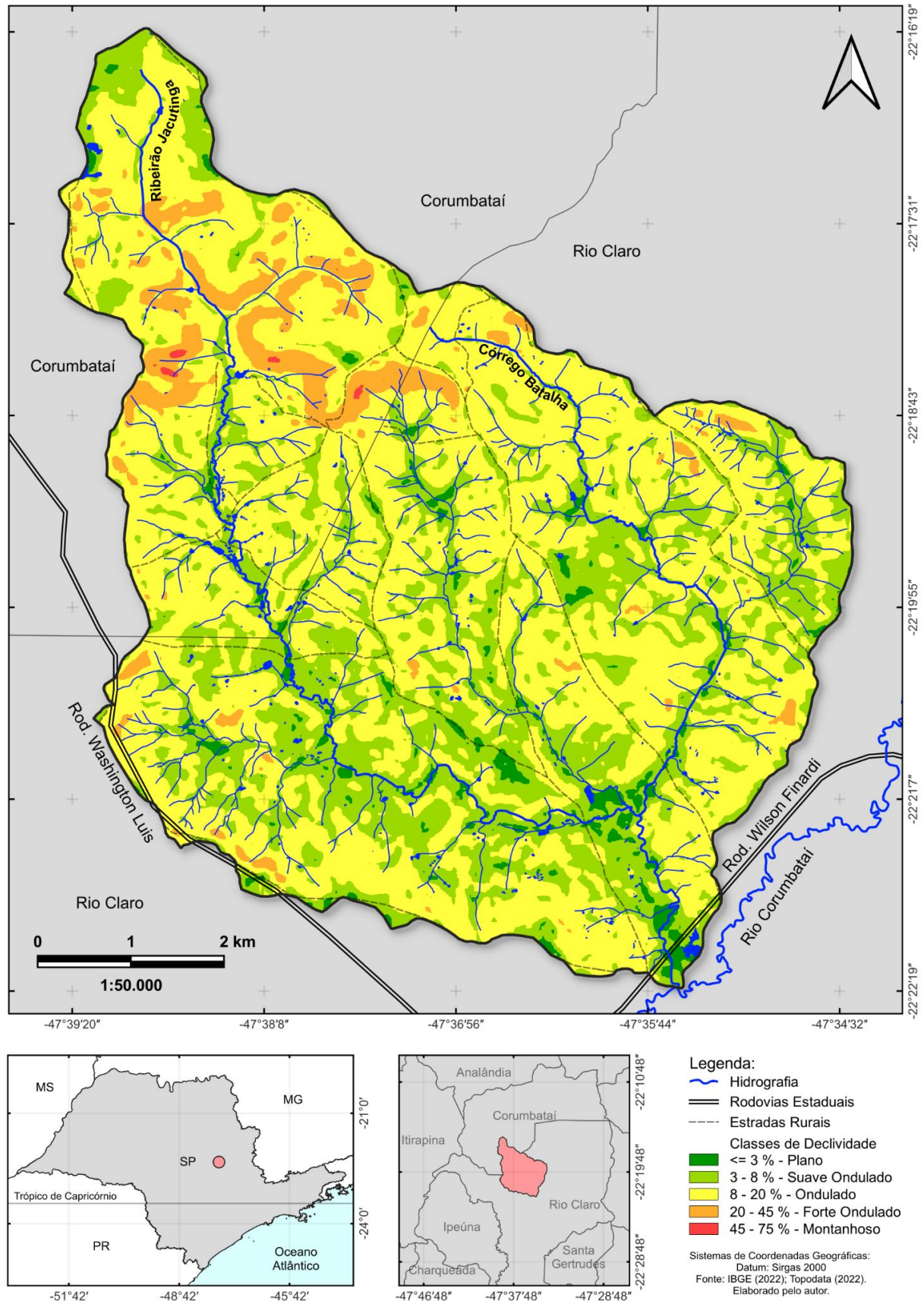
A declividade na sub-bacia varia entre 0,46% e 54%. As áreas com declividade igual ou menor que 3%, caracterizadas como planas, se concentraram próximas à foz do Ribeirão Jacutinga, ao sul da sub-bacia, e acompanharam o delineado dos corpos d'água. O relevo suave ondulado, entre 3% e 8% de declividade, também é predominante nos corpos d'água, mas também está presente entre as vertentes, se concentrando nas partes sul e central da bacia. As áreas com relevo ondulado, entre 8 e 20% de declividade, se encontram por toda a bacia, sendo a classe de declividade preponderante. O relevo forte ondulado, entre 20 e 45% de declividade, se concentra na parte norte da sub-bacia, próximo da área de cabeceira, e também é verificado em pontos isolados. Há poucas áreas com declividade entre 45 e 75%, classificada como relevo montanhoso, localizadas pontualmente na porção norte da sub-bacia. Segundo Oliveira (2015), nas áreas mais ao sul da bacia não há restrição quanto à utilização agrícola, devido à baixa declividade. Também segundo a autora, em algumas áreas de cabeceira os valores de declividade variam entre 40 e 75%, onde o cultivo não é viável.

Figura 4 – Hipsometria da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga



Fonte: IBGE (2022) e Topodata(2022). Elaborado pelo autor.

Figura 5 - Declividade da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga



Fonte: IBGE (2022) e Topodata (2022). Elaborado pelo autor.

4.4. Pedologia

O solo encontrado na bacia é o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico. A porção sul da sub-bacia é coberta pelo Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Típico, com textura média/argilosa e média/muito argilosa, e horizonte A moderado. Já a porção norte possui o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Abruptico, com textura média/argilosa e horizonte A moderado (BDIA, 2022). Segundo Ferreira (2007, apud Scalco, 2012), os principais tipos de solo encontrados são constituídos por argilitos-siltosos, da Formação Corumbataí. Os solos são alterados superficialmente por processos pedogenéticos, com predominância de solos argilosos.

De acordo com Oliveira (2015), os solos da sub-bacia são constituídos por Argissolo Vermelho Amarelo, relacionados à Formação Corumbataí e por Neossolos Quartzarênicos, associados aos arenitos da formação Pirambóia. Segundo Correa et al. (2016), na sub-bacia há o predomínio de Argissolos Vermelho Amarelos e Cambissolos Háplicos, que se originam dos argilitos da formação Corumbataí. Em menor expressão ocorrem os Neossolos Quartzarênicos originados dos arenitos de granulação fina e média da formação Pirambóia.

4.5. Clima e Vegetação

O clima da região é classificado como mesotérmico, com uma estação mais seca no inverno, o qual é identificado como Cwa, segundo a classificação climática de Koppen, com temperaturas médias anuais de 21°C; média das máximas de 30°C e das mínimas de 12°C.

Segundo o IBGE (2002), o clima da área de estudo é o Tropical Brasil Central, com temperatura subquente, com média entre 15 e 18° C em pelo menos um mês, e clima predominantemente úmido, excetuando-se três meses secos. O índice pluviométrico varia entre 1100 a 1200 mm/ano, ocorrendo uma precipitação média de 1000 mm no período mais chuvoso e 200 mm no período mais seco. A umidade varia entre 70 a 75% e pode chegar a 30% nos meses de seca (Troppmair, 2004, apud Scalco, 2012).

A vegetação nativa na sub-bacia foi intensamente desmatada, dando espaço às atividades agrícolas, pastagens e mineração. As formações florestais que recobriam esta bacia originalmente faziam parte dos biomas mata atlântica e cerrado, sendo que as formações vegetais da mata atlântica de interior eram representadas

pela floresta estacional semidecidual e mata de galeria (Cortez, 1991; Ivanauskas, 2000; Pagano et al, 1987 apud Scalco, 2013). De acordo com Rodrigues (1999 apud Scalco, 2013), os remanescentes florestais da bacia estão distribuídos entre as formações de floresta estacional semidecidual, florestas ripárias, florestas paludosas, floresta estacional decidual e cerrado.

Segundo Scalco (2012, p. 120), a vegetação nativa presente na sub-bacia foi suprimida tanto para a prática de agricultura, quanto para abastecer a produção de cerâmica vermelha. De acordo com a autora:

“Supõe-se que o corte mais intensivo da vegetação nesta região tenha ocorrido antes do ano inicial da escala temporal da pesquisa, a qual pode ter sido explorada, tanto para a produção de cerâmica vermelha, quanto para a prática da agricultura. De acordo com dados encontrados em bibliografia anterior e obtidos por meio das entrevistas, a vegetação já foi combustível para os fornos das olarias, sendo este um dos efeitos degradadores, principalmente sobre a mata ciliar.”

4.6. Uso e Cobertura da Terra

Bertolami et al. (1996) realizaram uma análise de uso e cobertura de terra que contribuíram com este trabalho e podem ser usadas para uma comparação temporal, analisando as modificações ocorridas no espaço da sub-bacia. O autor avaliou as modificações do solo e do uso da terra na sub-bacia do Ribeirão Jacutinga, identificando um panorama desse uso em 1996 e indicando quais seriam as melhores alternativas de acordo com a aptidão agrícola de diferentes porções do solo.

As classes de uso da terra determinadas pelo autor foram: Culturas de Ciclo Curto, Culturas de Ciclo Longo, Pastagem, Silvicultura, Vegetação Nativa, Urbana e Outros. As maiores classes de uso da sub-bacia, em 1995, eram Pastagem, com 3831,25 ha e 69,2% de área, seguida pelas Culturas de ciclo longo, com 1131,25 ha e 20,4%, vegetação natural, com 431,25 ha e 7,8%, Silvicultura, com 75 ha e 1,4% e Culturas de ciclo curto, com 68,75 ha e 1,2% de área.

O autor elaborou diferentes mapas de aptidão agrícola, reunindo tais componentes, referentes a quatro diferentes classes de uso da terra identificadas na sub-bacia. Também foram analisados grupos de aptidão agrícola, já que uma mesma área pode apresentar mais de um tipo de aptidão. Nenhuma das quatro classes, sendo elas a cultura de ciclo curto, cultura de ciclo longo, pastagem e silvicultura, obtiveram o nível “Bom” para a aptidão agrícola na sub-bacia. A classe cultura de ciclo curto obteve nível regular em 743,75 ha, sendo 13,4% da área da sub-bacia e nível restrito

em 4793,75 ha, sendo 86,6% da área. A classe cultura de ciclo longo obteve nível regular em 2681,25 ha, sendo 48,4% da área e nível restrito em 2856,25 ha, sendo 51,6% da área. A classe pastagem obteve nível regular em 4593,75 ha, sendo 83% da área e nível restrito em 943,75 ha, sendo 17% da área. A classe silvicultura obteve nível regular em 5250 ha, sendo 94,8% da área e nível restrito em 287,5 ha, sendo 5,2% da área.

Em relação aos grupos de aptidão agrícola, Bertolami et al. (1996) direcionaram os usos preferenciais, recomendados para cada grupo e indicaram que a terra da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga tem vocação para culturas de ciclo longo (cana ou citros) e para pastagem. A partir dessa análise, eles observaram também que 37,8% das terras são utilizadas adequadamente, 19% são utilizadas excessivamente e 43,2% são subutilizadas. Nesse sentido, os autores concluíram que as terras da sub-bacia poderiam ser melhor aproveitadas, a partir das recomendações de uso para cada grupo de aptidão agrícola e ressaltaram a importância da conservação da vegetação nativa, principalmente em áreas de várzea e locais com alta declividade.

Segundo Oliveira (2015), o uso do terra na região é de pastagens e manchas de cultivos de cana de açúcar, além da ínfima presença de floresta residual. Há também predominância do uso relacionado à pecuária extensiva, entretanto por apresentar relevos de colinas mais suavizadas, ocorre o ingresso cada vez mais acentuado da cana de açúcar nas propriedades.

4.7. Impactos das Atividades de Mineração e Produção Cerâmica

A mineração e a produção de cerâmica vermelha são atividades econômicas que causaram grandes impactos ambientais na sub-bacia. Elas foram analisadas por Scalco (2012, 2013), que realizou uma pesquisa com dez produtores de cerâmica vermelha inseridos na área de estudo, que realizam a própria extração de argila no interior de suas propriedades. A mineração e produção de cerâmica representa, segundo a autora, a principal fonte de renda das propriedades presentes no Ribeirão Jacutinga, que se classificam entre pequenas e médias propriedades. Ela utilizou questionários estruturados e analisou imagens orbitais de um período de 25 anos, para compreender melhor como se deu a mineração, seus impactos ambientais e suas transformações nas últimas décadas.

As atividades são realizadas em sua grande maioria por pequenos produtores, já instalados a dezenas de anos na sub-bacia, mantendo a atividade econômica de

origem familiar. Por esse motivo, alguns aspectos e técnicas da atividade de mineração e produção são consideradas rudimentares, com as experiências sendo repassadas de geração em geração. Os produtores possuíam conhecimento da qualidade do mineral extraído, mas os locais onde seriam realizadas as atividades de extração eram escolhidos com base em análises empíricas, sem pesquisas aprofundadas. Segundo Scalco (2012), esses produtores estão mais localizados nas planícies aluviais, em locais onde há pouca declividade, que varia entre 0 e 18%, facilitando tanto a atividade de extração quanto o transporte do minério.

