



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

NATÁLIA PEREIRA RODRIGUES DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE HÍDRICAS POR MEIO DE IMAGENS WPM/CBERS-4A PARA O
MUNICÍPIO DE CRUZEIRO-SP**

Prof. Dr. BRUNO DE ARAÚJO FURTADO DE MENDONÇA
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
MARÇO – 2023



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

NATÁLIA PEREIRA RODRIGUES DE SOUZA

**AVALIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE HÍDRICAS POR MEIO DE IMAGENS WPM/CBERS-4A PARA O
MUNICÍPIO DE CRUZEIRO-SP**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. BRUNO DE ARAÚJO FURTADO DE MENDONÇA
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
MARÇO – 2023

**AVALIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
PERMANENTE HÍDRICAS POR MEIO DE IMAGENS WPM/CBERS-4A PARA O
MUNICÍPIO DE CRUZEIRO-SP**

NATÁLIA PEREIRA RODRIGUES DE SOUZA

APROVADA EM: 01 de março de 2023

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Bruno de Araújo Furtado de Mendonça – DS/IF/UFRRJ
Orientador

Prof. Dr. Emanuel José Gomes de Araújo – DS/IF/UFRRJ
Membro

Prof^a. Dr^a. Vanessa Maria Basso – DS/IF/UFRRJ
Membro

“Assim como a semente traça a forma e o destino da árvore, os teus próprios desejos é que te configuram a vida.”

(Emmanuel)

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pelo dom da vida e por cada conquista concedida nesta trajetória até agora e a Jesus Cristo, modelo de vida e fé, que me inspira nos ideais de bondade e justiça.

Aos meus pais Guilherme e Terezinha, ao meu irmão Guilherme. Pelo apoio, compreensão e estímulo.

A todos meus familiares, em especial à minha tia Angela, por estar sempre presente contribuindo para essa vitória. Aos meus avós maternos Manoel e Natalina, aos meus avós paternos Guilherme (*in memoriam*) e Nair (*in memoriam*), por cada momento de carinho e ensinamentos.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e ao Instituto de Florestas, por todas as oportunidades de aprendizado, quebras de paradigmas e uma formação que me proporciona novas possibilidades a seguir.

Ao professor Bruno Araújo, pela orientação, apoio, estímulo, confiança, sendo sempre atencioso e paciente me ajudando a concluir mais essa etapa.

A professora Vanessa Basso pelos ensinamentos, conselhos, contribuições, e oportunidades de trabalhos e orientações. Ao PET-Floresta, o grupo que me proporcionou aprender e desenvolver novas perspectivas sobre a Engenharia Florestal.

A professora Natane Amaral pelo ensinamento a ser aplicado no desenvolvimento da monografia.

Aos queridos Professores com os quais tive a oportunidade de conviver e pelos exemplos de profissionalismo.

A todos os amigos não citados que contribuíram de forma direta e indireta, para a conquista dessa vitória.

RESUMO

O processo de identificação e caracterização do uso e ocupação da terra é fundamental para compreender para quais fins ela está sendo destinada. Para avaliar o uso e ocupação do solo, incluindo as Áreas de Preservação Permanente (APP), as geotecnologias são utilizadas para analisar de forma integrada o ambiente. Isso permite compreender como questões relacionadas a mudanças ambientais se manifestam no espaço. O presente estudo objetivou utilizar técnicas de geoprocessamento para classificar de forma supervisionada o uso e a cobertura do solo no município de Cruzeiro a partir de imagens do satélite WPM/CBERS-4A, permitindo identificar e avaliar as condições das Áreas de Preservação Permanente (APPs) em relação às legislações florestais brasileiras. Para as análises foi adquirida imagens orbitais do satélite WPM/CBERS-4A, de julho de 2020, e a hidrografia da bacia (nascentes e cursos d'água). A imagem foi processada no *software* QGIS 3.22 e foi realizada a classificação supervisionada, utilizando o algoritmo de Máxima Verossimilhança (MAXVER). O estudo utilizou técnicas de geoprocessamento para classificar o uso e a cobertura do solo em seis classes temáticas, levando em consideração elementos representativos da paisagem. A partir da classificação, foi possível identificar o percentual ocupado por cada classe temática no município. Além disso, foi realizado um mapeamento das APPs seguindo as legislações florestais brasileiras, com base nos cenários da Lei Federal n.º 12.651/2012 vigente e da Lei Federal n.º 4.771/1965. Os resultados obtidos permitiram verificar que a classificação supervisionada pelo método da Máxima Verossimilhança apresentou acurácia global de 98,93% e índice Kappa de 0,76, indicando qualidade da classificação e caracterização de uso e ocupação do solo da área em estudo. A maior ocupação no território foi classificada como de pastagem (37,44%) e florestas (33,23%). Foi observada uma redução de aproximadamente 5,30% na área das Áreas de Preservação Permanente devido às mudanças na Legislação Florestal. A presença de atividades antrópicas resultou em uma significativa porcentagem de desmatamento das Áreas de Preservação Permanente, sendo 30,55% no Cenário I e 32,82% no Cenário II resultante das classes Pastagens e Solo exposto. Portanto, as imagens do satélite WPM/CBERS-4A podem ser usadas para a classificação de uso e ocupação do solo e seu mapeamento permite caracterizar as condições das Áreas de Preservação Permanente do município de Cruzeiro/SP em relação às legislações florestais brasileiras.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Sensoriamento Remoto; Classificação Supervisionada; MAXVER; Legislação Florestal.

ABSTRACT

The process of identifying and characterizing land use and occupation is fundamental to understanding the purposes for which it is being allocated. Geotechnologies are used to analyze the environment in an integrated manner in order to evaluate land use and occupation, including Permanent Preservation Areas (APPs). This allows us to understand how issues related to environmental changes manifest in space. The present study aimed to use geoprocessing techniques to classify land use and cover in the municipality of Cruzeiro in a supervised manner, based on WPM/CBERS-4A satellite images, allowing the identification and evaluation of the conditions of Permanent Preservation Areas (APPs) in relation to Brazilian forest legislation. For the analysis, WPM/CBERS-4A orbital images from July 2020 and the hydrography of the basin (springs and watercourses) were acquired. The image was processed using QGIS 3.22 *software*, and supervised classification was performed using the Maximum Likelihood (MAXVER) algorithm. The study used geoprocessing techniques to classify land use and cover into six thematic classes, taking into consideration representative elements of the landscape. From the classification, it was possible to identify the percentage occupied by each thematic class in the municipality. Furthermore, a mapping of APPs was carried out in accordance with Brazilian forest legislation, based on the scenarios of the Federal Law n.º 12.651/2012 in force and Federal Law n.º 4.771/1965. The results allowed us to verify that the supervised classification using the Maximum Likelihood method presented a global accuracy of 98,93% and a Kappa index of 0,76, indicating the quality of the classification and characterization of land use and occupation in the study area. The largest occupation in the territory was classified as pasture (37,44%) and forests (33,23%). There was a reduction of approximately 5,30% in the area of Permanent Preservation Areas due to changes in forest legislation. The presence of anthropic activities resulted in a significant percentage of deforestation of Permanent Preservation Areas, with 30,55% in Scenario I and 32,82% in Scenario II resulting from Pasture and Exposed Soil classes. Therefore, WPM/CBERS-4A satellite images can be used for land use and cover classification, and their mapping allows the characterization of the conditions of Permanent Preservation Areas in the municipality of Cruzeiro/SP in relation to Brazilian forest legislation.

Keywords: Geoprocessing; Remote Sensing; Supervised Classification; MAXVER; Forestry law.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE SIGLAS	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Sensoriamento Remoto	2
2.2. CBERS- Satélite Sino- Brasileiro de Recursos Terrestre	3
2.2.1. O Satélite CBERS-4A	3
2.3. Classificação do uso e ocupação de solo	4
2.4. Áreas de Preservação Permanente	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	6
3.1. Caracterização da área	6
3.2. Processamento e análise dos dados	7
3.3. Classificação supervisionada	8
3.4. Geração da faixa de APP nos cursos d'água	10
4.1. Caracterização do uso e cobertura do solo	11
4.2. Avaliação e caracterização das APPs para o município de Cruzeiro	15
5. CONCLUSÃO	18
6. REPEFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
APENDICE A – Conjunto das APPs delimitadas no município Cruzeiro, SP, Brasil, conforme parâmetros analisados no Cenário I	24
APENDICE B – Conjunto das APPs delimitadas no município Cruzeiro, SP, Brasil, conforme parâmetros analisados no Cenário II	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos sensores do satélite CBERS-4A	4
Tabela 2. Número de amostras de treinamento e validação para as classes mapeadas, com base na quantidade de pixels de polígonos amostrados.....	9
Tabela 3. Intervalo de qualidade da classificação avaliado pelo índice Kappa.....	10
Tabela 4. Medidas da faixa de proteção especificadas pela Lei Florestal Brasileira.	10
Tabela 5. Cenários propostos para delimitação das APPs na área de estudo.	11
Tabela 6. Matriz de confusão, em número de pixel, da classificação MAXVER. Em que: área urbana (1); pastagens (2); floresta (3); corpo d'água (4); solo exposto (5) e silvicultura (6). .	12
Tabela 7. Erro de omissão e de comissão da classificação.....	13
Tabela 8. Índice Kappa atribuído às classes temáticas.	13
Tabela 9. Quantificação e porcentagem das classes de uso e ocupação do solo no município de Cruzeiro/SP, Brasil.	14
Tabela 10. Cenários propostos de APPs no município de Cruzeiro/SP, Brasil.....	15
Tabela 11. Áreas com conflitos de uso em relação às classes temáticas de uso e ocupação do solo nos cenários propostos no município de Cruzeiro/SP, Brasil.....	17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do município de Cruzeiro/SP.....	7
Figura 2. Composição colorida e Fusão das bandas CBERS-4A sensor WPM, para o município de Cruzeiro/SP, Brasil.	8
Figura 3. Exemplos do padrão espectral proveniente da assinatura pertinente a cada classe de uso do solo.....	9
Figura 4. Mapa de uso e ocupação do solo gerado pelo classificador Máxima Verossimilhança (MARVEX) a partir de imagens do satélite CBERS-4A.	12
Figura 5. Áreas (ha) por Classe de Uso e ocupação do Solo.....	15
Figura 6. Comparação das áreas delimitadas dos Cenários I e II de APPs.	17

LISTA DE SIGLAS

APPs	Área de Preservação Permanente
CAST	Academia Chinesa de Tecnologia Espacial
CBERS	Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres
GPS	(Global Positioning System) - Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MAXVER	Máxima Verossimilhança
MONAMP	Monumento Natural Estadual Mantiqueira Paulista
MUX	Câmera Multiespectral
PIB	Produto Interno Bruto
RL	Reserva Legal
SCP	(Semi-automatic Classification Plugin)-Classificação Semi-Automática
SICAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
SIGs	Sistemas de Informações Geográficas
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SR	Sensoriamento Remoto
UTM	(Universal Transversa de Mercator) – Sistema Universal de Projeção em coordenadas cartesianas bidimensional
WFI	Câmera Imageadora de Campo Largo
WPM	Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura

1. INTRODUÇÃO

O processo de identificação e caracterização do uso e ocupação da terra é fundamental para compreender para quais fins ela está sendo destinada. A exploração intensiva e, em alguns casos, depredadora dos recursos naturais pelo ser humano tem causado graves impactos no meio ambiente, afetando a qualidade de vida da população e o equilíbrio dos ecossistemas. Devido ao uso inadequado dos recursos naturais, a compreensão da ocupação e uso do solo é crítica para a tomada de decisões informadas em questões políticas, monitoramento ambiental e responsividade às demandas populares (NERY *et al.*, 2013).

