

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

GABRIEL AUGUSTO BREDA

Aplicação de GEOBIA em imagens de nanossatélites para a identificação de conflitos de uso da terra em APPs do município de Pinto Bandeira, RS

Porto Alegre, 2019

GABRIEL AUGUSTO BRED A

Aplicação de GEOBIA em imagens de nanossatélites para a identificação de conflitos de uso da terra em APPs do município de Pinto Bandeira, RS

Trabalho de conclusão de curso apresentado para a banca examinadora do curso de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como exigência parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Orientação: Prof. Dr. Cláudio Wilson Mendes Jr.

Porto Alegre, 2019

GABRIEL AUGUSTO BRENDA

Aplicação de GEOBIA em imagens de nanossatélites para a identificação de conflitos de uso da terra em APPs do município de Pinto Bandeira, RS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Cláudio Wilson Mendes Jr. (Orientador)
Departamento de Geodésia – UFRGS

Prof. Dr. Heinrich Hasenack
Departamento de Ecologia – UFRGS

Profa. Dra. Kátia Kellem da Rosa
Departamento de Geografia - UFRGS

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e ao meu anjo guardião, por me proporcionarem uma vida saudável, sempre me protegendo e guiando pelos bons caminhos.

A todos os meus amados familiares, pais, irmãos e avós. Em especial aos meus padrinhos Claudete e Paulo, aos quais serei sempre grato por terem me acolhido em seu lar como um filho, durante todo período de graduação, sempre presentes e me ajudando nos momentos em que mais precisei.

Ao meu orientador, professor Cláudio Wilson Mendes Jr., por todos os ensinamentos e suporte prestados para a realização deste trabalho.

À professora Flávia Farina, pelos ensinamentos e por ter me concedido a oportunidade de ter sido bolsista no Labmodel.

Aos professores Heinrich Hasenack e Kátia Kellem da Rosa, por terem aceitado participar da banca de avaliação deste trabalho.

A todos os demais professores e colegas do curso de Geografia da UFRGS.

Ao geógrafo Kledson Grabski pelo auxílio com algumas ferramentas utilizadas neste trabalho.

À engenheira ambiental Sofia Royer Moraes, pela motivação e auxílios prestados na utilização do eCognition.

À Embrapa Uva e Vinho, à Prefeitura Municipal de Pinto Bandeira, e ao Labgeo UFRGS, pelos dados fornecidos.

Por fim, à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela experiência vivida e por oferecer um ensino gratuito de excelência.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo, delimitar as Áreas de Preservação Permanente (APPs) do município de Pinto Bandeira (RS-Brasil), de acordo com a legislação do Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651/2012), bem como identificar conflitos de uso da terra nessas APPs, por meio da aplicação da abordagem GEOBIA na classificação de imagens de nanossatélites. As APPs desse município foram delimitadas a partir de dados derivados de um aerolevante da área de estudo, realizado em 2005, composto por dados vetoriais e matriciais de alta resolução, compatíveis com a escala 1:10.000. A aplicação da abordagem GEOBIA foi realizada no software *Ecognition Developer 9*, nas etapas de segmentação e classificação automáticas de imagens dos nanossatélites *PlanetScope* (27/08/2018), com resolução espacial de 3 m e bandas espectrais RGB e NIR. Foram aplicados cinco níveis de segmentação nessas imagens e posteriormente foram coletadas amostras de treinamento e definidos os atributos espectrais e espaciais para cada classe de cobertura e uso da terra: *Corpos d'água; Agricultura ou Pecuária; Edificação; Floresta Exótica; Floresta Nativa; e Solo Exposto*. Estes atributos foram usados em um método de classificação hierárquica, por árvores de decisão, para a identificação dessas classes. O resultado dessa classificação automática não foi considerado satisfatório, sendo posteriormente aprimorado por classificação manual, no *ArcMap 10.4*. Essa classificação foi usada na elaboração de um mapa da cobertura e uso da terra, e foi posteriormente cruzada com o limite das APPs da área de estudo, para a identificação de áreas com e sem conflito de uso. A acurácia de classificação nas APPs foi avaliada a partir do cálculo de uma matriz de confusão, que resultou em um índice *Kappa* igual a 81,67% (qualidade excelente). Os resultados dessa classificação mostram que dos 105,4 km² do município, 17,36 km² (16,47%) são APPs. A classe com maior conflito de uso nas APPs foi a de *Agricultura ou Pecuária* (26,18%). As APPs de nascentes apresentaram a maior área percentual (54,89%) dos conflitos de uso da terra, ao passo que as APPs de declividade se encontram totalmente preservadas. Os resultados obtidos indicaram que a maior ocorrência de conflitos de uso da terra ocorre na região sudeste do município de Pinto Bandeira. Os dados produzidos a partir deste estudo poderão servir como subsídios para a gestão e monitoramento da qualidade ambiental desse município.