A autora encontrou vinte e quatro locais de lavra desativados, dos quais doze se tornaram lagos com a emersão do lençol freático. Boa parte desses locais passaram a ser utilizados como reservatórios d'água artificiais, para criação de peixes e dessedentação do gado. Vale ressaltar que essa situação desencadeou a geração de novas Áreas de Preservação Permanente (APPs) que antes não existiam, diminuindo a área útil da propriedade que podia ser aproveitada. Segundo Scalco (2012), 60% das propriedades analisadas tiveram a ocorrência desses lagos resultantes de extrações mal planejadas.

Os outros pontos desativados estavam em situação de abandono, com o rebaixamento do relevo em razão da retirada de material, quebras na topografia e formação de processos erosivos. A exploração nesses locais é ilegal, já que estão inseridos em área de várzea. Assim, as cavas deixaram de ser lavradas, e hoje são cobertas por vegetação rasteira. Durante a pesquisa, os produtores possuíam grande demanda pela regularização ambiental tanto das minerações quanto das atividades de produção cerâmica. Segundo Scalco (2012), mesmo sendo uma das exigências dos órgãos ambientais para a regularização das atividades, não há interesse dos produtores em fazer a restauração ambiental desses locais. Para que sejam emitidas as licenças ambientais das minerações atuais, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) determina como uma das principais exigências que as áreas de lavra abandonadas sejam restauradas, além de exigências ambientais relacionadas às Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal. De acordo com Scalco (2012, p.54):

No que se refere ao licenciamento das atividades de mineração, mesmo que de pequeno porte, estas reservas ambientais devem estar regularizadas e recuperadas, exercendo suas respectivas funções ambientais de proteção dos recursos hídricos, da biodiversidade e manutenção dos processos ecológicos.

A partir do questionário realizado pela autora, concluiu-se que os pontos de lavra desativados se localizam próximos de cursos d'água e que acumulam água após a precipitação, mas sem a formação de lagos perenes. Por esse motivo, essas áreas possuem vegetação característica de ambientes de várzea.

O licenciamento ambiental da propriedade e a regularização da atividade de extração são interdependentes, fazendo com que alguns dos produtores prefiram adquirir a matéria-prima de outros locais para abastecer a produção cerâmica, ao invés de recuperar ambientalmente as propriedades, procedendo com a regularização ambiental. Nas propriedades que realizam a extração, o minério sempre é utilizado como matéria-prima das próprias olarias das propriedades, não existindo um excedente de produção com outras finalidades.

Os impactos ambientais causados pela atividade de mineração na sub-bacia foram agravados pelo fato de não ter tido medidas de mitigação e preservação, especialmente com as áreas legalmente protegidas, compostas pelas Áreas de Preservação Permanente (APPs) e áreas de Reserva Legal. Segundo Scalco (2012, p. 85), “o maior impacto decorrente desta atividade é a exposição dos perfis mais profundos do solo, fazendo com o que o material inconsolidado do manto intempérico fique exposto aos efeitos da erosão e deposição de material particulado nos corpos hídricos, tendo como efeito final o assoreamento destes cursos d'água. A denudação do solo, desprovido de vegetação, tanto na área de lavra quanto no seu entorno, faz com que este fique exposto ao impacto direto das águas pluviais, que atingem o chão com maior energia cinética, induzindo ao processo de compactação e a consequente degradação. Apesar de cientes da necessidade de recuperação final destas lavras, os produtores não possuem um projeto para tal ação”. Os relatos empíricos dos produtores, que residiam na época da pesquisa há mais de 50 anos na região, são de que o Ribeirão Jacutinga perdeu muita vazão, possuindo trechos com mais de cinco metros de largura. Atualmente, ele se encontra altamente assoreado, com a largura consideravelmente reduzida.

De todos os produtores pesquisados pela autora, quatro possuíam fonte de abastecimento com poço artesiano comunitário, outorgado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). Outros quatro produtores realizam o abastecimento a partir de poços presentes no interior das propriedades, sem outorga pelo DAEE, para a utilização nas olarias. Outros dois produtores se abastecem a partir do

bombeamento de água diretamente dos corpos d'água, também sem a outorga para essa captação.

4.8. Aspectos Históricos do Povoado Rural de Jacutinga

Varussa (2021) abordou os aspectos sociais e históricos do povoado rural de Jacutinga, compreendendo o aspecto humano presente na sub-bacia do Ribeirão Jacutinga. O autor utilizou como metodologia a pesquisa bibliográfica para a revisão dos conceitos de “memória” e “territorialidade”, além da coleta de dados primários, realizando uma entrevista com uma moradora do povoado rural. Dessa forma, buscou justamente a territorialidade e a memória do povoado rural com a perspectiva de uma integrante do povoado, que apresentou preciosas informações históricas, sociais e culturais envolvendo o povoado.

Anteriormente, segundo Varussa (2021), a área onde se localiza o povoado de Jacutinga se denominava Fazenda São José das Paineiras, de propriedade do Senhor Neclerio. O termo Jacutinga, que nomeia o povoado e o ribeirão, é devido à antiga presença de pássaros denominados Jacutingas, de nome científico *Aburria jacutinga*.

Há uma discussão se Jacutinga é considerado um povoado rural ou um bairro rural, visto que a Prefeitura Municipal de Rio Claro e a Agência do IBGE em Rio Claro possuem caracterizações diferentes para o local. Varussa (2021) entende que, pelo pequeno número de famílias e pelas relações de cooperação entre os vizinhos, o lugar é caracterizado como um povoado rural, onde as famílias adquiriram as propriedades e estabeleceram através das atividades rurais raízes com o território.

O povoado de Jacutinga se forma com a vinda de imigrantes italianos, que se mudaram das cidades de Rio Claro (SP) e da atual Santa Gertrudes (SP), ainda no século XIX. Mesmo em poucas pessoas, Varussa (2021, p. 1515) explica que esses imigrantes: “contribuíram para a preservação e o fortalecimento da cultura, educação e religião, mantendo-se estes laços vivos entre seus atuais descendentes, construindo a história do local.” A vinda desses imigrantes se deu pelo descontentamento com as condições de trabalho de outros lugares, levando-os a adquirirem terras na área do povoado e dedicarem-se ao trabalho nas lavouras, encontrando condições de clima e solo ideais para a realização das atividades rurais e com a produção sendo voltada à subsistência e comercialização na cidade de Rio Claro (SP).

As propriedades tinham uma produção variada, com um regime de policultura, com as famílias cultivando arroz, milho, feijão, mandioca, café, batata, banana e

algodão. Além das culturas agrícolas, havia a pecuária, com criação de gado leiteiro e de corte, porcos e galinhas.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foi realizado um levantamento e leitura de uma bibliografia diversa, considerando-se trabalhos sobre as temáticas geoprocessamento e os SIGs de forma geral, análise do uso e cobertura da terra e identificação de conflitos de uso, legislação ambiental referente às APPs, além de estudos já realizados sobre a área de estudo.

Primeiramente, foram realizadas leituras mais basilares, que abrangem o conteúdo do geoprocessamento e dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) como um todo. Em seguida foram consultados artigos relativos a análises de uso e cobertura da terra e identificação de conflitos de uso em APPs, em outras localidades. Em relação à legislação, a principal lei revisada foi o novo Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), que alterou a legislação até então vigente revogando o antigo código (Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965). Além disso, foram levantados trabalhos que já estudaram a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Jacutinga.

5.1. Bases Cartográficas, Produtos Sensores e Softwares

A base de dados cartográficos utilizada foi a do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC), que possui escala de detalhamento de 1:10.000. O IGC é o órgão responsável pela elaboração e atualização de mapas e publicações relativos ao território do Estado de São Paulo, desde 1979, possuindo grande credibilidade e alto nível de detalhamento. Para os fins deste trabalho, as cartas topográficas do IGC tiveram um papel crucial na vetorização dos cursos d'água, nascentes, áreas úmidas, estradas, bem como das verificações visuais de declividade. Comparado aos produtos cartográficos do IBGE, com escala de 1:250.000 e 1:50.000, o produto do IGC demonstrou ser mais adequado, revelando quase a totalidade dos cursos d'água presentes na sub-bacia, que não eram representados nos produtos do IBGE, pelo fato de terem menor escala. As cartas foram obtidas através de link WMS, disponibilizados pela plataforma Datageo e inseridos no QGIS, com a exportação de imagem em formato “.png” georreferenciado, que posteriormente foi transformado em formato “.tif”. Também foram utilizadas imagens de satélite da Google, obtidas através

do plugin “HCMGIS” e salvas da mesma maneira a partir da exportação da imagem e conversão em formato “.tif”.

O principal software utilizado para realizar as operações de geoprocessamento foi o QGIS, pelo fato de ser uma alternativa gratuita e acessível. Alguns complementos do QGIS foram utilizados, sendo um para a classificação supervisionada orientada a objetos realizada pelo Orfeo ToolBox (OTB), e outro para a edição manual da classificação sendo realizada pelo plugin Serval. A partir desse plugin, foram corrigidas as imperfeições na classificação, através da fotointerpretação e vetorização manual das classes de uso e cobertura da terra.

A imagem multiespectral que foi utilizada para realizar a classificação é do satélite CBERS-4A. O imageamento deste satélite é realizado pelo sensor WPM (Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura). O ID da imagem é “CBERS4A_WPM20414120221209”, da coleção “CBERS4A_WPM_L4_DN”. A cobertura de nuvens da imagem é 0 e a data do imageamento é de 09/12/2022. Essa imagem foi obtida através do site da Divisão de Geração de Imagens do INPE, na data de 04/04/2023. Foram obtidas todas as bandas do sensor WPM, sendo essas:

- ❖ B0: banda pancromática, com resolução espacial de 2 m e espectral de 0,45 a 0,90 μm .
- ❖ B1: banda do azul, com resolução espacial de 8 m e espectral de 0,45 a 0,52 μm .
- ❖ B2: banda do verde, com resolução espacial de 8 m e espectral de 0,52 a 0,59 μm .
- ❖ B3: banda do vermelho, com resolução espacial de 8 m e espectral de 0,63 a 0,69 μm .
- ❖ B4: banda do infravermelho próximo, com resolução espacial de 8 m e espectral de 0,77 a 0,89 μm .

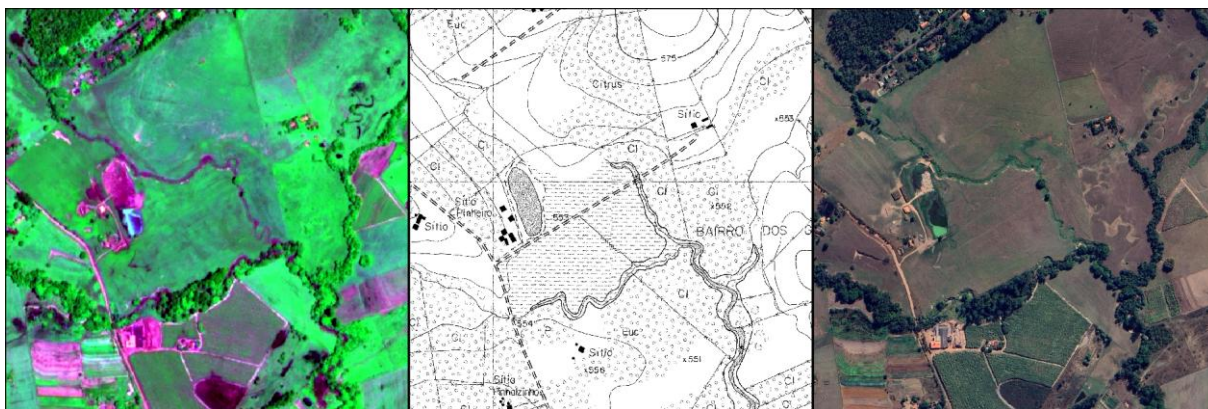
Utilizou-se um Modelo Digital de Elevação (MDE) de resolução espacial de 30 m. Ele foi adquirido através da plataforma do projeto Topodata, que disponibiliza dados de elevação de todo o território nacional, a partir do refino dos dados SRTM, oferecidos pelo USGS. O MDE adquirido responde pela quadrícula 22S48, no mapa índice do Topodata. Além dele, também foi feito o download de dados de declividade da mesma quadrícula.

5.2. Delimitação da Sub-bacia, da Hidrografia e das Áreas de Preservação Permanente (APPs)

Para a identificação dos limites da bacia foi utilizado o MDE adquirido na plataforma do projeto Topodata. Após inserir o MDE nas camadas do QGIS, foi utilizada a ferramenta “r.watershed” para gerar os arquivos de Segmento de Fluxo e Direção de Drenagem. A partir desses produtos, foram processados, com a ferramenta “r.water.outlet”, os limites da sub-bacia hidrográfica, que foi convertida de dados matriciais para dados vetoriais, utilizando a ferramenta “r.to.vect”. Após a delimitação da bacia hidrográfica, os dados matriciais de Segmentos de Drenagem, que representam a hidrografia gerada de forma automática, foram também convertidos para dados vetoriais.

Posteriormente, essa delimitação inicial da hidrografia foi corrigida manualmente, adicionando-se as nascentes, cursos d’água, reservatórios de água artificiais e lagos que não foram automaticamente gerados no passo anterior e ajustando outros cursos d’água para posições mais exatas. Para essa delimitação manual, foram utilizadas: a fusão das bandas 3, 4 e 2 gerada anteriormente, que destaca os corpos d’água com uma coloração roxa-escura; as imagens de satélite da Google, que possibilitou identificar feições não encontradas na fusão; e as cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC), que possibilitaram encontrar nascentes e cursos d’água com uma maior precisão. Assim, a análise da hidrografia da sub-bacia levou em conta essas três camadas de informação, resultando em um alto nível de detalhe e precisão.