De acordo com Amiri *et al.* (2014), o sensoriamento remoto e as técnicas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) são consideradas ferramentas poderosas para investigar, prever e monitorar mudanças ambientais, sendo confiáveis, repetitivas, não invasivas, rápidas e econômicas, e ajudando na tomada de decisões estratégicas, tanto em grandes quanto em pequenas áreas geográficas.

Os sistemas computacionais oferecem diferentes ferramentas para auxiliar na análise de recursos naturais e no planejamento territorial através do uso de geotecnologias. Estas são ciências que empregam técnicas matemáticas e digitais para o tratamento e processamento de informações geográficas (PONZONI; SHIMABUKURO, 2009; MIRANDA, 2010). O uso de informações geoespaciais não é algo novo, mas a facilidade de acesso e a alta capacidade de processamento dos sistemas de informação modernos ampliaram sua aplicabilidade (BRANDMUELLER *et al.*, 2007). Neste contexto, a aplicação das geotecnologias nas Ciências Florestais expandiu-se ao longo do tempo e tem contribuído no monitoramento florestal, na verificação de uso e ocupação do solo, queimadas, desmatamentos, Áreas de Preservação Permanente (APPs), entre outras aplicações, isso permite compreender como questões relacionadas a mudanças ambientais se manifestam no espaço.

A Lei de Proteção da Vegetação Nativa (nº 12.651/2012) (BRASIL, 2012) define, em seu artigo 3º, as APPs como espaços protegidos para preservar os recursos hídricos. As APPs constituem-se em espaços cobertos ou não por vegetação e estão situadas ao longo de cursos d'água, ao redor das nascentes, encostas íngremes, topos de morros, dentre outras, e oferecem serviços ambientais (BRASIL, 2012). Os benefícios ambientais resultantes se estendem às comunidades vizinhas e, principalmente, àquelas situadas à jusante (SKORUPA, 2003).

Embora a legislação ambiental tenha avançado na regulamentação do uso dos recursos naturais, ainda há dificuldades na sua aplicação prática no território nacional. De acordo com Eugenio *et al.* (2013), apesar de a legislação ambiental brasileira ser reconhecida como uma das melhores do mundo, a sua implementação ainda é insuficiente em função da vastidão do território e da ineficiência da fiscalização na prática.

O uso de APPs tem sido uma realidade tanto nas grandes cidades e regiões metropolitanas quanto nas áreas rurais, resultando em conflitos ambientais. Nas cidades, a questão ambiental é agravada pelo aumento da população e pela especulação imobiliária, que exercem pressões sobre a exploração dos recursos naturais, especialmente a água e o solo. Na área rural, o uso das APPs também é uma realidade, que foi incentivada pelas mudanças na atual Lei Florestal, como a introdução do conceito de "área rural consolidada", que classifica espaços rurais com presença humana antes de 22 de julho de 2008 (BRASIL, 2012).

Este trabalho contribui para a literatura na medida em que incorpora o uso de imagens de satélite e o uso de classificador de imagens para o monitoramento de APPs, fornecendo uma abordagem com potencial para manejo e legislação de áreas florestais que são fortemente afetados por mudanças no uso da terra.

Neste sentido, o presente estudo objetivou utilizar técnicas de geoprocessamento para classificar de forma supervisionada o uso e a cobertura do solo no município de Cruzeiro a partir de imagens do satélite WPM/CBERS-4A, permitindo identificar e avaliar as condições das Áreas de Preservação Permanente (APPs) em relação às legislações florestais brasileiras.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto (SR) tem como objetivo obter informações à distância através do uso de sensores de campo, aéreos e espaciais. A coleta de dados é realizada através da recepção ou emissão de fótons, na sua maioria sendo radiação eletromagnética, e é processada em forma de imagens (WAGNER, 2013). Este mesmo autor afirma que as técnicas de Sensoriamento Remoto incluem o uso de imagens de satélites orbitais, que permitem quantificar áreas de maneira menos subjetiva, mais rápida e levando em consideração diferentes escalas regionais. A análise de dados gerados pelo sensoriamento remoto tem sido objeto de estudo desde as décadas de 1960 e 1970 (MENESES; ALMEIDA, 2012).

De acordo com França (2007), o Sensoriamento Remoto é reconhecido por seu custo relativamente baixo em comparação aos métodos fotogramétricos e topográficos tradicionais, especialmente devido a sua utilização de imagens orbitais. Além disso, a tecnologia de Sensoriamento Remoto apresenta a vantagem de permitir o monitoramento temporal de fenômenos e recursos naturais através de sua frequência de cobertura. Com o avanço tecnológico em relação às novas gerações de satélites, há a obtenção de dados de alta resolução espacial, expandindo as aplicações desta tecnologia em uma ampla gama de áreas do conhecimento. Desta forma, torna-se cada vez mais necessário o uso de métodos automáticos para o processamento e análise das imagens.

A análise de imagens obtidas por meio de sensoriamento remoto envolve compreender que objetos na superfície da Terra, como a vegetação, a água e o solo, refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnética em proporções que variam de acordo com as suas características biofísicas e/ou propriedades químicas (CALDAS, 2006). Dessa forma, a interpretação das imagens é baseada em elementos básicos, como cor/tom, textura, tamanho, forma, sombreamento, altura padrão e posição, permitindo extrair informações sobre objetos, regiões ou fenômenos.

O sensoriamento remoto tornou-se amplamente utilizado nas últimas décadas por possibilitar o rápido monitoramento e avaliação de importantes variáveis ambientais e de diversos outros fatores relacionados às atividades humanas. Atualmente, o SR está operacionalmente inserido nas mais diversas áreas do conhecimento, tanto no âmbito acadêmico quanto no comercial (SHIMABUKURO *et al.*, 2009).

No estudo de recursos florestais, o uso do SR fornece três níveis de informação (BOYD; DANSON, 2005): (1) a extensão da cobertura florestal, que pode ser utilizada para estudar a dinâmica da cobertura florestal; (2) o tipo de floresta; e (3) as propriedades biofísicas e bioquímicas da floresta. O acesso frequente a essas informações permite o monitoramento dos recursos florestais.

De acordo com Shimabukuro *et al.* (2009), os administradores florestais necessitam de informações geoespaciais acuradas e frequentes sobre as condições das florestas e práticas de manejo em locais específicos e escalas regionais. Ao mesmo tempo, a ciência e as tecnologias associadas ao manejo florestal estão evoluindo rapidamente.

Tecnologias geoespaciais, como o sensoriamento remoto, sistemas de informações geográficas e sistema GPS (Global Positioning System), fornecem suporte para coletar, analisar e armazenar todo tipo de informação geoespacial. Informações sobre características vegetativas, derivadas de dados sensorizados remotamente, são importantes para o levantamento dos recursos florestais. Os detalhes dependem amplamente das resoluções espacial e espectral da imagem utilizada (ROY, 2002).

Conforme Rodríguez *et al.* (2000), o uso do SR para análise do uso e cobertura do solo é uma técnica de grande utilidade no planejamento e administração ambiental, permitindo monitorar e avaliar áreas de preservação ambiental através de imagens de satélite. Oliveira (2011) destaca que o objetivo do mapeamento do uso e cobertura do solo é avaliar as mudanças ocorridas em uma área determinada ao longo do tempo, tanto temporal quanto espacialmente. Rosa (2001) reforça que o mapeamento do uso e cobertura do solo é fundamental para alcançar padrões de coordenação do espaço e detectar o uso inadequado do solo, a partir da análise de resultados.

Neste contexto, os métodos de geoprocessamento desempenham um papel importante na promoção de um planejamento eficiente das informações, com o objetivo de coletar e avaliar dados temáticos. Eles oferecem meios eficazes para o planejamento agrícola, ambiental e urbano. Para Meneses e Almeida (2012) o geoprocessamento engloba um conjunto de tecnologias que compreendem desde a coleta de informações geoespaciais até o tratamento desses dados com o objetivo de atingir um objetivo específico.

2.2. CBERS- Satélite Sino- Brasileiro de Recursos Terrestre

Em 06 de julho de 1988, o governo brasileiro e o governo chinês firmaram um acordo histórico, que envolveu o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a Academia Chinesa de Tecnologia Espacial (CAST). Este acordo tinha como objetivo o desenvolvimento de dois satélites de sensoriamento remoto e é denominado como "Programa China-Brazil Earth Resources Satellite" (CBERS) ou "Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres", no qual visava aproveitar a tecnologia espacial para melhorar a gestão dos recursos terrestres (EMBRAPA, 2022).

O satélite é composto por dois módulos: um módulo de carga útil, onde os sensores são alojados, e um módulo de serviço, onde equipamentos para o suprimento de energia, computador de bordo, gravadores, sistemas de telecomunicações e todas as outras funções de operação do satélite são colocadas (NOVO, 2010).

2.2.1. O Satélite CBERS-4A

Lançado em 20 de dezembro de 2019, o CBERS-4A é o sexto satélite da família CBERS e sucede o CBERS-4, lançado em 2014. Ele possui três sensores diferentes, que juntos oferecem uma combinação única de resoluções espaciais e capacidades espectrais (INPE, 2022).