Palavras-chave: GEOBIA; Nanossatélites; Pinto Bandeira; Conflito de uso da terra; Área de Preservação Permanente (APP).

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos	12
1.2 Justificativas	12
2. REFERENCIAIS TEÓRICOS	13
2.1 Áreas de Preservação Permanente	13
2.2 Geotecnologias Aplicadas ao Estudo de APPs	17
2.3 Nanossatélites e a Constelação PlanetScope	19
2.4 Análise de Imagem Baseada em Objetos Geográficos (GEOBIA)	20
2.5 Estudos de Conflitos de Uso da Terra em APPs com Sensoriamento Remoto e SIG	22
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	24
4. MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.1 Base de Dados	27
4.2 Delimitação das APPs	30
4.2.1 APPs de Hidrografia	30
4.2.2 APPs de Declividade	31
4.2.3 APPs de Topo de Morro	31
4.3 Segmentação e Classificação da Imagem	32
4.3.1 Processamentos no eCognition	32
4.3.2 Processamentos no ArcGIS	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
5.1 Mapeamento das APPs	38
5.2 Resultados Obtidos na Classificação	40
5.3 Cobertura e Uso da Terra nas APPs	41

5.4 Conflitos de Uso da Terra nas APPs	43
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
7. REFERÊNCIAS.....	49
ANEXOS	54
ANEXO I	54
ANEXO II	56
ANEXO III	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Nanossatélite Dove Cubesat 3U da Planet Labs. (Fonte: bizjournals.com)	20
Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo.....	24
Figura 3 – Carta imagem da área de estudo.....	29
Figura 4 - Níveis de segmentação obtidos no eCognition 9.....	34
Figura 5 - Árvore de processos mostrando a classificação em dois níveis utilizada no eCognition 9.	35
Figura 6 - Classes de APP no município de Pinto Bandeira.	39
Figura 7 - Matriz de erro da classificação automática no eCognition 9.	Erro! Indicador não definido.
Figura 8 - Mapa de Cobertura e Uso da terra nas APPs.....	42
Figura 9 - Mapa de APPs preservadas e com conflitos de uso da terra.....	44
Figura 10 - Detalhe das APPs em porção da região Sudeste de Pinto Bandeira.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de segmentação aplicados na imagem PlanetScope.....	Erro! Indicador não definido.
Tabela 2 - Chave de leitura das classes de cobertura e uso da terra.	37
Tabela 3 – Classes de conflito de uso da terra nas APPs.....	38
Tabela 4 - Classes de APP na área de estudo	40
Tabela 5 - Acurácia da classificação final de cobertura e uso da terra nas APPs.	Erro! Indicador não definido.
Tabela 6 - Área das classes de cobertura e uso da terra e percentual em relação à área total de APPs	43
Tabela 7 - Área total e percentual de conflitos de uso da terra nas APPs	45
Tabela 8 - Área total e percentual de conflito de uso da terra em APPs de nascente	45
Tabela 9 - Área total e percentual de conflito de uso da terra em APPs de cursos d'água.....	45
Tabela 10 - Área total e percentual de conflitos de uso da terra em APPs de corpos d'água.....	46
Tabela 11 – Condição da APPs com relação a áreas com conflito de uso e preservadas	46