Figura 6 - Camadas raster utilizadas para fotointerpretação da hidrografia e das classes de uso e cobertura da terra.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na sequência, com a sub-bacia hidrográfica e a rede de drenagem delimitadas, foram elaboradas suas respectivas APPs. Essa etapa respeitou a legislação federal, de acordo com o Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e que também altera e revoga outras leis relacionadas. O segundo capítulo “Das Áreas de Preservação Permanente”, em sua primeira seção “Da Delimitação das Áreas de Preservação Permanente”, considera as delimitações de onze diferentes tipos de APP.

As APPs analisadas neste trabalho são as APPs hídricas, que possuem a função de recuperar e preservar as nascentes, cursos d’água, lagos e lagoas naturais, além dos reservatórios d’água artificiais. Há de se considerar que o presente trabalho não abarca todos os tipos de APPs instituídas na legislação ambiental. Portanto, foram analisadas as seguintes delimitações, segundo o Código Florestal: faixas marginais dos cursos d’água com largura mínima de 30 m (inciso I, alínea “a”); áreas no entorno de lagos e lagoas naturais em zonas rurais com largura mínima de 50 m (inciso II, alínea “a”); áreas de entorno de nascentes e olhos d’água perenes, com raio mínimo de 50 m (inciso IV); e as áreas no entorno dos reservatórios d’água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d’água naturais (inciso III).

As APPs dos reservatórios d’água artificiais possuem sua faixa definida na licença ambiental do empreendimento. Nos municípios de Rio Claro (SP) e Corumbataí (SP), as licenças ambientais ainda são emitidas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Seria inviável a solicitação das licenças ambientais para a verificação das APPs de cada reservatório, visto que a sub-bacia possui centenas desses empreendimentos e parte considerável deles podem não estar regularizados, tendo sido construídos sem análise deste órgão ambiental e, portanto, sem a APP definida. Nesse sentido, entrou-se em contato com a CETESB para questionar quais são as faixas de APPs definidas nesses tipos de empreendimento no Estado de São Paulo. A resposta do órgão foi de que no licenciamento ambiental, a CETESB adota, no geral, 15 metros para reservatórios com até 20 ha de superfície e 100 metros para reservatórios com mais de 20 ha de superfície. Todos os reservatórios inseridos na área de estudo possuem área inferior a 20 ha de superfície, possuindo, portanto, 15 m de APP.

A geração das Áreas de Preservação Permanente (APPs) foram realizadas com a ferramenta “Buffer”, com a camada de entrada sendo os arquivos vetoriais de hidrografia realizados anteriormente. O valor de distância variou para cada tipo de

APP, sendo, de acordo com o Código Florestal e das considerações da CETESB, de 50 m para nascentes, 30 m para cursos d'água, 15 m para reservatórios de água artificiais, e 50 m para lagos e lagoas naturais. Após o processamento dos buffers, todos eles foram unidos com a ferramenta “União” e posteriormente dissolvidos com a ferramenta “Dissolver”. Em seguida, foi retirado desse polígono as áreas correspondentes aos corpos d'água, como lagos e lagoas naturais, reservatórios. Também foi utilizada a ferramenta “Recortar”, com a camada de sobreposição sendo o limite da sub-bacia, visto que algumas APPs o ultrapassam.

Após essas etapas, obteve-se como resultado final um polígono com todas as APPs. Essa mesma etapa foi repetida, isoladamente, com APPs das nascentes, cursos d'água, reservatórios d'água artificiais e lagos e lagoas naturais, permitindo realizar análises específicas de cada tipo. O polígono com todos os tipos de APP também foi recortado utilizando como camada de sobreposição os municípios de Rio Claro (SP) e Corumbataí (SP), permitindo comparar como elas são utilizadas e preservadas entre essas duas localidades.

5.3. Elaboração do Mapa de Uso da Terra

Para a identificação dos diferentes tipos de uso e cobertura da terra na área de estudo, foi realizada uma classificação supervisionada e orientada a objetos. O software utilizado na classificação foi o QGIS, complementado pelo plugin Orfeo ToolBox (OTB).

Primeiramente foi gerado um mosaico de bandas, sendo mescladas as bandas 3, 4 e 2 do CBERS-4A, nessa respectiva ordem. Elas correspondem às bandas do azul, infravermelho próximo e verde. A ferramenta utilizada foi a “Mosaico”, de modo que foram adicionadas as 3 bandas, na aba “Camadas de Entrada”. Foi marcada a opção “Coloque cada arquivo de entrada em uma banda separada”. O tipo de dado de saída foi alterado para “Int16”, o mesmo das imagens orbitais do CBERS-4A. Em seguida, a mesclagem foi processada e salva.

Após a mesclagem, partiu-se para a etapa da fusão de imagens, onde combinou-se a imagem pancromática (banda 0) com o produto da mesclagem. Assim, a alta resolução espectral proporcionada pelas bandas 2, 3 e 4 foi adicionada à alta resolução espacial (2 metros) proporcionada pela banda pancromática. A ferramenta utilizada foi o “Pansharpening”, um dos recursos do GDAL, encontrado na caixa de ferramentas do QGIS. Na aba “Conjunto de dados espectrais” foi adicionado o raster

da mesclagem de bandas. Na aba “Conjunto de dados pancromáticos” foi adicionado a banda 0 do CBERS-4A. Para o algoritmo de reamostragem da fusão foi mantido o padrão indicado pelo software, o “Cúbico”. Como o arquivo gerado teve um tamanho considerável, foi utilizado o formato “.bigtiff”. Para isso, ainda em parâmetros avançados, adicionou-se um parâmetro da linha de comando com o nome “BIGTIFF” e valor “Yes”. Como resultado, foi gerado um raster de 2 m de resolução espacial, preservando as características da composição de bandas da mesclagem.

5.3.1. Classificação Supervisionada Orientada a Objetos

O plugin Orfeo ToolBox foi instalado no dia 22/04/2024, com o download a partir do site oficial do projeto: <<https://www.orfeo-toolbox.org>>. A versão baixada foi a 9.0.0, com data lançada em 28/02/2024 e compatível com as versões 3.18 ou superiores do QGIS. Versões posteriores desse plugin podem apresentar mudanças de interface e soluções mais atualizadas, podendo apresentar incompatibilidades com a metodologia utilizada neste trabalho.

A partir da aba de download do site oficial, foi baixado um arquivo de pasta comprimida, em formato “.zip”. O arquivo de pasta foi extraído utilizando o software WinRAR, assim obtendo a pasta com os arquivos do plugin Orfeo ToolBox, com nome “OTB-9.0.0-Win64”.

Posteriormente ao download e extração da pasta, o QGIS foi reiniciado, seguindo para o passo de ativação do plugin e conexão com os diretórios da pasta. Na aba “Complementos”, no botão “Gerenciar e instalar complementos”, foi ativado o complemento da Orfeo ToolBox, chamado “OrfeoToolBox provider”.

Em seguida, na aba “Configurações”, nos botões “Opções”, “Processamento”, “Provedores”, “OTB”, foram direcionadas duas pastas anteriormente descompactadas. Primeiramente, na linha “Pasta OTB”, foi direcionada a pasta principal, com nome “OTB-9.0.0-Win64”. Por último, na linha “Pasta de aplicação OTB”, foi direcionada a pasta “applications”, encontrada a partir da pasta principal “OTB-9.0.0-Win64”, seguida de “lib”, “otb” e “applications”. Em resumo, finalizadas as etapas de download, descompactação da pasta, ativação do plugin e indicação dos diretórios das pastas, as ferramentas do Orfeo ToolBox foram ativadas.

A classificação supervisionada por regiões considera uma quantidade de pixels que possui características comuns e os agrupa em polígonos, através da etapa de segmentação. Os polígonos criados são posteriormente coletados como amostras e

classificados com base em suas características. Esse tipo de classificação se difere da classificação supervisionada pixel a pixel, que considera e atribui uma classe a cada pixel isoladamente.

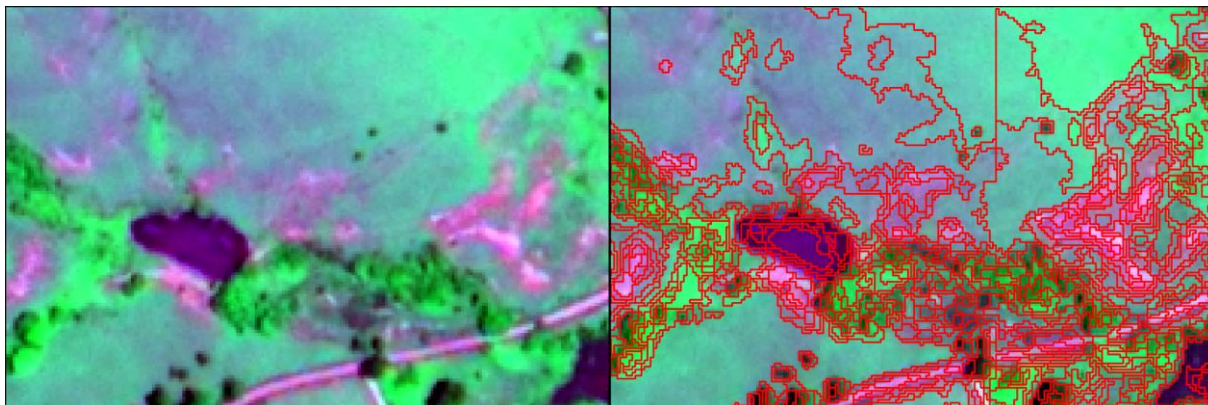
A segmentação da imagem orbital foi iniciada abrindo a Caixa de Ferramentas do QGIS e clicando em "OTB" e "Segmentation". A imagem orbital foi adicionada no botão "Input Image". A fim de encontrar um padrão de segmentação ideal para a classificação na área de estudo, foram realizados dezenas de testes de processamento, com diferentes algoritmos e parâmetros de segmentação.

Foram testados os quatro algoritmos presentes na ferramenta de segmentação do Orfeo ToolBox, que possuem diferentes tipos de parâmetros. Eles são o "meanshift", que vem como padrão ao abrir a ferramenta, o "cc", o "watershed". Após a realização dos testes, concluiu-se que o algoritmo de segmentação mais adequado foi o "meanshit". Este algoritmo possui como parâmetros principais o "minimum region size ou tamanho mínimo de região", o "spatial radius ou raio espacial da vizinhança" e o "range radius ou raio de alcance".

O objetivo dos testes foi de encontrar um padrão que fragmentava as regiões onde havia necessidade de maior detalhamento, como um corpo d'água de menor largura, uma árvore isolada ou ainda a vegetação nativa, que apresenta textura rugosa, ao mesmo tempo em que aglomera em uma mesma região grande quantidade de pixels, compondo uma textura lisa.

Após dezenas de testes com o mesmo algoritmo, chegou-se a parâmetros ideais. O raio espacial da vizinhança, indicado no botão "Spatial radius [opcional]", teve o valor de 50. O raio de alcance, indicado no botão "Range radius [opcional]", foi mantido como padrão no valor de 15. O tamanho mínimo da região, indicado no botão "Minimum region size", teve valor de 5, estabelecendo assim que os polígonos teriam uma quantidade mínima de 5 pixels, quando necessário, agrupando segmentos menores que esse valor. O modo de processamento escolhido, indicado no botão "Processing mode", foi o de vetor. Os outros parâmetros foram mantidos como padrão. O arquivo da segmentação foi salvo, no botão "Output vector file". Em seguida, o arquivo gerado foi adicionado às camadas do QGIS, tendo como resultado um arquivo em shapefile feito por polígonos contíguos, que tem seus limites definidos pelos pixels homogêneos agrupados em regiões (Figura 7).

Figura 7 - Exemplo do processo de segmentação com polígonos de tamanhos variados



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a etapa de segmentação, foi utilizada a ferramenta "Corrigir geometrias", nativa do QGIS, para corrigir possíveis imperfeições do processo de segmentação. Neste momento, foi adicionado o arquivo vetorial gerado na segmentação no campo "Camada de entrada". O método de correção utilizado foi o "Estrutura".

Com o arquivo vetorial corrigido, partiu-se para a etapa de cálculo das estatísticas. A primeira ferramenta de cálculo estatístico a ser utilizada foi a "Estatísticas zonais", nativa do QGIS, que calcula as estatísticas de uma camada raster para cada feição de uma camada vetorial sobreposta. Ou seja, para cada feição de segmento, há um cálculo estatístico da parcela de raster que esse segmento está sobreposto.

Para a utilização dessa ferramenta, foi adicionado na aba "Camada de entrada" o arquivo *shapefile* da segmentação, com a geometria corrigida no passo anterior. Na aba "Camada raster" foi adicionado o raster que seriam calculadas as estatísticas, sendo o mesmo utilizado para a geração dos segmentos. Na aba "Banda raster", primeiramente foi selecionada a opção "Banda 1 (Gray)". Após a seleção da banda, foi adicionado o prefixo "B1" na caixa de texto "Prefixo da coluna de saída". Em seguida, foram escolhidos os cálculos a serem realizados, na aba "Estatísticas a calcular". Clicando na aba, foram selecionadas apenas as opções "Média" e "St dev", sendo esta última a correspondente ao desvio padrão. Para essa primeira estatística zonal, referente à banda 1, não foi necessário salvar um arquivo, sendo gerado um arquivo temporário. Como resultado, obteve-se uma camada vetorial temporária, com duas novas colunas, sendo a média e o desvio padrão para os valores de pixel da banda 1 para cada segmento.