O CBERS-4A é equipado com uma Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM) desenvolvida pela China, que oferece imagens de alta resolução espacial, com detalhamento de até 2 metros. Além disso, a Câmera Multiespectral (MUX) e a Câmera Imageadora de Campo Largo (WFI) foram desenvolvidas pelo Brasil. Todas as imagens geradas pelo satélite são disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e consideradas como as de melhor qualidade no mercado (INPE, 2022).

A câmera Multiespectral (MUX) tem três bandas na região do visível e uma banda na região do infravermelho próximo, com resolução espacial de 16,50 metros. A câmera de Campo Largo (WFI) possui três bandas no visível e uma banda no infravermelho próximo, com resolução espacial de 55 metros. Por fim, a Wide Scan Multispectral and Panchromatic Camera (WPM) tem três bandas no visível e uma banda no infravermelho próximo, cada uma com resolução espacial de 8 metros e uma banda pancromática de 2 metros (EMBRAPA, 2022a).

As imagens geradas pelo CBERS-4A são amplamente utilizadas para fins de monitoramento ambiental, controle de desmatamento, monitoramento de incêndios, recursos hídricos e ocupação do solo (INPE, 2022). As especificações técnicas dos sensores a bordo da plataforma CBERS-4A podem ser visualizadas na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos sensores do satélite CBERS-4A

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Temporal	Resolução Espacial
WPM	B	0,45 - 0,52 μ m	31 dias	8m
	G	0,52 - 0,59 μ m		
	R	0,63 - 0,69 μ m		
	NIR	0,77 - 0,89 μ m		
	PAN	0,45 - 0,90 μ m		2m
MUX	B	0,45 - 0,52 μ m	26 dias	16,50m
	G	0,52 - 0,59 μ m		
	R	0,63 - 0,69 μ m		
	NIR	0,77 - 0,89 μ m		
WFI	B	0,45 - 0,52 μ m	5 dias	55m
	G	0,52 - 0,59 μ m		
	R	0,63 - 0,69 μ m		
	NIR	0,77 - 0,89 μ m		

B: Intensidade do Azul; G: Intensidade do Verde; R: Intensidade do Vermelho; NIR: Infravermelho próximo; PAN: Banda pancromática. Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2022a).

2.3. Classificação do uso e ocupação de solo

A classificação do uso do solo é uma técnica eficiente que utiliza imagens de satélite para atribuir uma determinada classe a cada pixel da imagem, com base em critérios específicos. Segundo Ribeiro e Centeno (2001), esse processo permite a rápida identificação, distinção e categorização das áreas examinadas. O objetivo da classificação é estabelecer uma representação visual e categórica da paisagem, a fim de auxiliar na gestão ambiental e na tomada de decisões relacionadas ao uso do solo.

O processamento de imagens digitais fornece ferramentas eficientes para identificar e extrair informações contidas nas imagens, facilitando sua posterior interpretação. Esse processo baseia-se em medições de radiância obtidas em diferentes faixas do espectro eletromagnético, que são associadas a valores numéricos para cada pixel da imagem. Dessa

forma, é possível descrever objetos reais na superfície terrestre (CROSTA, 2002; LILLESAND *et al.*, 2008; JENSEN, 2009).

De acordo com Rex *et al.* (2018), com a finalidade de dar qualidade aos estudos de classificação do uso do solo e para que os mapeamentos desenvolvidos tenham o detalhamento esperado, os materiais disponíveis gratuitamente podem ser utilizados, no qual pode-se citar as imagens multiespectrais obtidas a partir do satélite WPM/CBERS-4A, devido a alta qualidade das imagens geradas.

2.4. Áreas de Preservação Permanente

No Brasil, a legislação específica estabeleceu mecanismos de proteção ambiental, sendo o exemplo da atual Lei 12.651/2012, conhecida como Lei Florestal (BRASIL, 2012). Essa lei define as Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL) para todas as propriedades, tanto públicas quanto privadas no país.

A área de preservação permanente surgiu com a Lei nº 4.771/1965 (BRASIL, 1965), considerada o segundo Código Florestal Brasileiro. Este termo foi um importante instrumento disciplinador das atividades florestais, restringindo o uso da propriedade rural por seus proprietários, uma vez que o primeiro Código Florestal Brasileiro (Decreto nº 23.793, de 23/01/1934) não classificava as florestas e outras formas de vegetação como sendo de preservação permanente (AZEVEDO *et al.*, 2014).

De acordo com Azevedo *et al.* (2014) o termo "Áreas de Preservação Permanente (APPs)" não era utilizado nos textos originais do Código Florestal de 1965, bem como nas Leis nº 6.535/1978, nº 7.511/1986 e nº 7.803/1989, que alteraram a Lei nº 4.771/1965. O conceito surgiu com a Medida Provisória nº 1.956-50/2000 (de 26/05/2000), reeditada até a Medida Provisória nº 2.166-67/2001 (de 24/08/2001), que inseriu o art. 1º, § 2º, II na Lei nº 4.771/1965 (BRASIL, 1965):

II - área protegida nos termos dos art. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 1965).

As mudanças na legislação florestal (BRASIL, 2012), publicado pela Lei nº 12.651, em 25 de maio de 2012, revogou a Lei de 1965. Entre os motivos apresentados para a aprovação da Nova Lei Florestal no Senado, estava a preocupação em remunerar os produtores rurais pela preservação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais (RLs) através de Pagamentos por Serviços Ambientais (SENADO, 2011).

A Lei nº 12.651 trata sobre a proteção da vegetação nativa, especificamente sobre as APPs em seu Capítulo II. Estabelece que a vegetação situada em uma APP deve ser mantida pelo proprietário, possuidor ou ocupante, seja pessoa física ou jurídica. A intervenção ou supressão da vegetação nativa somente é permitida por motivos de utilidade pública, interesse social ou impacto ambiental baixo previsto na lei. Além disso, é permitido o acesso de pessoas e animais para obtenção de água e atividades de baixo impacto ambiental (BRASIL, 2012). De acordo com a lei Florestal, as APPs incluem:

- I - Faixas marginais de cursos d'água naturais perenes e intermitentes (exceto efêmeros);*
- II - Áreas no entorno de lagos e lagoas naturais;*
- III - Áreas no entorno de reservatórios de água artificial;*
- IV - Áreas no entorno de nascentes e olhos d'água perenes, com raio mínimo de 50 metros;*
- V - Encostas com declividade superior a 45°;*
- VI - Restingas;*
- VII - Manguezais;*

VIII - Bordas de tabuleiros ou chapadas, com faixa de no mínimo 100 metros;
IX - Topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25°;
X - Áreas em altitude superior a 1.800 metros, independentemente da vegetação;
XI - Faixa marginal de veredas, com largura mínima de 50 metros a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

A fim de resolver conflitos relacionados à transição entre as legislações de 1965 e 2012, com a aprovação da nova Lei Florestal, foram definidas as Áreas Rurais Consolidadas, privilegiando principalmente as pequenas propriedades e aquelas em que a legislação da época permitia exploração (MENDES, 2019).

A Lei Florestal define Área Rural Consolidada como "área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de posuio" (BRASIL, 2012).

Assim, as APPs de uso consolidado podem, em alguns casos (como propriedades com até 4 módulos fiscais), manter atividades econômicas em parte da área, mas é recomendado pela lei a necessidade de um manejo e gestão diferenciados, obedecendo a critérios técnicos de conservação de solo e água contidos nos Programas de Regularização Ambiental (PRA) de cada estado federativo (EMBRAPA, 2022b).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área

O estudo foi realizado no município de Cruzeiro (22°34'38"S e 44°57'30"W), situado na porção leste do Estado de São Paulo, Brasil, entre as Serras da Mantiqueira e da Bocaina, na Região Metropolitana do Vale do Paraíba (Figura 1). A região possui clima quente e úmido, com inverno seco, classificado como Cwa de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 21,2°C, com média anual de precipitação pluvial de 1576 mm ano⁻¹. A classe de solo predominante na região é o Latossolo Vermelho-Amarelo (CLIMATE DATA, 2022).

Com uma população estimada em 82.895 habitantes em 305,699 km², de acordo com o IBGE (2022), Cruzeiro representa uma região com economia diversificada e importantes áreas protegidas.

A proximidade às montanhas proporciona diversos mananciais ao município. O município de Cruzeiro está localizado na bacia do Rio Paraíba do Sul e possui uma rica malha hidrográfica, com rios que participam como afluentes diretos ou indiretos do Rio Paraíba. Muitos desses rios nascem nos contrafortes da Serra da Mantiqueira e são importantes mananciais para a região.

A localização privilegiada do município de Cruzeiro, a cerca de 200 km das duas maiores regiões metropolitanas do Brasil, São Paulo e Rio de Janeiro, que concentram a grande parte do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, é um dos seus principais destaques. A economia de Cruzeiro é composta por indústrias de transformação, comércio, pecuária leiteira e agricultura (IBGE, 2022). A Companhia Iochpe-Maxion é destaque, produzindo componentes ferroviários e rodas. Além disso, o município está inserido no Bioma da Mata Atlântica e inclui parte do Monumento Natural Estadual Mantiqueira Paulista (MONAMP), uma Unidade de Conservação de Proteção Integral criada em 2021 pelo Governo do Estado de São Paulo (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2021).