O passo foi repetido para o cálculo das estatísticas zonais da banda 2, com a diferença que na aba "Camada de entrada" foi adicionada a camada vetorial temporária, criada no passo anterior. Essa camada temporária possui as colunas de informações estatísticas da banda 1. Foi adicionado o mesmo raster utilizado anteriormente na aba "Camada raster", bem como o prefixo "B2" na caixa de texto "Prefixo da coluna de saída" e escolhidos os cálculos "Média" e "St dev" na aba "Estatísticas a calcular". Salvando novamente como uma camada temporária, obteve-se como resultado uma camada que possui mais duas colunas de dados estatísticos, agora com os valores de média e desvio padrão da banda 2 juntamente com os valores da banda 1.

Finalmente, repetiu-se os mesmos passos para a banda 3, com a diferença que na aba "Camada de entrada" foi adicionada a camada vetorial temporária que contém os dados da banda 1 e 2, criada no passo anterior. Foi adicionado o mesmo raster utilizado anteriormente na aba "Camada raster", bem como o prefixo "B3" na caixa de texto "Prefixo da coluna de saída" e escolhidos os cálculos "Média" e "St dev" na aba "Estatísticas a calcular". Salvando como uma camada temporária, obteve-se como resultado uma camada possuindo assim os valores de média e desvio padrão dos pixels de cada segmento, para as bandas 1, 2 e 3. Em seguida essa última camada temporária foi salva como arquivo permanente.

Finalizada a etapa de cálculos das estatísticas zonais, partiu-se para a etapa de seleção das amostras. Primeiramente, a camada com as estatísticas foi duplicada, criando um novo arquivo para a seleção das amostras. Neste arquivo foi adicionado um novo campo chamado "Amostras", do tipo "Número inteiro", que foi sendo preenchido com os números respectivos de cada uso, como indicado na Tabela 1.

Tabela 1 - Classes de Uso e cobertura da Terra

Nº	CLASSE	COR	CÓDIGO
1	Edificações		#ffa8c0
2	Mineração		#ad89cd
3	Agricultura		#ffff00
4	Pastagem		#cd8900
5	Silvicultura		#cdad00
6	Floresta		#73a800
7	Corpos D'água		#99c2e6
8	Solo Exposto		#b2b2b2

Fonte: IBGE (2013) com adaptações realizadas pelo autor.

Para preencher o campo de amostras foi utilizada a ferramenta de seleção "Feições através de polígonos", selecionando uma série de amostras de um determinado uso. Após a seleção de uma série considerável e variada de amostras chegou-se na etapa de preencher a tabela de atributos. Assim, dentro da calculadora de campo, foi selecionado o botão "Atualiza um campo existente" e escolhido o campo "Amostras". Em seguida, foi adicionado o número referente ao uso amostrado na caixa de texto "Expressão". Desse modo, o número referente ao uso foi atribuído para cada segmento selecionado.

O processo de seleção e utilização da calculadora de campo para atribuir o número de cada uso da terra foi realizado para todos os usos analisados. Em seguida, todos os segmentos amostrados foram selecionados e foi salvo um novo arquivo vetorial apenas com estes segmentos.

Após a etapa de seleção das amostras, seguiu-se para o treinamento do algoritmo de classificação. Essa etapa foi realizada utilizando a ferramenta "TrainVectorClassifier", acessada através da caixa de ferramentas do QGIS, "OTB", "Learning" e "TrainVectorClassifier". Dentro da ferramenta, foi adicionada na caixa "Input Vector Data" a camada vetorial com as amostras selecionadas, criada na etapa anterior. Na caixa "Field names for training features [opcional]", foram selecionados todos os campos de estatísticas, das três bandas. Vale ressaltar que neste momento não foram selecionados os campos "DN" e "Amostras", apenas os campos com valores estatísticos. Na caixa "Field containing the class integer label for supervision [opcional]" foi selecionado o campo "Amostras". Na caixa "Classifier to use for the

training" foi selecionado o algoritmo Randomforest, que após uma série de testes se mostrou o mais adequado para a classificação supervisionada da área de estudo. Por último, na caixa "Output model" foi salvo um arquivo de modelo, com extensão ".txt", para ser utilizado na etapa de classificação.

A etapa de classificação foi realizada com a ferramenta "Vector Classifier", existente na caixa de ferramentas do QGIS, "OTB", "Learning" e "VectorClassifier". Na caixa "Name of the input vector data" foi selecionada a camada vetorial com os segmentos e as estatísticas zonais. Na caixa "Model file" foi selecionado o arquivo de modelo, em formato de texto, criado na etapa anterior. Na caixa "Field names to be calculated [opcional]", foram selecionadas as colunas com apenas as estatísticas das três bandas. Neste momento não foi selecionado o campo "DN". Finalmente, na caixa "Output vector data file" o arquivo de classificação foi salvo, com extensão ".shp".

Finalizada a classificação, o arquivo vetorial foi adicionado às camadas do QGIS e foi convertido para raster, com a ferramenta "v.to.rast". Em seguida foi atribuída uma simbologia de acordo com os usos da terra. A paleta de cores escolhida foi inspirada no Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013, p. 151), com algumas adaptações, simplificando algumas classes de mapeamento.

5.3.2. Edição Manual da Classificação

Após a classificação supervisionada orientada a objetos ser concluída, partiu-se para uma etapa de edição manual do raster, a partir da fotointerpretação, para corrigir as imperfeições e erros da classificação automática. Essa edição manual foi realizada através do plugin "Serval", que permite que o usuário selecione e aplique uma modificação a uma parte escolhida de um raster. Para organizar as edições do raster, utilizou-se o plugin "Polygon Diviser", para dividir a área da sub-bacia em cem polígonos de tamanho igual. Desse modo, as edições foram realizadas de forma ordenada em cada unidade, garantindo que todas as áreas fossem revisadas.

Antes de realizar as modificações dos valores do raster, o plugin Serval foi instalado e em suas configurações foi ajustado um valor de três cliques de para desfazer alterações. Para realizar as edições, foi utilizada a ferramenta "Select Raster Cells by Polygon", que permite criar um polígono e dar um novo valor para os pixels compreendidos por ele. Nessa edição, foram novamente utilizadas a fusão das bandas 3, 4 e 2 do CBERS-4A e as imagens de satélite da Google. Essa etapa foi a mais extensa do trabalho, visto que foram corrigidas todas as imperfeições da classificação

automática. O tempo de edição variou, a depender da quantidade de classes e feições, de 15 a 45 minutos para cada uma das cem unidades. Nessa etapa, foram reclassificadas sete das oito classes de uso da terra, sendo elas: edificações, mineração, agricultura, pastagem, silvicultura, floresta e solo exposto. A classe de corpos d'água foi a última a ser reclassificada, sendo utilizados os arquivos vetoriais já elaborados anteriormente. Nesse caso, foi utilizada a ferramenta "Create Selection from Layer" e selecionou-se a camada vetorial referente aos corpos d'água para a reclassificação.

Com a conclusão das edições manuais, foi utilizado o Índice Kappa para verificar a qualidade e confiabilidade da classificação automática. Para isso, utilizou-se a ferramenta "r.kappa", acessada pela caixa de ferramentas do QGIS. Foi adicionado o raster da classificação automática na aba "Raster layer containing classification result" e o raster da classificação corrigida na aba "Raster layer containing reference classes". Em seguida, foi selecionada a pasta de destino do arquivo, em formato de texto, e gerado o índice. O valor Kappa obtido foi de 0,47, com um índice de precisão global de 61,51 %, sendo considerado um nível de concordância mediano. Isso demonstrou a importância da edição, a partir da fotointerpretação, das classes de uso e cobertura da terra.

Após essa verificação, foi realizada a análise do uso e cobertura propriamente dita, bem como dos conflitos de uso. Para isso, foram utilizados os arquivos vetoriais da APPs para realizar recortes dentro desses limites. Foi utilizada a ferramenta "Recortar raster pela camada de máscara", onde foi adicionado o raster na aba "Camada de entrada" e os vetores de APPs na aba "Camada de máscara". Para os pixels sem dados foi atribuído valor 0.

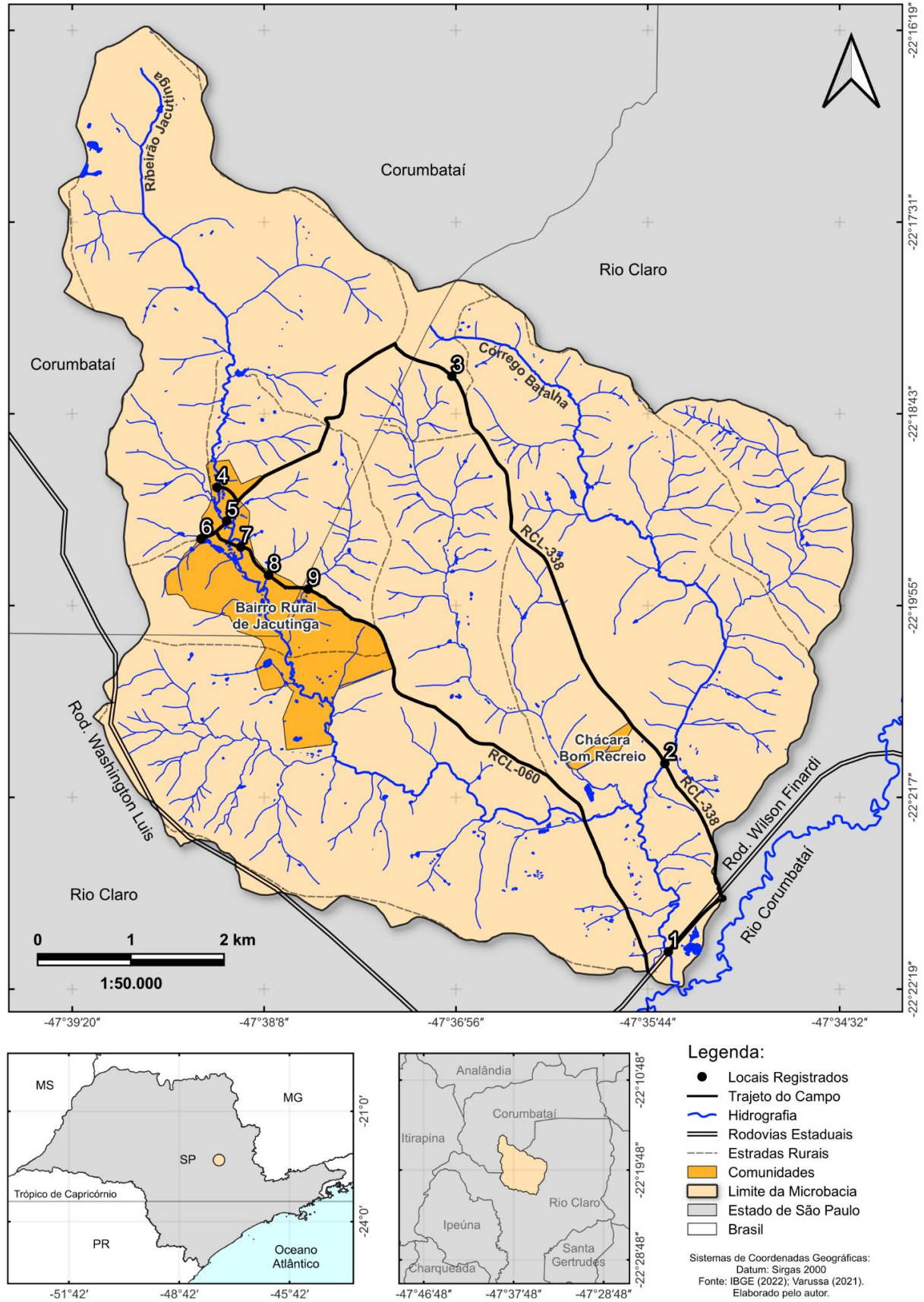
5.4. Trabalho de Campo

Com o intuito de melhor compreender a sub-bacia do Ribeirão Jacutinga e constatar *in loco* os conflitos de uso da terra nas Áreas de Preservação Permanente (APPs), foi realizado um trabalho de campo no dia 01/10/2024. O objetivo principal deste trabalho foi constatar e realizar registros fotográficos de conflitos de uso da terra na área de estudo. Além disso, o campo foi essencial para a análise de outras características geográficas complementares à pesquisa, entre elas as diferenças de topografia, os usos da terra mapeados, ocorrência de feições erosivas, entre outras.

Na etapa pré-campo, realizou-se o planejamento do trajeto. Nesse momento, foram identificadas as estradas rurais públicas, de modo que o percurso fosse livre, sem deslocar por propriedades privadas. Ao mesmo tempo, selecionou-se locais onde as estradas cruzassem com corpos d'água e que houvesse uso indevido das APPs (Figura 8).