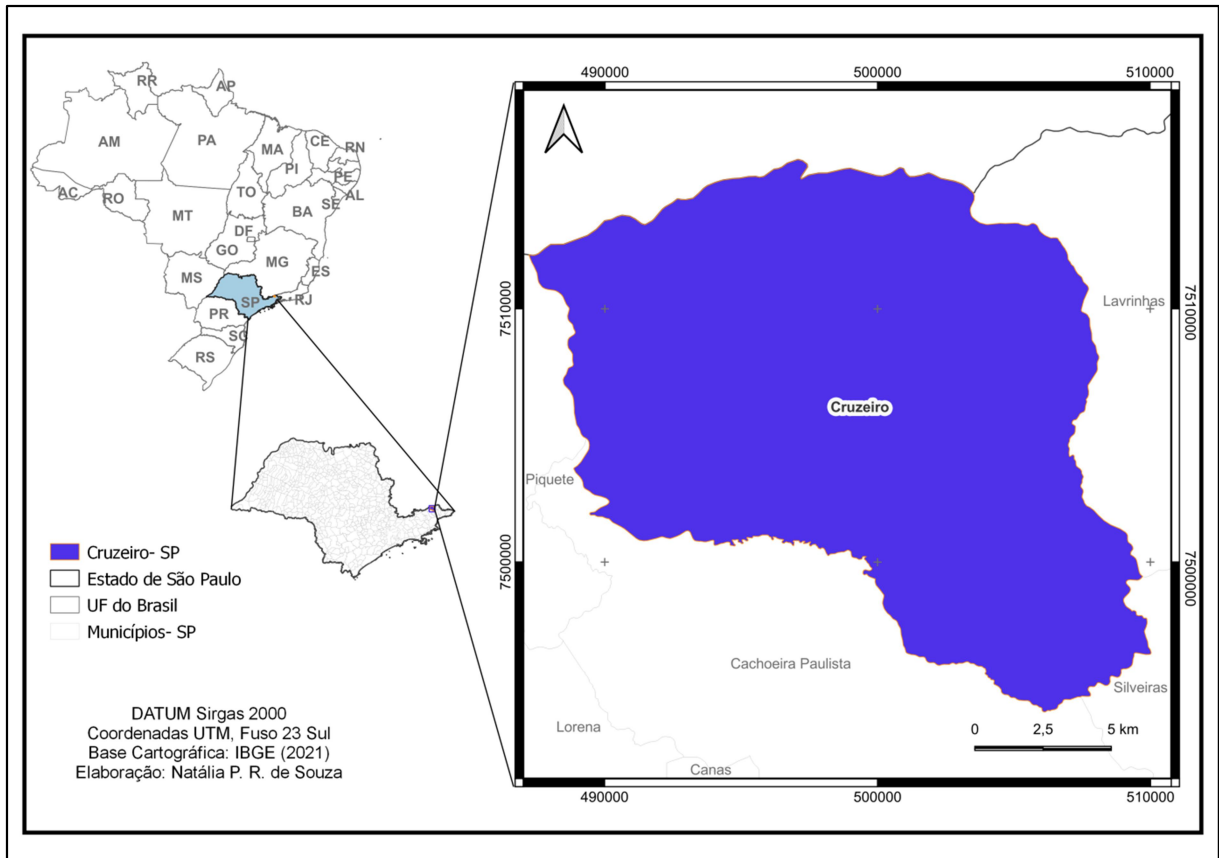


Figura 1. Localização do município de Cruzeiro/SP, Brasil. Fonte: A autora.

3.2. Processamento e análise dos dados

A análise do uso e cobertura do solo foi realizada com a utilização de imagens do satélite WPM/CBERS-4A, capturadas em 08 de julho de 2020, período no qual apresentaram o menor índice de cobertura de nuvens (<10%) dentre os períodos buscados. As imagens das bandas no vermelho visível (R), verde visível (G), azul visível (B) e infravermelho próximo (NIR) e pancromática (PAN) foram obtidas gratuitamente no site do INPE (INPE, 2022) e processadas no *software* QGIS 3.22 (QGIS, 2022). O processamento de imagem incluiu a composição colorida e fusão das bandas R, G, B e NIR, com resolução espacial de 8 metros, assim como a imagem da banda PAN, com resolução espacial de 2 metros (Figura 2).

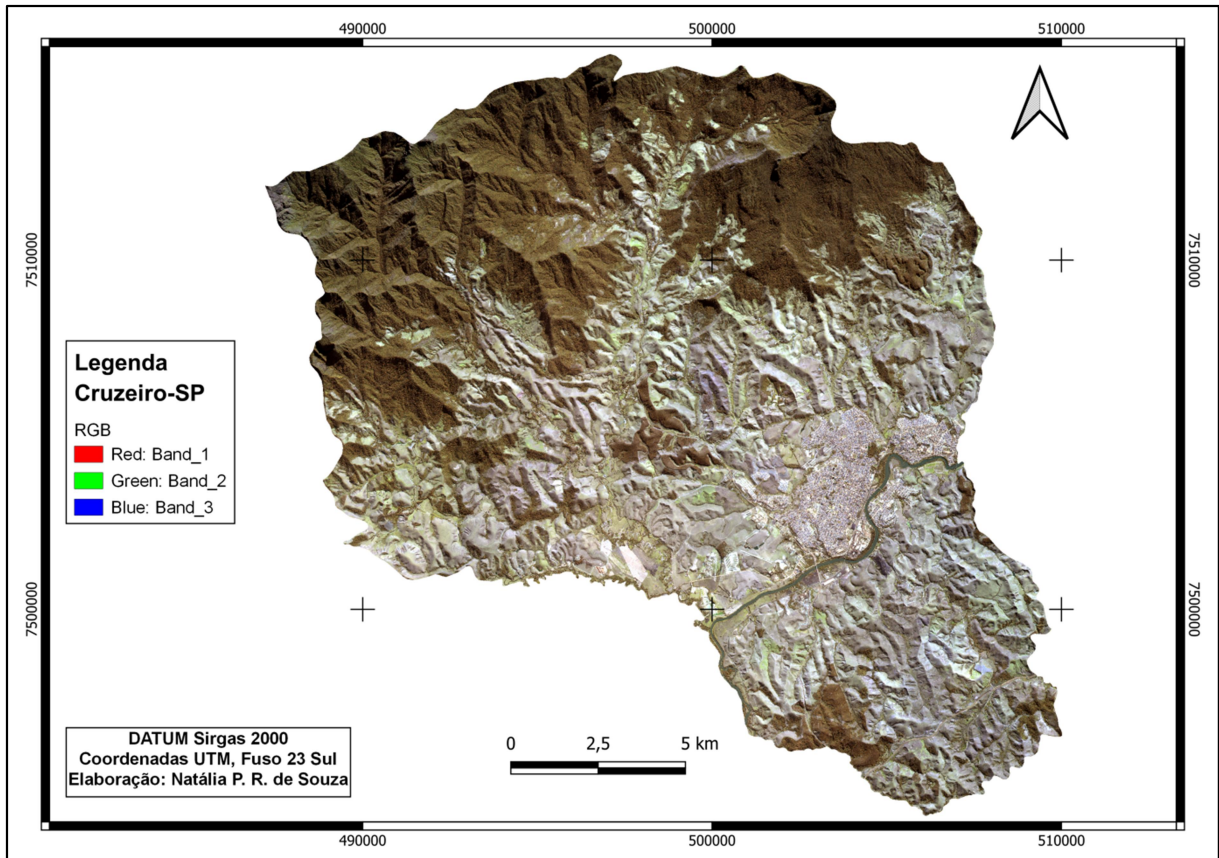


Figura 2. Composição colorida e Fusão das bandas CBERS-4A sensor WPM, para o município de Cruzeiro/SP, Brasil. Fonte: A autora.

A média do tamanho das propriedades rurais do município de Cruzeiro foi determinada a partir do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) atualizado em 13 de dezembro de 2021 (SICAR, 2023). O banco de dados indicou que o total de área cadastrada é de 24.737,19 hectares, distribuídos em 522 imóveis rurais. O cálculo da média resultou em 47,39 hectares por propriedade. Esse valor foi convertido em módulos fiscais, de acordo com as informações disponibilizadas pelo Banco de Dados da ferramenta de pesquisa do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA, 2022), considerando que o módulo fiscal para o município de Cruzeiro é de 24 hectares. Desta maneira, a média de tamanho de propriedade rural equivale a 1,97 módulos fiscais. Este valor foi utilizado como base para o dimensionamento das áreas de preservação permanente ao entorno dos cursos d'água.

Os mapeamentos realizados neste estudo foram realizados com base no sistema de referência de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) e Datum SIRGAS 2000, na Zona 23S.

3.3. Classificação supervisionada

Para identificar as classes de uso e cobertura do solo foram definidas seis categorias a partir da análise visual de características e critérios de interpretação de imagem (Figura 3), incluindo: (A) Área Urbana, (B) Pastagem, (C) Floresta, (D) Corpo d'água, (E) Solo Exposto, e (F) Silvicultura.

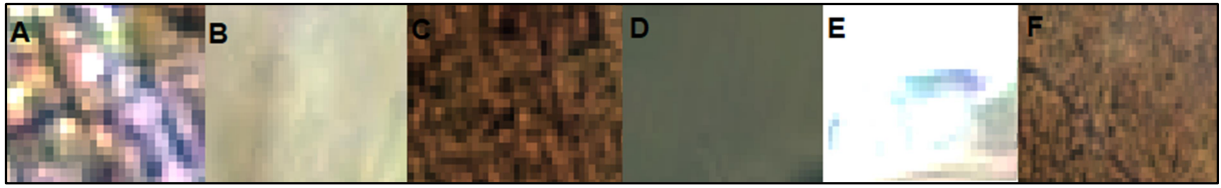


Figura 3. Exemplos do padrão espectral proveniente da assinatura pertinente a cada classe de uso do solo. (A): Área urbana; (B): Pastagem; (C): Floresta; (D): Corpo d’água; (E): Solo exposto; (F): Silvicultura. Fonte: A autora.

Foram coletadas amostras de treinamento e validação para cada classe, com o cuidado de evitar a sobreposição das mesmas (Tabela 2). Essas amostras foram apresentadas na forma de polígonos que apresentam características espaciais e espectrais homogêneas, agrupados para formar as classes da classificação a partir da imagem do CBERS-4A.

Tabela 2. Número de amostras de treinamento e validação para as classes mapeadas, com base na quantidade de pixels de polígonos amostrados.

Classes	Amostra de treinamento (pixels)	Amostra de validação (pixels)
Área urbana	11.611.739	35.259.962
Pastagem	28.618.705	10.731.949
Floresta	25.399.196	24.985.011
Corpo d'agua	309.857	859.941
Solo exposto	2.491.620	64.022
Silvicultura	7.932.347	4.462.579
Total	76.363.464	76.363.464

Fonte: A autora.

A coleta dos polígonos foi realizada com o uso da ferramenta *Semi-automatic Classification Plugin (SCP)*, baseada na interpretação visual e critérios de interpretação de imagens. O SCP é um plugin do *QGIS* desenvolvido para a classificação semiautomática de imagens de sensoriamento remoto (CONGEDO, 2021).

Para classificação utilizou-se o Classificador de Máxima Verossimilhança (MAXVER). O MAXVER é um algoritmo paramétrico que associa as classes a partir dos pontos individuais da imagem, considerando que elas possuem uma distribuição normal. Com base nos parâmetros definidos e nas amostras de pixels adquiridas previamente, o algoritmo calcula a probabilidade estatística de um pixel desconhecido pertencer a uma classe ou não (SILVA *et al.*, 2011; LEITE; ROSA, 2012).