Durante a realização do campo foram obtidos registros fotográficos, não houve dificuldades em relação ao trajeto, pois as estradas estavam em bom estado de conservação. A etapa pós-campo constituiu-se pela escrita de campo e por uma seleção dos registros fotográficos.

Figura 8 – Planejamento do roteiro do trabalho de campo.



Fonte: IBGE (2022) e Varussa (2021). Elaborado pelo autor.

6. RESULTADOS

O presente trabalho teve como resultados uma análise detalhada do uso e cobertura da terra e dos conflitos de uso em APPs da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga, bem como uma reflexão da metodologia utilizada para alcançar esses objetivos. A metodologia utilizada compreendeu uma série de etapas, envolvendo a utilização de softwares de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), com manipulação de dados matriciais e vetoriais através de diversas ferramentas de geoprocessamento, além do trabalho de campo, que trouxe uma nova perspectiva de análise da área de estudo.

6.1. Avaliação dos Materiais e Métodos

A utilização do software QGIS foi muito adequada, em todas as etapas de manipulação de dados geográficos, visto que disponibilizou gratuitamente a totalidade das ferramentas de geoprocessamento necessárias, seja com a utilização de ferramentas nativas ou com a instalação de complementos disponibilizados pela comunidade. Entre esses complementos, foram utilizados o Orfeo ToolBox, Serval, e o Polygon Diviser.

As bases cartográficas utilizadas demonstraram ser extremamente apropriadas, com a interpretação conjunta de três camadas de informação. Foram utilizadas as cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC), na escala de detalhamento de 1:10.000; as imagens orbitais do satélite CBERS-4A, nas quais foram mescladas as bandas 3, 4 e 2 e posteriormente fusionadas com a banda pancromática 0, resultando em uma imagem falsa-cor com resolução espacial de 2 m; bem como as imagens de satélite da Google, em cores reais (RGB), com maior nível de detalhes. Essas três bases cartográficas possibilitaram a vetorização completa e com um excelente nível de detalhamento da hidrografia, incluindo os cursos d'água, lagos e lagoas naturais e reservatórios d'água artificiais.

A delimitação da sub-bacia foi gerada inicialmente de forma automática, com a utilização dos Modelos Digitais de Elevação (MDE). Posteriormente, ela foi refeita utilizando as cartas topográficas do IGC como base cartográfica, com a vetorização dos limites a partir da visualização das curvas de nível e vertentes. Essa nova

vetorização foi mais adequada, representando com mais fidelidade os limites da área de estudo.

Em relação às Áreas de Preservação Permanente (APPs), a sub-bacia possui cerca de 1.221 ha (Figura 10 e Tabela 4), isso representa 22,26 % da área total da sub-bacia, de 5.488 ha. Do total de APPs, 915 ha estão inseridas no município de Rio Claro (SP) e 305 ha no município de Corumbataí (SP). Considerando os diferentes tipos de APPs isoladamente, pode-se identificar que os cursos d'água abrangem 971 ha, seguido pelas nascentes, com 225 ha, lagos e lagoas naturais, com 179 ha, reservatórios d'água artificiais, com 56 ha.

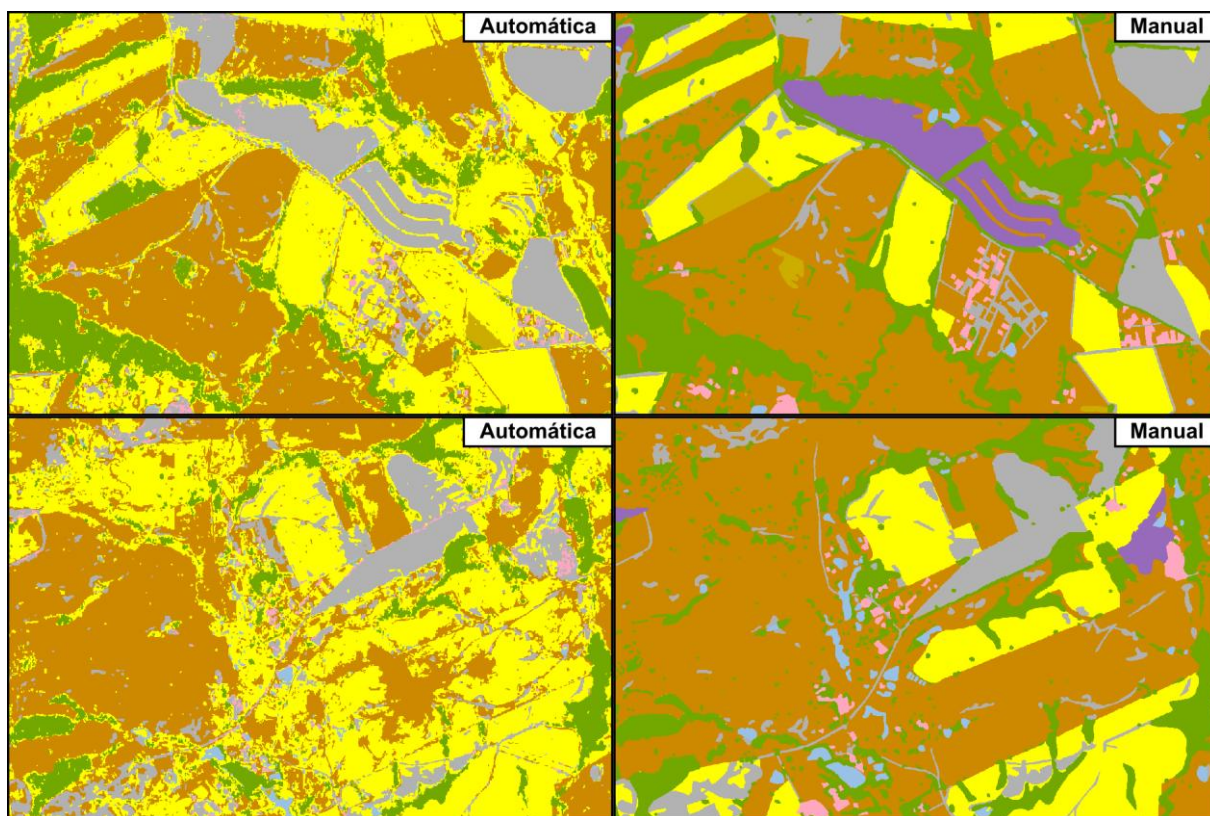
A classificação supervisionada orientada a objetos, que resultou no mapa de uso e cobertura da terra, foi gerada inicialmente de forma automática com o plugin Orfeo ToolBox, seguida de uma edição manual do raster com o plugin Serval. A geração automática da classificação não obteve bons resultados, com um índice Kappa de 0,4794 e índice de precisão global de 61,51%. Também foi calculado o índice Kappa para cada classe, de modo que pôde-se verificar quais foram mais assertivas.

As classes de pastagem (4) e floresta (6) foram as que obtiveram mais acertos, tendo respectivamente os valores 0,8280 e 0,8029. Em relação à pastagem, isso ocorreu pois foi a classe predominante, compreendendo uma extensa área e aumentando consecutivamente a porcentagem de acertos. A classe floresta também obteve bons índices pois possui um nível de reflectância e uma textura muito singulares em relação às outras classes, podendo ser facilmente diferenciada. A classe de mineração (2) foi a que alcançou pior resultado, não tendo sido classificada nenhuma vez, de modo que em todas as vezes foi erroneamente classificada como solo exposto, edificações ou corpo d'água. A classe agricultura (3), que compreende as culturas permanentes e temporárias, teve um resultado ruim, com índice Kappa de 0,1560, visto que essa classe foi frequentemente confundida com pastagem. As edificações (1) tiveram resultados insatisfatórios, com índice de 0,2874, sendo em sua maioria confundida com solo exposto e corpo d'água. A classe silvicultura (5) obteve também um resultado insatisfatório, com índice de 0,3274, sendo normalmente confundida com a classe florestal. Os corpos d'água (7) tiveram um índice insatisfatório de 0,2166, de modo que possuem uma grande variedade nos níveis de reflectância, resultando em lagos, lagoas e reservatórios de diferentes cores, nos quais foram confundidos com as classes solo exposto e edificações. A classe de solo

exposto (8) teve um resultado mais assertivo, porém ainda insatisfatório, com índice de 0,6554. Essa classe foi confundida com pastagem, bem como com agricultura, em locais onde o plantio era recente, ainda com bastante exposição do solo ou pastagens mais úmidas que possuíam nível de reflectância parecido com o de solo exposto. Ela também foi normalmente confundida com as classes de edificações e corpos d'água.

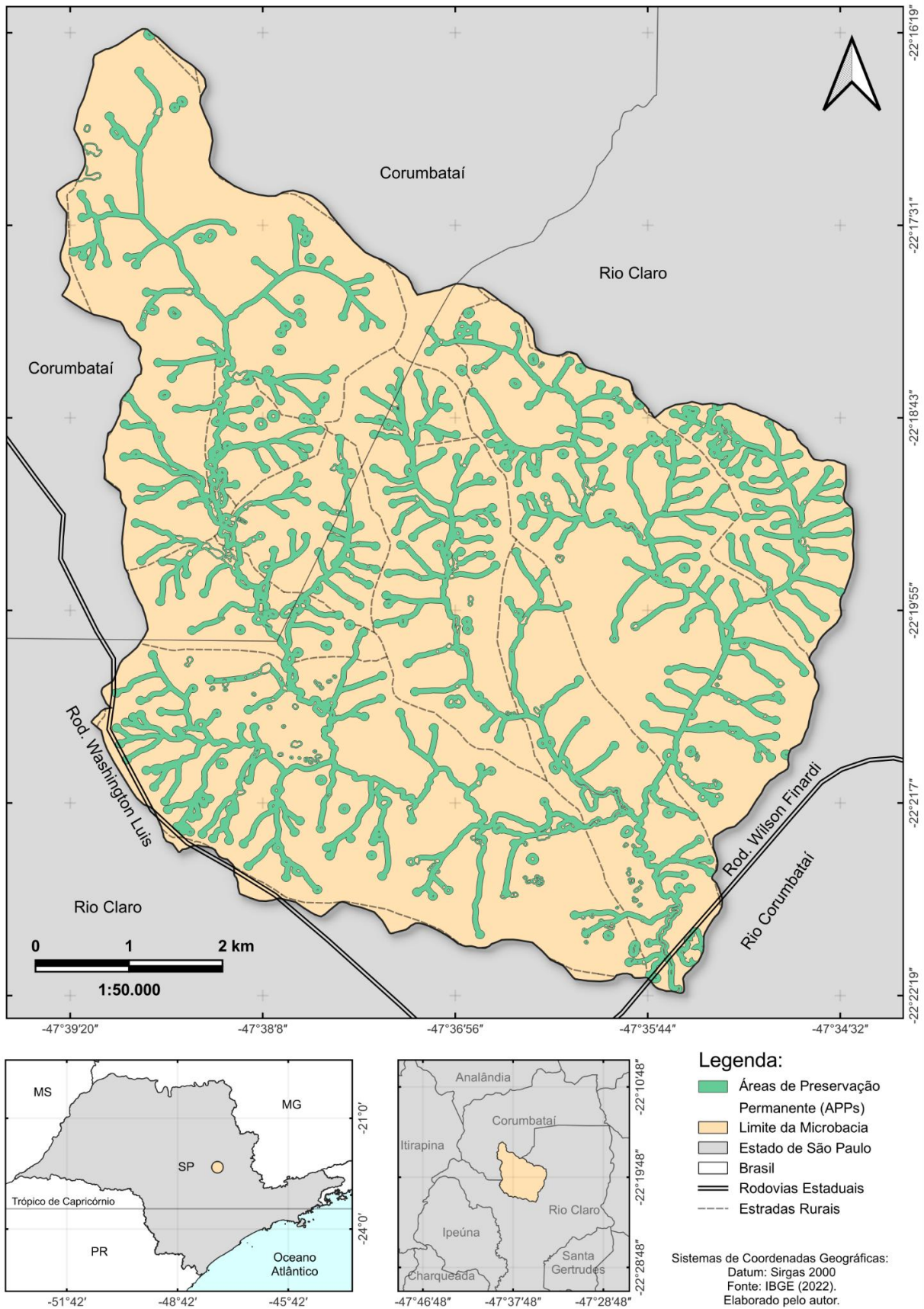
Em resumo, as classes que obtiveram boa assertividade foram pastagem e floresta. O classificador confundiu em várias porções da sub-bacia as classes solo exposto, corpo d'água e edificações, floresta e silvicultura, bem como pastagem e agricultura. Esse resultado demonstrou que o Orfeo ToolBox não obteve resultados pertinentes para classificar ambientes rurais, de modo que muitas atividades foram categorizadas erroneamente. Ao mesmo tempo, demonstrou a importância da edição manual da classificação com o plugin Serval, como exemplificado na Figura 9, que possibilitou o desenho de polígonos e alteração dos valores do raster nele inseridos, além da modificação de pixels a partir de camadas vetoriais inseridas no QGIS, como no caso dos corpos d'água vetorizados.

Figura 9 - Comparação da classificação supervisionada orientada a objetos com a edição manual da classificação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 10 - Áreas de Preservação Permanente (APPs) da Sub-bacia do Ribeirão Jacutinga



Fonte: IBGE (2022). Elaborado pelo autor.