Realizou-se a avaliação da acurácia da classificação com o objetivo de verificar a qualidade dos dados obtidos. Para isso, uma matriz de confusão foi elaborada para as imagens de classificação geradas, treinamento e teste. Essa matriz foi utilizada para calcular a exatidão global, erros de omissão e comissão de classificação e o índice Kappa (Equação 1), proposto por COHEN (1960), que é um método estatístico usado para avaliar a concordância ou reprodutibilidade entre dois conjuntos de dados.

$$Kappa = \frac{N \sum x_{ii} - \sum (x_i + x+i)}{N^2 - \sum (x_{ii} + x+i)} \quad (1)$$

Em que:

N : é o total de observações;
 x_{ii} : são as células diagonais;
 $x_i +$: são os somatórios das colunas;
 $x + i$: são os somatórios das linhas.

De acordo com Landis e Koch (1977) os valores de índice Kappa seguem a classificação apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Intervalo de qualidade da classificação avaliado pelo índice Kappa.

Valor do índice Kappa	Qualidade da Classificação
< 0,00	Péssimo
0,00 - 0,20	Ruim
0,20 - 0,40	Razoável
0,40-0,60	Boa
0,60-0,80	Muito boa
0,81-1,00	Excelente

Fonte: Adaptado de Landis e Kock (1977).

Além da realização da classificação e análise da matriz de confusão dos dados, realizou-se o cálculo das áreas de cada classe, sendo posteriormente gerado o mapa de uso e cobertura do solo a partir das amostragens.

3.4. Geração da faixa de APP nos cursos d'água

A legislação atual (Lei Federal nº 12.727/2012) especifica as medidas a serem adotadas para a Área de Proteção Permanente (APP) em corpos d'água, tais como rios, nascentes e reservatórios (BRASIL, 2012). A Tabela 4 apresenta as medidas previstas na referida legislação florestal para essa área de proteção permanente.

Tabela 4. Medidas da faixa de proteção especificadas pela Lei Florestal Brasileira.

Largura da margem do rio	Faixa de proteção (APP)
Até 10 metros	30 metros
Entre 10e 50 metros	50 metros
Nascentes de qualquer dimensão	50 metros
Entre 50 e 200 metros	100 metros
Entre 200 e 600 metros	200 metros
Superior a 600 metros	500 metros
Lagos e lagoas naturais	100 metros em zonas rurais 30 metros em zonas urbanas
Reservatórios d'agua artificiais	Exigido conforme licença ambiental

Fonte: Brasil (2012).

A identificação das APPs no município de Cruzeiro/SP foi realizada através da criação de buffers no *software* QGIS de acordo com a legislação vigente. Esses buffers foram especificamente direcionados às APPs presentes nas áreas de nascentes e margens dos cursos d'água. Para essa categoria de APPs, foram aplicados dois cenários, seguindo a metodologia descrita na Tabela 5.

Tabela 5. Cenários propostos para delimitação das APPs na área de estudo.

Cenários	Categoria APPs	Metodologia
I Área rural consolidada	Nascentes de qualquer dimensão	Elaborou-se Buffer com raio de 15 metros no ponto inicial da hidrografia.
	Margens dos cursos d'água	Elaborou-se Buffer de 8 metros no decorrer da hidrografia em ambos os lados.
II Área não classificada como consolidada	Nascentes de qualquer dimensão	Elaborou-se Buffer com raio de 50 metros no ponto inicial da hidrografia.
	Margens dos cursos d'água	Elaborou-se Buffer de 30 metros no decorrer da hidrografia em ambos os lados.

Cenário I: Lei Federal n.º 12.727/2012; Cenário II: Lei Federal n.º 4.771/1965.

No qual:

Cenário I: Os limites das APPs foram determinados a partir dos parágrafos 2º e 5º do artigo 61-A da Lei Federal nº 12.727/2012, levando em consideração os usos consolidados até 28 de julho de 2008 e propriedades com 1 a 2 módulos fiscais.

Art. 61-A. Nas Áreas de Preservação Permanente, é autorizada, exclusivamente, a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008.

§ 2º Para os imóveis rurais com área superior a 1 (um) módulo fiscal e de até 2 (dois) módulos fiscais que possuam áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água naturais, será obrigatória a recomposição das respectivas faixas marginais em 8 (oito) metros, contados da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água.

§ 5º Nos casos de áreas rurais consolidadas em Áreas de Preservação Permanente no entorno de nascentes e olhos d'água perenes, será admitida a manutenção de atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo ou de turismo rural, sendo obrigatória a recomposição do raio mínimo de 15 (quinze) metros (BRASIL, 2012).

Cenário II: A delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP) foi realizada com base nos limites previstos pela Lei Florestal de 1965 (Lei Federal nº 4.771/1965).

Art. 2º, a) 1. de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura; (Item com redação dada pela Lei nº 7.803, de 18/7/1989);

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados olhos d'água, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura (Alínea com redação dada pela Lei nº 7.803, de 18/7/1989).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização do uso e cobertura do solo

Na Figura 4 é apresentado o mapa de uso e ocupação do solo obtido resultante da classificação supervisionada por meio do algoritmo de Máxima Verossimilhança (MARVEX).

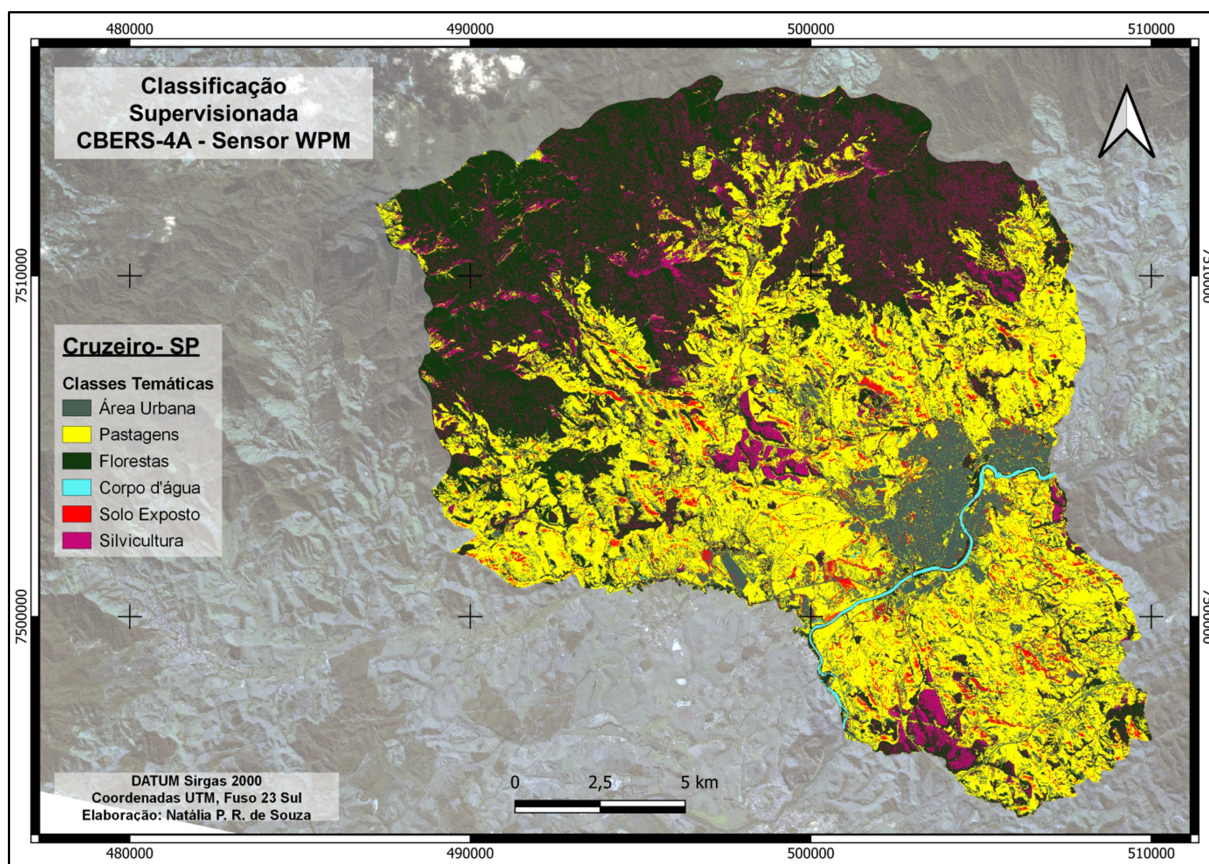


Figura 4. Mapa de uso e ocupação do solo gerado pelo classificador Máxima Verossimilhança (MARVEX) a partir de imagens do satélite CBERS-4A. Fonte: A autora.

Verificou-se valores de exatidão global de 98,93% e de índice Kappa igual a 0,76, classificado como ‘Muito bom’ segundo Landis e Kock (1977).

As amostras de validação foram utilizadas para validar as classes de uso e cobertura da terra que compõe a matriz de confusão do classificador MAXVER (Tabela 6).

Tabela 6. Matriz de confusão, em número de pixel, da classificação MAXVER. Em que: área urbana (1); pastagens (2); floresta (3); corpo d’água (4); solo exposto (5) e silvicultura (6).

Classes	1	2	3	4	5	6	Coluna Total
Área urbana	10096368	902405	67911	444628	22030	78397	11611739
Pastagem	19358890	8949343	8120	189583	0	112769	28618705
Floresta	1198823	467912	20651996	96168	0	2984297	25399196
Corpo d'agua	180161	134	0	129562	0	0	309857
Solo exposto	2209359	240142	127	0	41992	0	2491620
Silvicultura	2216361	172013	4256857	0	0	1287116	7932347
Total	35259962	10731949	24985011	859941	64022	4462579	76363464

Fonte: A autora.

Ao analisar a matriz de confusão gerada foi possível observar que todas as classes foram confundidas com pelo menos uma classe, sendo a classe Pastagem a de maior correspondência na classificação (83,39%). A matriz de confusão é usada para analisar os resultados da classificação mostrando o número de classificações corretas (verdadeiro positivo, verdadeiro negativo) e classificações incorretas (falso positivo, falso negativo) (BINKHONAIN; ZHAO, 2019). Desta maneira, a Tabela 7 ressalta estes resultados ao serem verificados os valores de erros de omissão e de comissão da classificação e o índice de Kappa correspondente às classes temáticas na Tabela 8.

Tabela 7. Erro de omissão e de comissão da classificação.

Classes	Acurácia do Produtor (Erro de Omissão)		Acurácia do Usuário (Erro de Comissão)	
	Área urbana	28,63	71,37%	86,94
Pastagens	83,39	16,61%	31,27	68,73%
Florestas	82,66	17,34%	81,30	18,70%
Corpo d'agua	15,07	84,93%	41,81	58,19%
Solo exposto	65,59	34,41%	1,68	98,32%
Silvicultura	28,84	71,16%	16,22	83,78%

Fonte: A autora.

Tabela 8. Índice Kappa atribuído às classes temáticas.

Classes	K	Qualidade
Área urbana	0,87	Excelente
Pastagem	0,31	Razoável
Floresta	0,81	Excelente
Corpo d'agua	0,42	Boa
Solo exposto	0,02	Ruim
Silvicultura	0,16	Ruim

K: Índice Kappa. Fonte: A autora.

A análise da matriz de confusão, erros de omissão e erros de comissão permitem verificar que a classe Pastagens e Florestas tiveram as melhores performances em erro de omissão com 83,39 e 82,66% de acurácia do produtor, respectivamente, isto representa dizer que estas classes apresentaram 16,61% (Pastagens) e 17,34% (Florestas) de erros de omissões, ou seja, classes que deveriam ter sido detectadas, mas que por alguma razão foram omitidas da classificação. A acurácia do produtor corresponde à probabilidade de uma determinada cobertura/uso da terra ser classificada como tal no mapa (SINGH *et al.*, 2022).

A classe Área urbana apresentou a melhor performance em erro de comissão de classificação, com valor de 86,94% de acurácia do usuário. Ou seja, verificou-se que a Área urbana apresentou a menor quantidade de classificações associadas a falsos positivos ou falsos negativos. A classe Florestas foi a segunda de melhor acurácia do usuário, 81,30%. A acurácia do usuário corresponde à frequência com que a classe do mapa estará realmente presente no solo ou em sua referência (SINGH *et al.*, 2022).

A classe Corpo d'água apresentou valores de acurácia do Produtor e do Usuário de 15,07 e 41,81%, respectivamente, com índice de Kappa de 0,42, classificado como 'Bom' segundo Landis e Kock (1977).

Os valores de erros de comissão das classes Solo exposto e Silvicultura foram de 98,32 e 83,78%, respectivamente, corroborando com os valores de Kappa, classificados como 'Ruim' para ambas as classes (LANDIS; KOCK, 1977). Para a classe Solo exposto este valor pode ser devido a semelhanças espectrais nas imagens do CBERS-4A com a classe Área urbana e Pastagens. Isto foi discutido por Amaral *et al.* (2009), que apontam para a semelhança espectral entre as classes como explicação para a confusão entre área urbana, solo exposto e pastagem. Os autores afirmam que padrões espectrais semelhantes podem ser encontrados tanto na classe área urbana quanto no solo exposto, o que pode levar a uma confusão com a classe pastagem.

Verificou-se também a presença de confusões temáticas entre pixels de silvicultura e florestas era previsível, como apontado por Sano *et al.* (2007), devido à semelhança de tons e refletância dessas classes. Entretanto, de modo geral, isto não gerou o comprometimento da classificação do uso e ocupação do solo no município de Cruzeiro/SP.

Logo, os coeficientes e resultados obtidos demonstram que a utilização de imagens do satélite CBERS-4A, com resolução espacial de 8 m e 2 m (banda PAN), apresentam qualidade na classificação e são adequados para a verificação de uso e ocupação do solo.

Na Tabela 9 e Figura 5 são apresentadas a quantificação e porcentagem das áreas para cada classe de uso e cobertura considerada para a região do município de Cruzeiro/SP.

Tabela 9. Quantificação e porcentagem das classes de uso e ocupação do solo no município de Cruzeiro/SP, Brasil.

Classes	Área (ha)	Área ocupada no município (%)
Área urbana	4.644,70	15,19
Pastagens	11.447,48	37,44
Florestas	10.159,68	33,23
Corpo d'agua	123,94	0,40
Solo exposto	996,65	3,26
Silvicultura	3.172,94	10,37
Total	30.545,39	99,89

Fonte: A autora.

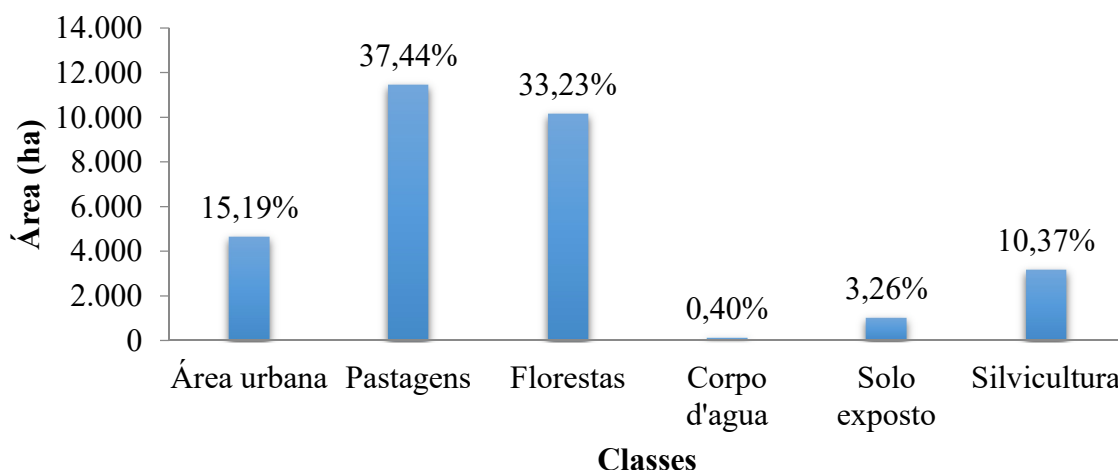


Figura 5. Áreas (ha) por Classe de Uso e ocupação do Solo. Fonte: A autora.

A análise do mapeamento em conjunto com a Figura 5 exibe as áreas (em hectare) das classes de uso e cobertura do solo para o município de Cruzeiro/SP. Verificou-se que o uso e cobertura predominante na área de estudo corresponde a Pastagens com 11.447,48 ha, sendo 37,44% do seu território. A classe Corpo d'água e Solo exposto são as de menor predominância, com áreas de 123,94 e 996,64 ha, respectivamente.

As áreas de florestas e área urbana também são relevantes, com 33,23% e 15,19% da área de estudo, respectivamente. Esta distribuição pode ser explicada pelo fato de a região contar com importantes recursos naturais, como as florestas incluídas no Monumento Natural Estadual Mantiqueira Paulista (MONAMP), além do crescimento urbano.

4.2. Avaliação e caracterização das APPs para o município de Cruzeiro

A comparação entre os mapas de cobertura de solo e as Áreas de Preservação Permanente (APP) é essencial para avaliar o estado das matas ciliares em regiões sensíveis, como as margens dos rios e as nascentes. A realização desta análise permite identificar não apenas a fragilidade ambiental destes ecossistemas, mas também as áreas que não cumprem os padrões estabelecidos pela Lei Florestal. Este conhecimento é fundamental para garantir a proteção, conservação da biodiversidade e a sustentabilidade ambiental dessas regiões, bem como para a implementação de medidas de conservação e recuperação de áreas degradadas. A compreensão deste contexto é importante para garantir a sustentabilidade e preservação desses ecossistemas para as gerações futuras.

A Tabela 10 apresenta os resultados da análise das APPs no município de Cruzeiro, com base nas legislações florestais brasileiras. Como a área total do município é de 30.569,90 hectares, os resultados exibem redução de 5,30% (1.612,53 ha) das APPs no Cenário I em comparação ao Cenário II, conforme ilustrado nos apêndices.

Tabela 10. Cenários propostos de APPs no município de Cruzeiro/SP, Brasil.

APPs	Cenário I		Cenário II	
	Área (ha)	% Mun.	Área (ha)	% Mun.
Nascentes de qualquer dimensão e	429,77	1,40	2042,30	6,70

Cenário I: Lei Federal n.º 12.727/2012; Cenário II: Lei Federal n.º 4.771/1965. APPs: Áreas de preservação permanentes no entorno dos Cursos d'águas e Nascentes; %Mun.: Porcentagem de APPs, área de estudo.

Corroborando com os resultados encontrados por Almeida *et al.* (2022), a análise dos dados (considerando os cenários propostos) revelou que, de acordo com a Lei Federal n.º 4.771/1965, as Áreas de Preservação Permanente (APPs) totalizavam aproximadamente 2.042,30 ha, representando 6,7% da área do município de Cruzeiro/SP. Porém, com a aplicação da Lei Florestal (BRASIL, 2012) (Cenário I), houve redução no tamanho da área a ser recuperada (5,30%), alcançando 429,77 hectares, ou seja, 1,4% da área total da bacia do Rio Paraíba do Sul.

A redução da recomposição vegetativa na área de Preservação Permanente (APP) deve-se à Lei Federal n.º 12.727/2012 (BRASIL, 2012), que concedeu anistia aos usos consolidados até 28 de julho de 2008 para as propriedades, independentemente do tamanho da propriedade ou da largura do curso d'água, reduzindo a obrigatoriedade de recomposição das faixas marginais. Essa redução traz preocupações quanto a efetividade das funções ambientais dessas áreas, visto que a principal função da classe de APP relacionada às nascentes e mata ciliar é a preservação dos recursos hídricos quanto à qualidade e quantidade (NOWATZKI *et al.*, 2010).

De acordo com o Instituto Geológico (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016), qualquer interferência na mata ciliar torna os rios e sua região vulneráveis a desbarrancamentos, erosões do solo e rochas, resultando no transporte de sedimentos para os rios e, conseqüentemente, no assoreamento dos mesmos. Dessa forma, os rios ficam mais rasos e propensos a cheias e enchentes.

As APPs se constituem em refúgio e alimento para a fauna terrestre e aquática, bem como para os insetos polinizadores de culturas (pólen e néctar). Além disso, sua possível interconexão com APPs adjacentes ou com áreas de Reserva Legal funciona como corredores de fluxo gênico para os elementos da flora e da fauna (SKORUPA, 2003). A importância para o solo advém de sua detoxificação por organismos da meso e microfauna associada às raízes das plantas; do controle de pragas do solo e da reciclagem de nutrientes. A vegetação ainda promove a fixação de carbono, importante para a manutenção do clima global (SKORUPA, 2003).

A Figura 6 apresenta a variação no tamanho das áreas de APPs encontrada após a implantação da nova lei Florestal, evidenciando as possíveis alterações ocorridas.