6.2. Resultados do Trabalho de Campo

O trabalho de campo ocorrido no dia 01/10/2024 permitiu obter ótimos resultados, de modo que foram constatados e registrados vários locais com conflito de uso e cobertura da terra, além do entendimento de algumas dinâmicas ocorridas na área de estudo. Todos os nove locais planejados na etapa pré-campo foram registrados com êxito, demonstrando o uso e cobertura da terra nas APPs, diferenças de topografia na área de estudo e ocorrência de córregos secos.

Próximo de sua foz, o Ribeirão Jacutinga apresentou uma largura de curso bem pequena, de poucos metros (Figura 11 - Ponto 1). A partir dos registros fotográficos, realizados no cruzamento do ribeirão com a Rodovia Wilson Finardi (SP-191), nas coordenadas 22°22'4,9"S e 47°35'36,7"O, é possível verificar o pouco volume de água e a falta de vegetação nativa na APP, com o curso d'água estando completamente vulnerável aos processos erosivos, em especial ao intemperismo físico com o impacto direto das gotas de chuva no solo, resultando no assoreamento desses trechos desprotegidos. Nesse segmento há apenas vegetação herbácea à montante e presença de vegetação arbórea e arbustiva à jusante, após o cruzamento com a rodovia.

Figura 11 - Ponto 1: conflitos de uso da terra próximos da foz do Ribeirão Jacutinga (sentido à montante na imagem esquerda e jusante na imagem direita).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante o campo também foi registrado o Córrego Batalha (Figura 12 - Ponto 2), que no trecho analisado, cruzamento do córrego com a Estrada RCL-338, nas coordenadas 22°20'54,4"S e 47°35'37,6"O, apresentou volume considerável d'água e vegetação bem caracterizada à montante. Entretanto, à jusante, é perceptível a

diferença entre uma vertente bem preservada (à esquerda da imagem) e uma vertente totalmente descaracterizada, com pouca vegetação herbácea e formação de talude erosivo (à direita da imagem).

Figura 12 - Ponto 2: conflitos de uso da terra no Córrego Batalha (sentido à montante na imagem esquerda e jusante na imagem direita).



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir do trajeto planejado para o campo, em especial no Ponto 3 (Figura 13), na Estrada RCL-338, nas coordenadas 22°18'28,9"S e 47°36'57,8"O, foi possível visualizar grandes diferenças de topografia. Foram identificados alguns locais com relevo ondulado (8 a 20 %), forte ondulado (20 a 45 %) e montanhoso (45 a 75 %). As diferenças de altitude são demarcadas, nesse trecho em específico, pela transição entre a Formação Pirambóia, que se encontra em maior altitude ao norte, e a Formação Corumbataí, em menores altitudes na porção central da sub-bacia (Figura 3). Além disso, em razão da altitude e declividade, é possível visualizar com maior clareza alguns usos e ocupações da terra, como pastagem, silvicultura, agricultura e floresta.

Figura 13 - Ponto 3: topografia mais acidentada, com relevo ondulado, forte ondulado e montanhoso, na porção norte da sub-bacia.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Outros trechos do Ribeirão Jacutinga foram analisados durante o campo. Os trechos dos pontos 4, 5 e 7 (Figura 14, 15 e 16), localizados pelas coordenadas 22°19'10,8"S e 47°38'25,6"O, 22°19'23,4"S e 47°38'22,2"O, e 22°19'33,2"S e 47°38'16,8"O, possuem a APP totalmente descaracterizada, com predomínio de vegetação herbácea. Há pouquíssima vegetação arbustiva e arbórea, contribuindo para um aumento dos processos erosivos, especialmente no impacto direto da chuva no solo. Além disso, foi recorrente a presença de gado nessas localidades, que ocasiona o pisoteamento do solo, podendo resultar no processo de *creeping* e dificultando o desenvolvimento da vegetação. No trecho do ponto 4 (Figura 14), o processo de assoreamento do Ribeirão Jacutinga é perceptível.

Figura 14 - Ponto 4: conflitos de uso da terra no Ribeirão Jacutinga e assoreamento do curso d'água (sentido à montante na imagem esquerda e jusante na imagem direita).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 15 - Ponto 5: conflitos de uso da terra no Ribeirão Jacutinga (sentido à montante na imagem esquerda e jusante na imagem direita).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 16 - Ponto 7: conflitos de uso da terra em afluente do Ribeirão Jacutinga (sentido à montante na imagem esquerda e jusante na imagem direita).



Fonte: Elaborado pelo autor.

No ponto 6 (Figura 17), próximo a um córrego afluente do Ribeirão Jacutinga, nas coordenadas 22°19'30,2"S e 47°38'31,6"O, foram registrados grandes sulcos erosivos em uma das vertentes, iniciando processos de ravinamento. Nesse trecho do afluente, as APPs se encontravam desprotegidas, com predomínio de vegetação herbácea e solo exposto nos sulcos erosivos.

Figura 17 - Ponto 6: conflitos de uso da terra e feições erosivas próximas de afluente do Ribeirão Jacutinga (sentido à montante nas duas imagens).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Outros dois afluentes do Ribeirão Jacutinga foram analisados, respectivamente os trechos dos pontos 8 e 9 (Figuras 18 e 19), localizados pelas coordenadas $22^{\circ}19'43,2''\text{S}$ e $47^{\circ}38'06,9''\text{O}$, e $22^{\circ}19'48,9''\text{S}$ e $47^{\circ}37'51,7''\text{O}$. Verificou-se que eles se encontravam totalmente secos. Foi possível identificar o leito dos afluentes sem nenhuma umidade. Isso se deve, presumidamente, aos baixos índices de precipitação dos últimos meses. Em ambos os casos, as APPs estavam descaracterizadas, com predominância de vegetação herbácea, e pouca vegetação arbustiva e arbórea. No trecho do ponto 9, onde há relativamente mais vegetação arbustiva a arbórea, elas se concentram em faixas de poucos metros.

Figura 18 - Ponto 8: conflitos de uso da terra em afluente seco do Ribeirão Jacutinga (sentido à montante na imagem esquerda e jusante na imagem direita).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 19 - Ponto 9: conflitos de uso da terra em afluente seco do Ribeirão Jacutinga (sentido à montante na imagem esquerda e jusante na imagem direita).



Fonte: Elaborado pelo autor.

6.1. Uso e cobertura da Terra

Em relação ao uso e cobertura da terra (Figuras 20 e 21 e Tabela 2), a sub-bacia do Ribeirão Jacutinga tem como uso principal a pastagem, ocupando mais da metade de sua área total com 2.820 ha (51,39%). A segunda classe mais abrangente é a floresta, com 1.243 ha (22,66%), seguida por agricultura, com 621 ha (11,32%), solo exposto, com 450 ha (8,2%), silvicultura, com 183 ha (3,34%), mineração, com 65 ha (1,2%), edificações, com 54 ha (1%), e corpo d'água, com 48 ha (0,88%).

Tabela 2 - Uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Jacutinga

USO E COBERTURA DA TERRA NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO JACUTINGA				
Nº	Classe	Área		
		(m²)	(ha)	(%)
1	Edificações	549.236	54,92	1,00
2	Mineração	659.488	65,95	1,20
3	Agricultura	6.212.032	621,20	11,32
4	Pastagem	28.207.484	2.820,75	51,39
5	Silvicultura	1.833.576	183,36	3,34
6	Floresta	12.439.712	1.243,97	22,66
7	Corpo D'água	483.852	48,39	0,88
8	Solo Exposto	4.501.776	450,18	8,20
Total		54.887.156	5.488,72	100

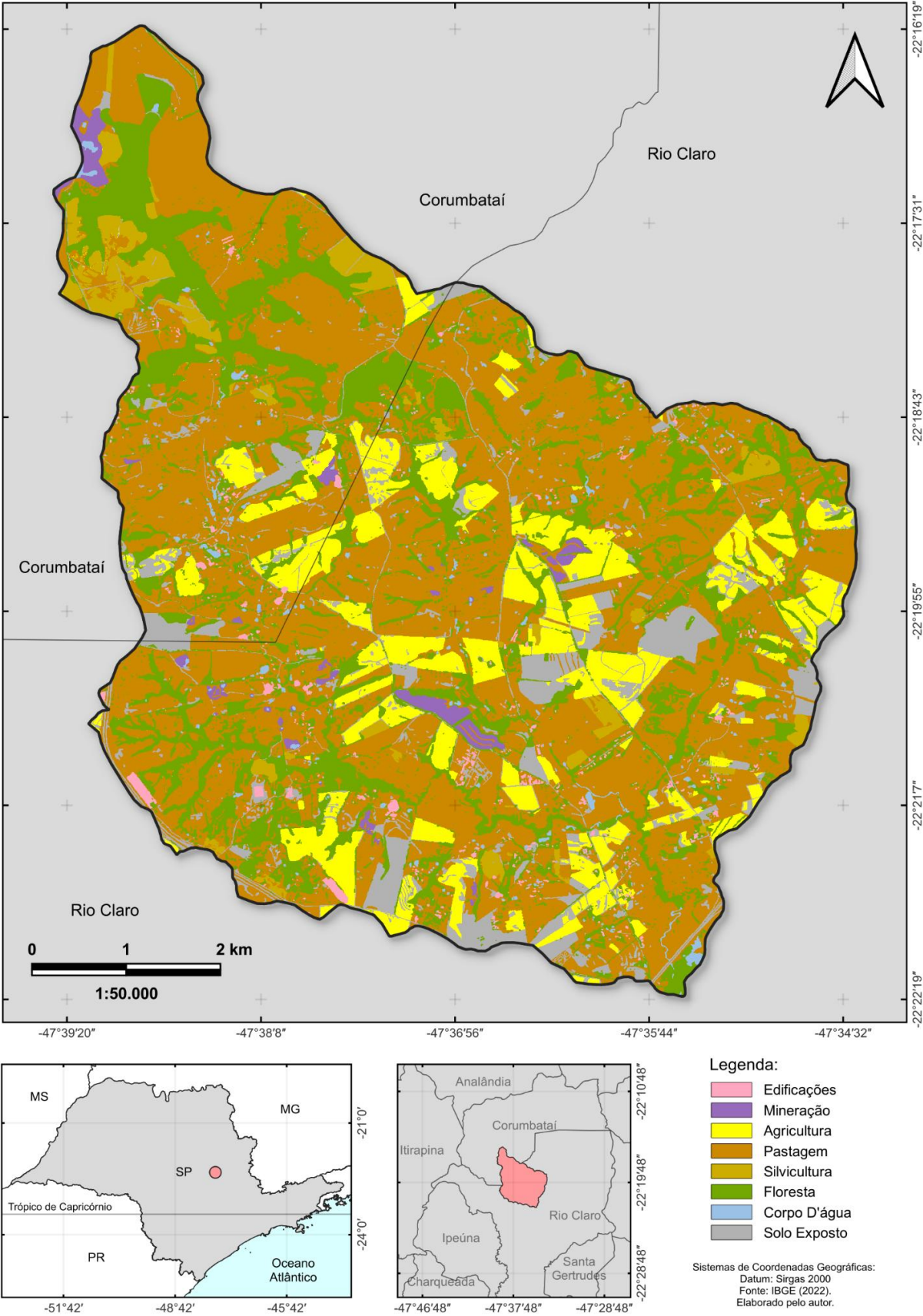
Fonte: Elaborado pelo autor.

Esses resultados se diferenciam dos de Bertolami et al. (1996) em algumas classes. Em um período de 29 anos, a pastagem perdeu área, saindo de 69,2% para 51,3% nesse período. A agricultura se manteve estável, com uma leve diminuição, considerando a soma das culturas de ciclo longo e ciclo curto no trabalho de Bertolami et al. (1996) e considerando que a maior parte do solo exposto encontrado no presente trabalho é uma etapa momentânea de culturas temporárias ou semi-permanentes. A classe florestal obteve um aumento considerável, triplicando sua participação na área de estudo, saindo de 7,8% para 22,6%. É necessário ressaltar que essa diferença se trata de um aumento do número de espécies arbóreas, que não necessariamente

compõem uma floresta, com toda sua biodiversidade e complexidade. A silvicultura também obteve um aumento, mais que dobrando sua participação, de 1,4 % para 3,34%. É importante destacar que a escala de detalhamento do presente trabalho é significativamente maior que a de Bertolami et al. (1996), podendo haver distorções relevantes entre os resultados encontrados pelo autor e a realidade concreta, levando em conta o avanço das geotecnologias nesse período de tempo.

No que diz respeito aos recortes de análise dos municípios de Rio Claro (SP) e Corumbataí (SP), a pastagem ocupa a mesma proporção entre os dois, com 51,27 e 51,69% (Tabela 3). A classe agricultura ocupa mais o recorte de Rio Claro, com 13,88% de sua área, por possuir um relevo com menor declividade, mais favorável ao cultivo. Corumbataí, por sua vez, possui 5,20% do recorte ocupado pela agricultura. Nesse mesmo sentido, compreendendo que o solo exposto é posteriormente utilizado para o plantio, ele compreende 9,34% do recorte de Rio Claro e 5,47% de Corumbataí. Rio Claro possui proporcionalmente menos a classe floresta que Corumbataí, com 20,77 e 27,20% de ocupação. A silvicultura se concentra no recorte de Corumbataí, tendo cerca de quatro vezes mais porcentagem de área em comparação com Rio Claro, com 7,21 e 1,72% (Figura 20).

Figura 20 - Uso e cobertura da Terra da Sub-bacia do Ribeirão Jacutinga



Fonte: IBGE (2022). Elaborado pelo autor.

Tabela 3 - Uso e cobertura da terra nos recortes dos municípios de Rio Claro (SP) e Corumbataí (SP)

USO E COBERTURA DA TERRA NOS RECORTES DOS MUNICÍPIOS DE RIO CLARO (SP) E CORUMBATAÍ (SP)							
Nº	Classe	Rio Claro (SP)			Corumbataí (SP)		
		(m ²)	(ha)	(%)	(m ²)	(ha)	(%)
1	Edificações	432.032	43,20	1,12	117.208	11,72	0,72
2	Mineração	407.552	40,76	1,05	251.936	25,19	1,56
3	Agricultura	5.370.868	537,09	13,88	841.212	84,12	5,20
4	Pastagem	19.842.920	1.984,29	51,27	8.364.664	836,47	51,69
5	Silvicultura	667.156	66,72	1,72	1.166.420	116,64	7,21
6	Floresta	8.037.620	803,76	20,77	4.402.136	440,21	27,20
7	Corpo D'água	330.896	33,09	0,85	152.960	15,30	0,95
8	Solo Exposto	3.616.820	361,68	9,34	885.044	88,50	5,47
Total		38.705.864	3.870,59	100	16.181.580	1.618,16	100

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após essa descrição do uso e cobertura da terra na sub-bacia e nos recortes de Rio Claro (SP) e Corumbataí (SP), partiu-se para os recortes analíticos de uso e cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente (APPs). Durante a análise desse zoneamento ambiental, ainda foi possível realizar outros recortes, entendendo como é o uso e cobertura da terra nas APPs de Rio Claro (SP) e Corumbataí (SP), bem como isoladamente nas categorias de APPs estudadas, como de nascente, curso d'água, lagos e lagoas naturais e reservatórios de água artificial.

Compreendendo todas as APPs hídricas da sub-bacia, foi possível identificar que apenas 48,54 % de sua extensão é preservada como floresta, com cerca de 592 ha (Tabela 4). Assim, verificou-se que o uso indevido nas APPs da sub-bacia é de 51,46 % (Figura 22 e Tabela 10). As classes de uso indevido que mais ocupam as APPs são pastagem, com 512 ha (41,97 %), agricultura, com 52 ha (4,3%) e solo exposto, com 41 ha (3,4 %). As classes de edificações, mineração e silvicultura não ocupam de modo relevante as APPs, com menos de 1 % de área.

Tabela 4 - Uso e cobertura da terra em APPs da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga

USO E COBERTURA DA TERRA EM APPS DA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO JACUTINGA				
Nº	Classe	Área		
		(m²)	(ha)	(%)
1	Edificações	44.080	4,41	0,36
2	Mineração	61.012	6,10	0,50
3	Agricultura	524.648	52,46	4,30
4	Pastagem	5.126.652	512,67	41,97
5	Silvicultura	113.652	11,37	0,93
6	Floresta	5.929.740	592,97	48,54
8	Solo Exposto	415.452	41,55	3,40
Total		12.215.236	1.221,52	100

Fonte: Elaborado pelo autor.

Comparando o uso e cobertura da terra nas APPs entre os municípios de Rio Claro (SP) e Corumbataí (SP), foi possível concluir que ambos apresentam índices parecidos de uso indevido (Figura 22 e Tabelas 5 e 10). O recorte das APPs de Rio Claro apresenta 52,78 % de uso indevido, enquanto Corumbataí possui uma APP um pouco mais preservada, com 47,49 % de uso indevido. A área de pastagem também é proporcionalmente parecida, com 394 ha (43,07 %) em Rio Claro e 118 ha (38,68 %) em Corumbataí. A participação da agricultura é um pouco maior nas APPs de Rio Claro, com 42 ha (4,69 %), em comparação com Corumbataí, com 9 ha (3,12 %). O solo exposto se manteve parecido nos dois municípios, com 31 ha (3,45 %) em Rio Claro e 10 ha (3,24 %) em Corumbataí.

Tabela 5 - Uso e cobertura da terra em APPs dos recortes dos municípios de Rio Claro (SP) e Corumbataí (SP)

USO E COBERTURA DA TERRA EM APPS DOS RECORTES DOS MUNICÍPIOS DE RIO CLARO (SP) E CORUMBATAÍ (SP)							
Nº	Classe	Rio Claro (SP)			Corumbataí (SP)		
		(m²)	(ha)	(%)	(m²)	(ha)	(%)
1	Edificações	31.928	3,19	0,35	12.152	1,22	0,40
2	Mineração	42.832	4,28	0,47	18.180	1,82	0,59
3	Agricultura	429.324	42,93	4,69	95.324	9,53	3,12
4	Pastagem	3.943.300	394,33	43,07	1.183.352	118,34	38,68
5	Silvicultura	68.764	6,88	0,75	44.888	4,49	1,47
6	Floresta	4.323.132	432,31	47,22	1.606.608	160,66	52,51
8	Solo Exposto	316.224	31,62	3,45	99.228	9,92	3,24
Total		9.155.504	915,55	100	3.059.732	305,97	100

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando os recortes de cada categoria de Área de Preservação Permanente (APP) hídrica, foi possível verificar as que mais resultam na preservação da vegetação nativa e quais os principais usos indevidos que ocupam esse zoneamento.

As APPs de cursos d'água são as mais preservadas, com 55,79 % de classe floresta (542 ha) e 43,21 % de uso indevido (Figura 22 e Tabelas 7 e 10). Os usos indevidos mais constantes nessa categoria foram pastagem, com 358 ha (36,85 %), seguida por agricultura, com 37 ha (3,87 %), e solo exposto, com 25 ha (2,59 %).

As nascentes da sub-bacia possuem APPs com cerca de 36,57 % de florestas (82 ha) e 63,43 % de uso indevido (Figura 22 e Tabelas 6 e 10). Nessa categoria, as classes de uso indevido que mais ocuparam as APPs foram pastagem, com 100 ha (44,43 %), seguida por agricultura, com 20 ha (8,97 %), solo exposto, com 15 ha (7,02 %) e silvicultura, com 5 ha (2,43 %). É possível verificar que o solo exposto ocupou de forma significativa essa categoria, em comparação com outras.

Os reservatórios d'água artificiais possuem pouca vegetação nativa, com 29,13 % de área florestada (16 ha) e 70,87 % de uso indevido (Figura 22 e Tabelas 9 e 10). As classes que mais ocuparam indevidamente essa categoria foram novamente a pastagem, com 32 ha (57,22 %), seguida pela mineração, com 4 ha (7,58 %), e pelo

solo exposto, com 2 ha (4,65 %). Nesse caso, a mineração teve um papel maior nos conflitos de uso da terra, visto que as cavas com a formação de lagos artificiais que foram abandonadas não passaram por processos de restauração ambiental. Também foi possível notar que a agricultura não ocupou de forma pertinente esse tipo de APP.

Os lagos e lagoas naturais foram os que mais tiveram conflitos de uso da terra em APPs, com apenas 24,19 % de classe florestal e 75,82 % de uso indevido (Figura 22 e Tabelas 8 e 10). As classes mais conflitantes nessa categoria foram pastagem, com 119 ha (66,65 %), solo exposto, com 8 ha (4,63 %), agricultura, com 3 ha (1,83 %), e edificações, com 2 ha (1,47 %). Nessas APPs notou-se a ocupação pela edificações, que não foi significativa nas outras categorias.

Tabela 6 - Uso e cobertura da terra em APPs de nascentes da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga

USO E COBERTURA DA TERRA EM APPS DE NASCENTES DA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO JACUTINGA				
Nº	Classe	Área		
		(m²)	(ha)	(%)
1	Edificações	6.812	0,68	0,30
2	Mineração	6.380	0,64	0,28
3	Agricultura	202.156	20,22	8,97
4	Pastagem	1.001.680	100,17	44,43
5	Silvicultura	54.708	5,47	2,43
6	Floresta	824.528	82,45	36,57
8	Solo Exposto	158.272	15,83	7,02
Total		2.254.536	225,45	100

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 7 - Uso e cobertura da terra em APPs de cursos d'água da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga

USO E COBERTURA DA TERRA EM APPS DE CURSOS D'ÁGUA DA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO JACUTINGA				
Nº	Classe	Área		
		(m²)	(ha)	(%)
1	Edificações	15.520	1,55	0,16
2	Mineração	5.432	0,54	0,06
3	Agricultura	376.008	37,60	3,87
4	Pastagem	3.580.852	358,09	36,85
5	Silvicultura	66.544	6,65	0,68
6	Floresta	5.421.544	542,15	55,79
8	Solo Exposto	251.764	25,18	2,59
Total		9.717.664	971,77	100

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 8 - Uso e cobertura da terra em APPs de lagos lagoas naturais da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga

USO E COBERTURA DA TERRA EM APPS DE LAGOS E LAGOAS NATURAIS DA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO JACUTINGA				
Nº	Classe	Área		
		(m²)	(ha)	(%)
1	Edificações	26.360	2,64	1,47
2	Mineração	10.868	1,09	0,61
3	Agricultura	32.756	3,28	1,83
4	Pastagem	1.195.248	119,52	66,65
5	Silvicultura	11.488	1,15	0,64
6	Floresta	433.592	43,36	24,18
8	Solo Exposto	82.952	8,30	4,63
Total		1.793.264	179,33	100

Fonte: Elaborado pelo autor.

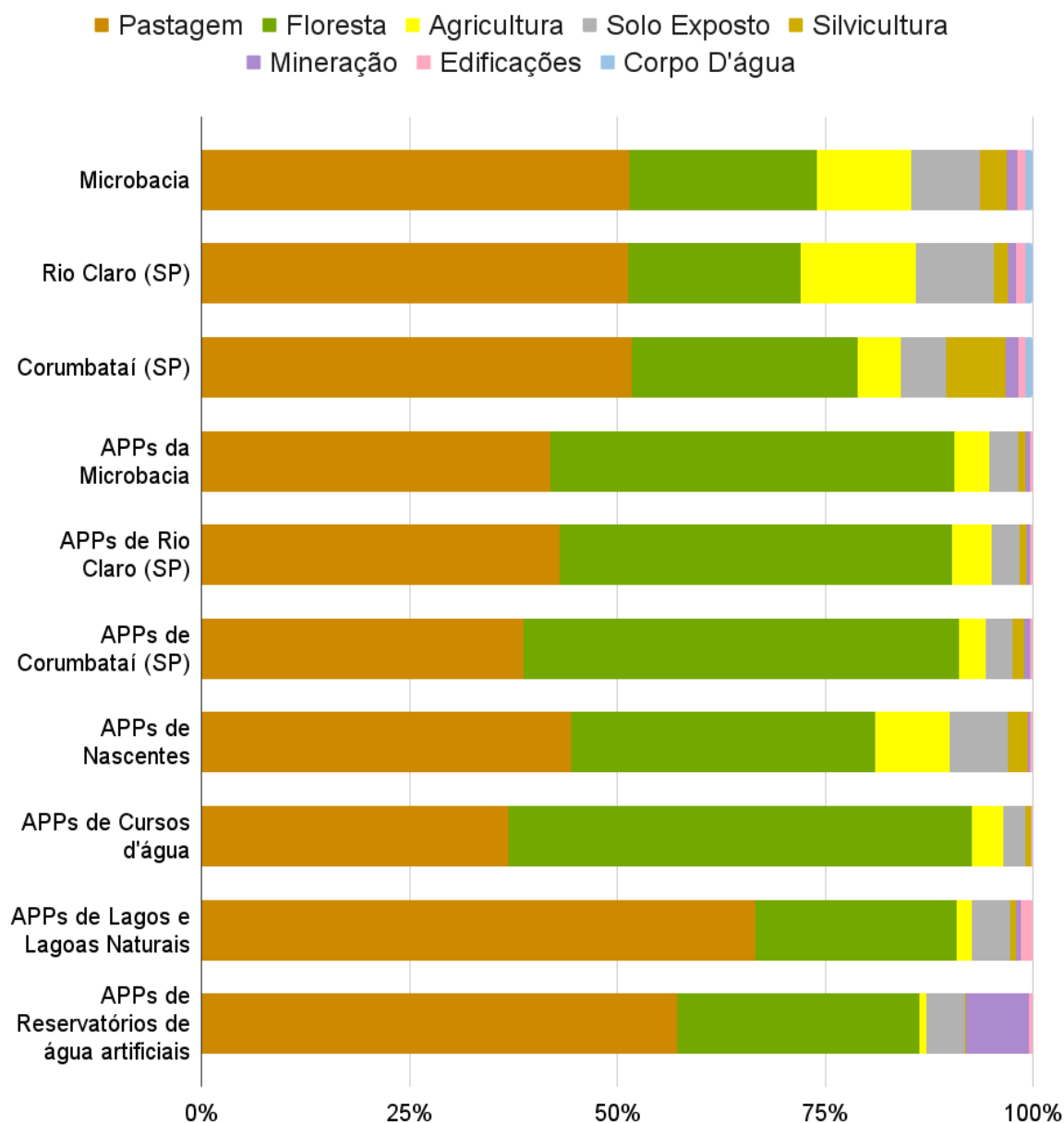
Tabela 9 - Uso e cobertura da terra em APPs de reservatórios d'água artificiais da sub-bacia do Ribeirão Jacutinga