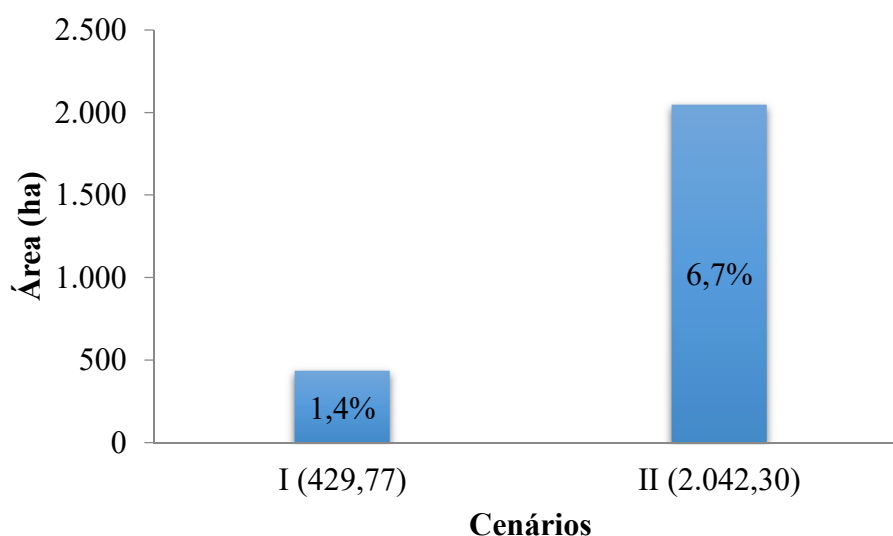


Figura 6. Comparação das áreas delimitadas dos Cenários I e II de APPs. APPs: Áreas de Preservação Permanentes hídricas.

De acordo com as classes temáticas de uso do solo em conflito, a classe Florestas é predominante nos dois cenários avaliados, apresentando 37,76% de cobertura vegetal no Cenário I e 36,05% no Cenário II, considerando a extensão de Áreas de Preservação Permanente (APP) em cada cenário, o que pode ser atribuído ao fato de o município abranger uma grande área de preservação por meio da MONAMP.

É possível observar na Tabela 11 que as áreas de APP não estão completamente cobertas por vegetação densa, cenário ideal para a mata ciliar; tendo, portanto, a classe de pastagens com 29,68% (127,59 ha) no Cenário I e 31,77% (648,86 ha) no Cenário II, seguida pelo solo exposto com 0,87% (3,76 ha) no Cenário I e 1,05% (21,58 ha) no Cenário II. A classe silvicultura corresponde a 9,86% (42,38 ha) no Cenário I e 9,80% (200,28 ha) no Cenário II.

Tabela 11. Áreas com conflitos de uso em relação às classes temáticas de uso e ocupação do solo nos cenários propostos no município de Cruzeiro/SP, Brasil.

Classes	Pastagens		Florestas		Solo exposto		Silvicultura	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Cenário I	127,59	29,68	162,30	37,76	3,76	0,87	42,38	9,86
Cenário II	648,86	31,77	736,29	36,05	21,58	1,05	200,28	9,80

Cenário I: Lei Federal n.º 12.727/2012; Cenário II: Lei Federal n.º 4.771/1965. APPs: Áreas de Preservação Permanentes no entorno dos Cursos d'águas e Nascentes.

Após análises realizadas, constatou-se que a maior ocupação no território do município de Cruzeiro/SP-Brasil é de pastagens (37,44%) e florestas (33,23%). Além disso, foi verificado que a presença de atividades antrópicas resultou em uma possível e significativa porcentagem de desmatamento das Áreas de Preservação Permanente (APPs), sendo 30,55% (131,35 ha) no Cenário I e 32,82% (670,44 ha) no Cenário II. Esse dado é alarmante, visto que as APPs representam uma área mínima a ser preservada, e os cenários de um percentual tão elevado de desmatamento compromete significativamente a capacidade do ambiente de prestar serviços ecossistêmicos essenciais. A capacidade do meio ambiente de suportar esses impactos vem diminuindo, não apenas em âmbito local, mas também regional e global. Esses

problemas ambientais têm exigido maior atenção da população e das autoridades em relação ao planejamento e à ordenação de suas ações, visando alcançar um equilíbrio entre as necessidades humanas e a sustentabilidade ambiental.

Considerando os resultados obtidos com o uso de tecnologias de mapeamento e monitoramento dentro dos cenários propostos, fica evidente a significativa contribuição dessas ferramentas para a preservação e a sustentabilidade do planeta. O avanço na tecnologia de sensores, por sua vez, tem permitido um monitoramento cada vez mais detalhado e preciso dos recursos ambientais. No entanto, é preocupante a possível redução das Áreas de Preservação Permanente (APPs), resultante das mudanças na legislação de 2012, que no presente momento (2023) exigem apenas 8 metros de recomposição nas faixas marginais dos cursos d'água. Essa redução compromete a efetividade das funções ambientais dessas áreas, sobretudo no que diz respeito à preservação da qualidade e da quantidade dos recursos hídricos.

Diante desses resultados, é urgente a adoção de políticas de conscientização para instruir os proprietários rurais sobre a importância de preservar as áreas de APPs e a fiscalização efetiva daqueles que descumprem a legislação, principalmente no que se refere à proteção dos recursos hídricos. Para estudos futuros, recomenda-se avaliar outros cenários referentes à legislação aplicada às APPs, incluindo áreas de preservação permanente em topos de morros e encostas.

Por fim, é importante destacar que este trabalho possibilitou a utilização de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para monitorar como a antropização pode impactar a bacia hidrográfica do município em questão dentro dos cenários propostos. Os dados levantados servem de subsídios para a tomada de medidas mitigadoras por parte dos órgãos ambientais responsáveis e ressaltam a necessidade de monitoramento contínuo para preservar os recursos naturais e garantir a sustentabilidade ambiental.

5. CONCLUSÃO

A classificação supervisionada pelo método da Máxima Verossimilhança apresentou acurácia global de 98,93% e índice Kappa de 0,76, indicando qualidade da classificação e caracterização de uso e ocupação do solo da área em estudo. A maior ocupação no território foi classificada como de área de pastagens (37,44%) e florestas (33,23%).

Considerando os cenários apresentados, foi observada uma redução de 5,30% (1.612,53 ha) na obrigatoriedade de recomposição da área das Áreas de Preservação Permanente devido às mudanças na lei Florestal. A presença de atividades antrópicas resultou em uma significativa porcentagem de desmatamento das APPs, sendo aproximadamente 30,55% no Cenário I e 32,82% no Cenário II resultante das classes Pastagens e Solo exposto.

6. REPEFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, CAROLINE DE MELO; MENDONÇA, BRUNO ARAUJO FURTADO DE; BASSO, VANESSA MARIA. Adequação ambiental e simulação de cenários legais no município de Porciúncula, Rio de Janeiro. **Geo UERJ**, [S.l.], n. 41, p. e42895, nov. 2022. ISSN 1981-9021. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/42895>>. Acesso em: 20 jan. 2023. doi:<https://doi.org/10.12957/geouerj.2022.42895>.

AMARAL, M. V. F.; SOUZA, A. L.; SOARES, V. P.; SOARES, C. P.; LEITE, H. G.; MARTINS, S. V.; FERNANDES FILHO, S. V.; LANA, E. I. J. M. Avaliação e comparação de métodos de classificação de imagens de satélites para o mapeamento de estádios de sucessão florestal. **Árvore**, v. 33, n. 3, p. 575-582, 2009.

AMIRI, F.; RAHDARI, V.; NAJAFABADI, S. M.; PRADHAN, B.; TABATABAEI, T.. Multi- temporal landsat images based on eco-environmental change analysis in and around Chah Nimeh reservoir, Balochestan (Iran). **Environ. Earth Sci.**, v. 72, n. 3, p. 801-809, 2014.

AZEVEDO, R. E. S.; OLIVEIRA, V. P. V. Reflexos do novo Código Florestal nas Áreas de Preservação Permanente – APPs – urbanas/Reflections of the New Code at Urban Permanent Preservation Areas – PPA. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 29, p. 71-91, abr. 2014.

BINKHONAIN, M.; ZHAO, L. A review of machine learning algorithms for identification and classification of non-functional requirements. **Expert Systems with Applications: X**, v. 1, 2019.

BRANDMUELLER, T.; SCHÄFER, G.; EKKEHARD, P.; MÜLLER, O.; ANGELOVA-TOSHEVA, V. Territorial indicators for policy purposes: NUTS regions and beyond. **Regional Statistics**, v. 7, n. 1, p. 78-89, 2017.

BRASIL. Lei Federal n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Rio de Janeiro, RJ, 16 set. 1965.

_____. República Federativa. Lei Federal n.º 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis ns.º 6.938/1981 e 9.393/1996, revoga as Leis ns.º 4.771/1965 e 7.754/1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 28 mai. 2012.

BOYD, D. S.; DANSON, F. M. Satellite remote sensing of forest resources: three decades of research development. **Progress in Physical Geography**, v. 29, n. 1, p. 1-26, 2005.

CALDAS-DA-SILVA, A. J. **Geoprocessamento e análise ambiental para determinação de corredores de hábitat na Serra da Concórdia**. Vale do Paraíba: Instituto de Florestas, UFRRJ, Rio de Janeiro, 2006. 122 p.

CÂMARA, G. Representação computacional de dados geográficos. *In*: CASANOVA, M. A.; CÂMARA, G.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, J. R. **Bancos de Dados Geográficos**

Curitiba: MundoGeo, 2005. p. 1-44. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/index.html>>. Acesso em 02 dez. 2022

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. *In*: CÂMARA, G.; DAVIS, C; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. [S.l.]: INPE, 2004. cap. 1. Disponível em:<<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 12 nov. 2022.

CHEMURA, A.; RWASOKA, D.; MUTANGA, O.; DUBE, T.; MUSHORE, T.. The impact of land-use/land cover changes on water balance of the heterogeneous Buzi subcatchment, Zimbabwe. **Remote Sens. Appl. Soc. Environ.**, v. 18, 2020.

CLIMATE DATA. **Clima Cruzeiro (Brasil)**. 2023. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/saopaulo/cruzeiro-34844/>>. Acesso em: 11 jan. 2023.

COHEN, J. A Coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Measurement.**, v. 20, n. 1, p. 37-46, 1960.

CONGEDO, L. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. **Journal of Open Source Software**, v. 6, n. 64, 2021.

CROSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. 4. ed. Campinas: IG/UNICAMP, 2002. 170 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Satélites de Monitoramento**. 2022a. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/cbers>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Áreas Rurais consolidadas em APP**. 2022b. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/codigo-florestal/entenda-o-codigo-florestal/area-de-preservacao-permanente/areas-rurais-consolidadas-em-app>>. Acesso em 30 jan. 2023.

EUGENIO, F. C. *et al.* Identificação e quantificação das áreas em conflito com a legislação ambiental brasileira para Alegre, Espírito Santo, Brasil. **Revista Geográfica Venezolana**, v. 54, p. 31-45, 2013.

FRANÇA, M. M. **Avaliação de classificações supervisionadas com redes neurais artificiais e MAXVER para caracterização do uso da terra no município de Viçosa-MG**. 2007. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. **Desastres Naturais, Conhecer para prevenir**. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2016.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO . Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. Decreto nº 65.457, de 05 de janeiro de 2021. **Diário Oficial - Executivo**, 06 jan. 2021, p.1. São Paulo, SP, 05 jan. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário**. 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/cruzeiro/pesquisa/24/76693>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1986. 51 p.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p.

LANDIS, J.; KOCH, G. The measurement of observer agreement for categorical data, Washington, USA. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.

LEITE, E. F.; ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. **Revista Eletrônica de Geografia**, v. 4, n. 12, p. 90-106, 2012.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation**. 6. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008. 756 p.

MENDES, P. **Áreas consolidadas e mal compreendidas**. Scot Consultoria.2019. Disponível em: <<https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/50234/areasconsolidadas-e-mal-compreendidas.htm>>. Acesso em fev. 2023.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UNB/CNPq, 2012. 266 p.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO – INCRA. **Módulo Fiscal**. 2022. Disponível em: <www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/governanca-fundiaria/modulo-fiscal>. Acesso em jan. 2023.

MIRANDA, R. N.. **Direito ambiental**. 2. ed. São Paulo: Rideel, 2010. 176 p.

MORAES, J. F. L.; CARVALHO, J. P.; CARLSTROM, A. Caracterização e evolução do uso das terras na sub-bacia Tietê-Cabeceiras. **Annual Reports of European Community**, v. 2, n. 1, p. 87-97, 2004.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE, 2001. 250 p.

NERY, C, V, M; BRAGA, F, L; MOREIRA, A, A; FERNANDES, F, H, S. Aplicação do Novo Código Florestal na Avaliação das Áreas de Preservação Permanente em Topo de Morro na Sub-Bacia do Rio Canoas no Município de Montes Claros/MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 6, p. 1673-1688, 2013.

NOWATZKI, A.; SANTOS, L. J. C.; VEDOR, E. P. Utilização do SIG na delimitação das áreas de preservação permanente (APP's) na bacia do Rio Sagrado (Morretes/PR). **Sociedade & Natureza**, v. 22, n. 1, p. 107-120, 2010.

NOVO, E. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. [S. l.]: Blucher, 2010. 387 p.

OLIVEIRA, F. F. G. **Aplicação das Técnicas de Geoprocessamento na Análise dos Impactos Ambientais e na Determinação da Vulnerabilidade Ambiental no Litoral Sul do Rio Grande do Norte**. 2011. 250 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

PIRES, E. V. R.; SILVA, R. A.; IZIPPATO, F. J.; MIRANDOLA, P. H. Geoprocessamento Aplicado a Análise do Uso e Ocupação da Terra para Fins de Planejamento Ambiental na Bacia Hidrográfica do Córrego Prata – Três Lagoas (MS). **Revista Geonorte**, v. 2, n. 4, p. 1528-1538, 2012.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. Rio de Janeiro: Parênteses, 2009.

POTT, C. M.; ESTRELA, C. C. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 271-283, 2017.

REX, F. E.; KÄFER, P. S.; DEBASTIANI, A. B.; KAZAMA, V. S. Potencial de Imagens Msi (Sentinel-2) para Classificação do Uso e Cobertura da Terra. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 27, 2019 p., 2018.

RIBEIRO, S. R. A.; CENTENO, J. S. Classificação do Uso do Solo Utilizando Redes Neurais e o Algoritmo MAXVER. *In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu. INPE: Foz do Iguaçu, 2001. p. 1341- 1348.

RODRÍGUEZ, A. C. M. **Mapeamento multitemporal do uso e cobertura do solo do município de São Sebastião – SP, utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM – Landsat e HRV – SPOT**. 2000. 85 f. Especialização (Especialista em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2000.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 4. ed. Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 2001. 210 p.

ROY, P. S.; DUTT, C. B. S.; JOSHI, P. K. Tropical forest resource assessment and monitoring. **Tropical Ecology**, v. 43, n 1, p. 21-37, 2002.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G; BEZERRA, H. S. Mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado por meio de imagens Landsat ETM+. *In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 14., 2009, Natal. **Anais [...]**. Natal. INPE: Natal, 2009. p. 1199-1206.

SANTOS, J. R. Avanços das pesquisas e aplicações de sensoriamento remoto no monitoramento da paisagem: contribuições aos estudos do Pantanal. *I SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL*, 1., 2006, Campo Grande. **Anais [...]**. Campo Grande. Embrapa Informática Agropecuária/INPE: Campo Grande, 2006. p. 675-683.

SENADO. Senado amplia pagamento por serviços ambientais. **Revista de Audiências Públicas Do Senado Federal**, Ano 2,n. 9, 2011. Disponível

em:<<https://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/codigoflorestal/temas-polemicos-acordos-fechados-aprovacao-codigoflorestal/senado-amplia-pagamento-por-servicos-ambientais.aspx>>. Acesso em jan. 2023.

SINGH, R. N.; KRISHNAN, P.; SINGH, V. K.; BANERJEE, K. Application of thermal and visible imaging to estimate stripe rust disease severity in wheat using supervised image classification methods. **Ecological Informatics**, v, 71, 2022.

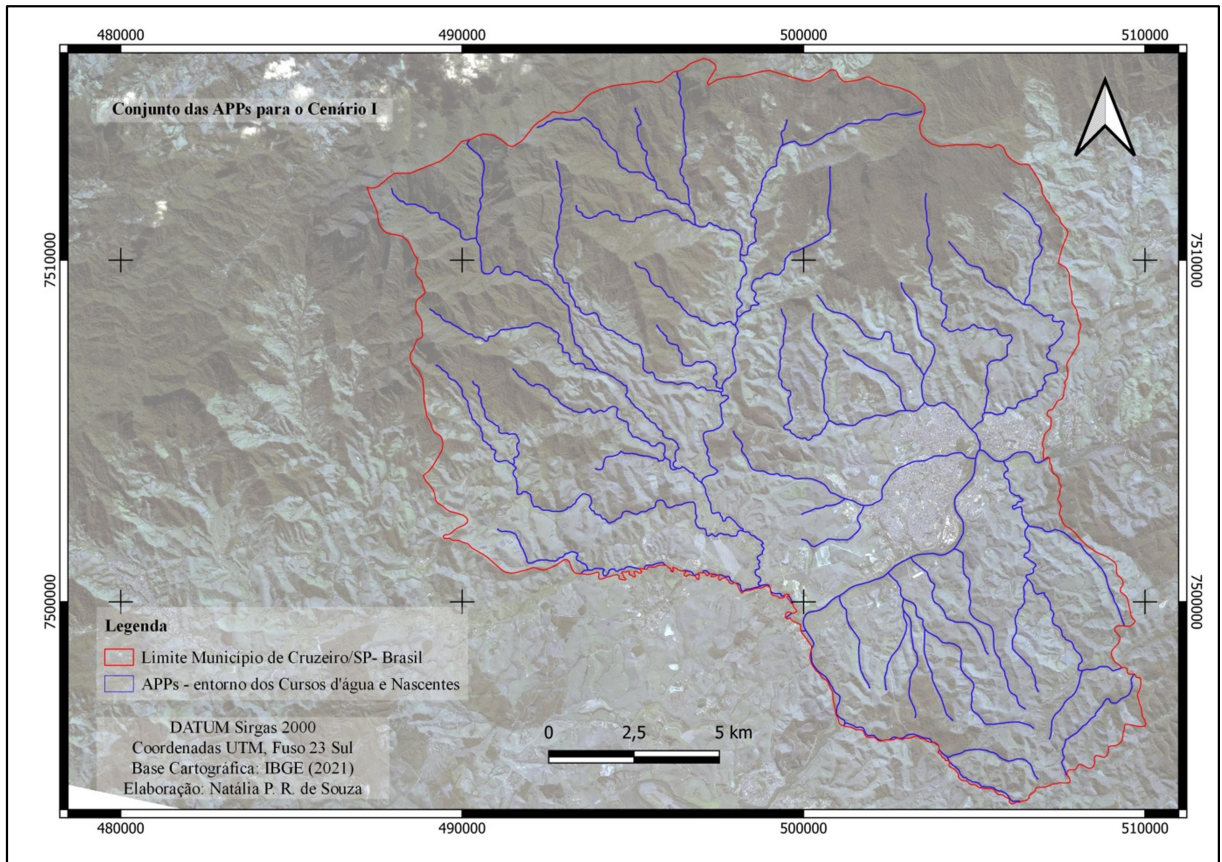
SHIMABUKURO, Y. E.; MAEDA, E. E.; FORMAGGIO, A. R. Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas aplicados ao estudo dos recursos agronômicos e florestais. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, 2009.

SILVA, A. F.; BARBOSA, A. P.; ZIMBACK, C. R. L.; LANDIM, M. B. Classificadores de imagens por técnicas de sensoriamento remoto e geoestatística. II Simpósio de Geoestatística Aplicada em Ciências Agrárias, 2., 2011, Botucatu. **Anais [...]**. Botucatu. UNESP: Botucatu, 2011.

SKORUPA, L. A. **Áreas de preservação permanente e desenvolvimento sustentável**. Jaguariúna: Embrapa, 2003. 4 p.

WAGNER, A. P. L. **Dinâmica temporal de índices de vegetação no Pampa do Rio Grande do Sul e Uruguai e suas relações com os elementos meteorológicos regionais**. 2013. 160 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

APENDICE A – Conjunto das APPs delimitadas no município Cruzeiro, SP, Brasil, conforme parâmetros analisados no Cenário I.



APENDICE B – Conjunto das APPs delimitadas no município Cruzeiro, SP, Brasil, conforme parâmetros analisados no Cenário II.