USO E COBERTURA DA TERRA EM APPS DE RESERVATÓRIOS D'ÁGUA ARTIFICIAIS DA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO JACUTINGA				
Nº	Classe	Área		
		(m²)	(ha)	(%)
1	Edificações	2.652	0,27	0,47
2	Mineração	42.836	4,28	7,58
3	Agricultura	4.780	0,48	0,85
4	Pastagem	323.552	32,36	57,22
5	Silvicultura	592	0,06	0,10
6	Floresta	164.728	16,47	29,13
8	Solo Exposto	26.316	2,63	4,65
Total		565.456	56,55	100

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 21 - Gráfico do uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Jacutinga - Recortes Analíticos

USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA MICROBACIA DO RIBEIRÃO JACUTINGA - RECORTES ANALÍTICOS



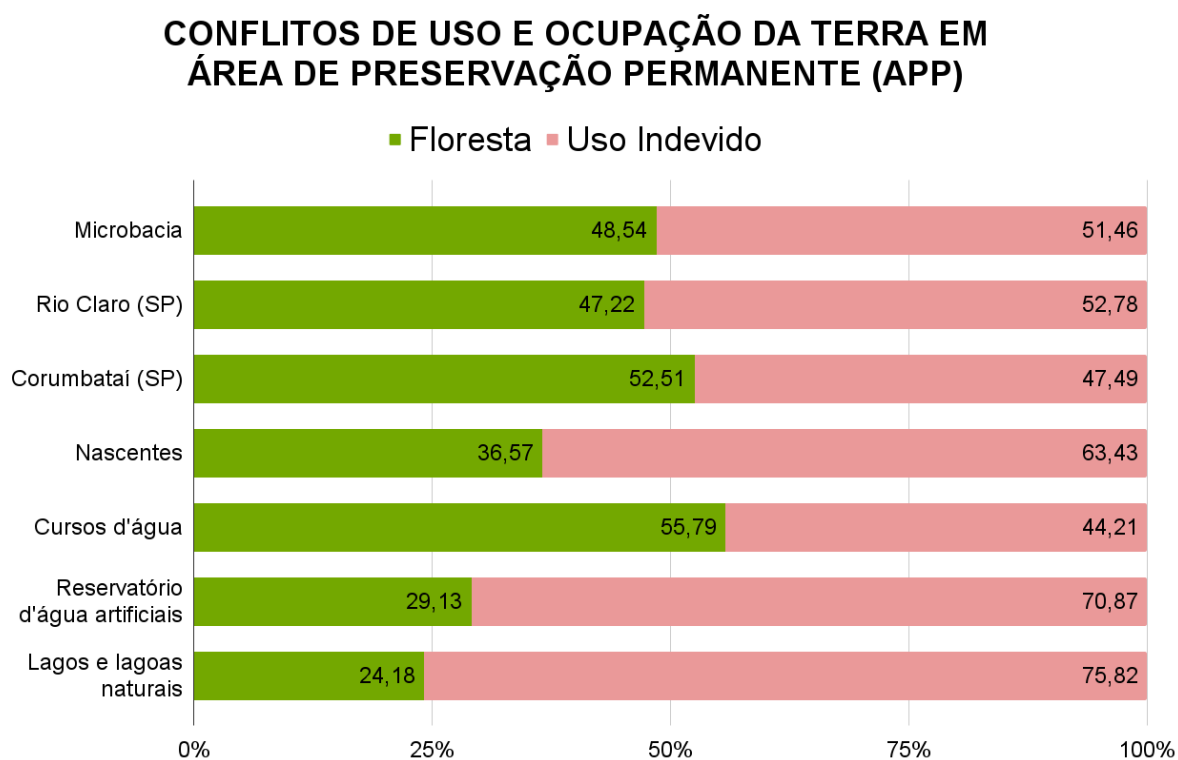
Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 10 - Conflitos de uso e cobertura da terra em Área de Preservação Permanente (APP)

CONFLITOS DE USO E COBERTURA DA TERRA EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)					
Recortes Analíticos	APP (ha)	Floresta		Uso Indevido	
		(ha)	(%)	(ha)	(%)
Sub-bacia	1.221,52	592,97	48,54	628,54	51,46
Rio Claro (SP)	915,55	432,31	47,22	483,23	52,78
Corumbataí (SP)	305,97	160,66	52,51	145,31	47,49
Nascentes	225,45	82,45	36,57	143	63,43
Cursos d'água	971,77	542,15	55,79	429,61	44,21
Reservatório d'água artificiais	56,55	16,47	29,13	40,07	70,87
Lagos e lagoas naturais	179,33	43,36	24,18	135,96	75,82

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 22 - Gráfico dos conflitos de uso e cobertura da terra em Área de Preservação Permanente (APP)



Fonte: Elaborado pelo autor.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, em um contexto de mudanças climáticas e exploração acelerada dos recursos naturais, é indiscutível a necessidade da sociedade humana de utilizar de forma racional seus recursos, colocando a preservação do meio ambiente em primeiro plano. Para alcançar esses objetivos, é preciso que se tenha um conhecimento do cenário atual do espaço, com seus diferentes usos e dinâmicas, possibilitando posteriormente planejar e implementar políticas que derivem em um espaço com meio ambiente mais equilibrado e explorado de forma sustentável. Em vista disso, as geotecnologias destacando-se os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), foram ferramentas úteis para uma compreensão desse cenário espacial, obtidas de forma gratuita e acessível.

As bases cartográficas, softwares e produtos utilizados foram essenciais e adequados para os objetivos propostos. A escolha do plugin Orfeo ToolBox, que possibilitou a classificação supervisionada orientada a objetos, resultou em uma classificação insatisfatória, demonstrando não ser adequado para a classificação de ambientes rurais. Ao mesmo tempo, o plugin Serval se mostrou muito adequado para as edições manuais do raster, possibilitando alcançar um nível de detalhamento excelente para cada classe de uso e cobertura.

As análises realizadas neste trabalho resultaram em um panorama do uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Jacutinga e em suas Áreas de Preservação Permanente (APPs) hídricas. Como resultado, verificou-se que as classes que mais ocupam a sub-bacia foram pastagem, com 51,39 %, seguida por floresta, com 22,66 %, agricultura, com 11,32 %, solo exposto, com 8,2 % e silvicultura, com 3,34 %. As minerações, edificações e corpos d'água não alcançaram área superior a 2 %. Esses dados indicam a preponderância da atividade pecuária, ao mesmo tempo que apresenta um aumento da área de vegetação nativa em comparação com os resultados de Bertolami et al. (1996).

Ao analisar os conflitos de uso e cobertura nas APPs, aferiu-se que o uso indevido na área de estudo foi de 51,46 %, com 48,54 % de vegetação nativa preservada. Desse uso indevido, a pecuária novamente foi a classe que mais ocupa, com 41,97 %, seguida pela agricultura, com 4,3 % e pelo solo exposto, com 3,4 %. As classes de silvicultura, mineração e edificações não alcançaram área superior a 1 % nas APPs. Entre os recortes analíticos realizados, constatou-se que Rio Claro (SP) e

Corumbataí (SP) mantêm patamares de conservação da vegetação nativa próximos. Além disso, as quatro categorias de APPs hídricas que demonstraram valores de uso indevido diferentes, sendo as APPs de lagos e lagoas naturais com o pior índice, com 75,82 %, seguida por reservatórios d'água artificiais, com 70,87 %, nascentes, com 63,43 % e cursos d'água, com o melhor índice de 44,21 %.

A partir dos resultados discutidos neste trabalho, é de grande interesse a continuidade de pesquisas na sub-bacia do Ribeirão Jacutinga e aproveitamento da metodologia em futuros trabalhos. Como aprofundamento do conteúdo, podem ser realizadas análises temporais, a partir da classificação de imagens de satélite de diferentes anos. Com isso, recomenda-se a utilização de outras opções de classificadores, como o Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) e o Dzetsaka, ambos acessados pelo software QGIS, visto que a opção pelo Orfeo ToolBox não trouxe os resultados esperados. Também é possível a análise de diferentes categorias de APPs, não abordadas neste trabalho, como as APPs de relevo, que incluem as encostas com declividade superior a 45°, de topos de morros, montes ou serras, entre outras. Há ainda a possibilidade de estudar a dinâmica de alguns afluentes em períodos de pouca precipitação, que se encontravam totalmente secos no momento do trabalho de campo.

Por fim, compreender o uso e cobertura da terra na sub-bacia do Ribeirão Jacutinga e o nível de proteção de seus recursos hídricos é de grande importância para um melhor planejamento de políticas públicas dos municípios de Rio Claro (SP) e Corumbataí (SP) e um melhor suporte aos produtores rurais, com o objetivo de promover uma utilização mais sustentável do espaço, com um equilíbrio entre desenvolvimento econômico e sustentabilidade ambiental.

8. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Arlete Silva de; VIEIRA, Ima Célia Guimarães. Conflitos no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente em um polo de produção de biodiesel no Estado do Pará. *Revista Ambiente & Água*, v. 9, p. 476-487, 2014.

ALVES, Edvania Aparecida Corrêa et al. Perdas de Solo e Distribuição do Tamanho das Partículas do Material Transportado por Erosão Hídrica sob Cultivo de Cana-De-Açúcar e Pastagem. *Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia*, v. 19, n. 3, p. 109-126, 2021.

BARRA ROCHA, C. H.; FREITAS, F. A. de; CASQUIN, A. P. Conflitos de Uso da Terra nas APPs Hídricas de Manancial da Zona da Mata Mineira, Brasil. *Boletim Goiano de Geografia*, Goiânia, v. 39, p. 1–22, 2019. DOI: 10.5216/bgg.v39i0.50021. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/50021>. Acesso em: 25 nov. 2022.

BERTOLAMI, Miguel Angeli; SAMPAIO, Sandra Maria Neiva; KOFFLER, Natalio Felipe. Avaliação das modificações do solo e uso da terra na microbacia do Ribeirão Jacutinga (SP), através de técnicas de Geoprocessamento. *Geografia*, p. 87-109, 1996.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 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, DF: Diário Oficial da União, 2012.

CÂMARA, G. et al. Introdução à Ciência da Geoinformação. Capítulo 1: Introdução. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>>.

CORRÊA, Edvania Aparecida et al. Perdas de solo, razão de perdas de solo e fator cobertura e manejo da cultura de cana-de-açúcar: primeira aproximação. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 32, p. 72-87, 2016.

GASPARINI, Kaio Allan Cruz et al. Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas na identificação de conflitos do uso da terra em Seropédica-RJ. *Floresta e Ambiente*, v. 20, p. 296-306, 2013.

GONÇALVES, Andrea Brandão et al. Mapeamento das áreas de preservação permanente e identificação dos conflitos de uso da terra na sub-bacia hidrográfica do Rio Camapuã/Brumado. *Revista Árvore*, v. 36, p. 759-766, 2012.

HAMADA, E. GONÇALVES, R. R. do V. Introdução ao Geoprocessamento. Princípios básicos e aplicação. Jaguariúna. Embrapa Meio Ambiente, 2007. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/7489/1/documentos_67.pdf>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. BDIA - Banco de Dados de Informações Ambientais, 2022. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/home>>. Acesso em: 19 mar. 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Uso da Terra. 3ª edição. Rio de Janeiro. 2013. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Clima em escala 1:5.000.000, 2002. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/climatologia/15817-clima.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 22 mar. 2023.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRRE, D. J.; RHIND, D. W. Geographic information systems and science. 2nd edition. New York: John Wiley & Sons, 2005.

MARQUEZINI, Lucas Camargo; PANCHER, Andréia Medinilha. Aplicação de geotecnologias na análise de uma bacia hidrográfica: o caso da bacia do Córrego Wenzel em Rio Claro (SP). REVISTA GEONORTE, v. 3, n. 5, p. 1310–1321-1310–1321, 2012.

NASCIMENTO, Melchior Carlos do et al. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo. Ciência Florestal, v. 15, p. 207-221, 2005.

OLIVEIRA, Fernando Soares de et al. Identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente no entorno do Parque Nacional do Caparaó, estado de Minas Gerais. Revista Árvore, v. 32, p. 899-908, 2008.

OLIVEIRA, Mariana Morila. Avaliação da erosão hídrica por meio da Equação Universal de Perda de Solo Modificada (MEUPS) na bacia hidrográfica do Ribeirão Jacutinga, Rio Claro (SP), 2015.

SCALCO, Jheyne Pereira. Caracterização dos impactos ambientais da indústria oleira e mineração na sub-bacia do ribeirão Jacutinga-município de Rio Claro e Corumbataí (SP). 2012.

SCALCO, Jheyne Pereira; FERREIRA, Gilda Carneiro. Impactos Ambientais da Mineração de Argila para Cerâmica Vermelha Na Sub-bacia do Ribeirão Jacutinga–

Rio Claro e Corumbataí (SP). Geosciences= Geociências, v. 32, n. 4, p. 760-769, 2013.

SILVA, J. X. Z Aidan, R. T. Geoprocessamento & Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

VARUSSA, Éder Rodrigo. Territorialidade e memória: o povoado rural de Jacutinga no município de Corumbataí-SP. Anais do III Congresso Brasileiro de Organização do Espaço, p. 1511-1524, 2021.