1. INTRODUÇÃO

Após a 1ª Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente, em Estocolmo na Suécia, em junho de 1972, ocorreu a aprovação da Declaração Universal do Meio Ambiente, determinando que os recursos naturais do planeta deveriam ser conservados em benefício das gerações futuras, cabendo a cada país a responsabilidade de regulamentar esse princípio em sua legislação, acabando por influenciar adequação e criação de normativas mais amplas e efetivas em defesa da natureza.

Historicamente, sabe-se que os usos conflitivos no território brasileiro são consequências de vários anos de descaso com o ambiente natural, visando, sobretudo, o desenvolvimento econômico, seja pelas necessidades de povoamento, urbanização, industrialização e/ou ampliação das fronteiras agrícolas.

Como consequência do desenvolvimento econômico e social, agravaram-se vários problemas ambientais como o desmatamento, incêndios florestais, intensificação da perda de solos, assoreamento de rios, ocupações irregulares em áreas de risco suscetíveis a deslizamentos e inundações, poluição de rios e dos solos, entre outros. Essa realidade reforça a necessidade de conscientizar a população da importância de preservar o meio ambiente, consolidando uma conscientização popular que perdure para as gerações futuras.

Para regulamentar essa missão, temos a legislação ambiental, que é o alicerce para as políticas públicas preservacionistas, as quais se baseiam em monitoramentos e em estudos do meio ambiente, que atualmente se dão através do uso das geotecnologias. Dentre elas, destaca-se o Sensoriamento Remoto, que é um ramo da Geofísica que tem como objetivo a aquisição de dados de alvos sem um contato físico com os mesmos. Dados da superfície terrestre são adquiridos desde a década de 1970 pelos satélites e sensores da missão Landsat, mas a partir dos anos 2000, surgiram satélites com menor porte, denominados de microssatélites, como os da constelação RapidEye, capazes de produzir imageamento diário da superfície terrestre, com excelente resolução radiométrica. Também no início do século XXI

foram desenvolvidos satélites ainda menores, conhecidos como CubeSats ou nanossatélites, de tamanhos e custos bastante reduzidos, possibilitando um amplo uso comercial e científico, com parcerias entre agências espaciais e universidades. Atualmente destaca-se a constelação PlanetScope da empresa Planet Labs, composta por 175 CubeSats, com massa de apenas 4 kg, que com seus sensores com dispositivos de carga acoplada (*Charge-coupled device* - CCD) são capazes de produzir imageamento diário da superfície terrestre, com resolução espacial de 3 metros, que são adequados para o monitoramento ambiental global.

Houve também grande evolução nos métodos de classificação de imagens de Sensoriamento Remoto. Métodos tradicionais de classificação visual de uso e cobertura do solo são bastante onerosos para áreas com muitas dessas classes e com grande extensão, demandando muitas horas de trabalho. Nessas condições, até mesmo os mais avançados métodos de classificação pixel a pixel (e.g., algoritmos de Mínima Distância Euclidiana e de Máxima Verossimilhança) são pouco eficientes, piorando ainda mais quando as classes são espectralmente similares. No decorrer do século XXI houve uma tendência no desenvolvimento de algoritmos de classificação mais avançados, como os orientados ao objeto, baseados em árvores de decisão ou em redes neurais artificiais.

Uma das abordagens mais utilizadas é a Análise de Imagem Orientada ao Objeto Geográfico – GEOBIA (*Geographic Object-based Image Analysis*), que trata-se de uma metodologia de reconhecimento de padrões baseada na segmentação de imagens em regiões, e no uso de seus atributos espaciais e espectrais em algoritmos de classificação, que podem ser aplicados em imagens de altíssima resolução espacial, como a dos nanossatélites.

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho foi identificar e mapear os usos da terra conflitivos em Áreas de Preservação Permanente (APPs), por meio da aplicação da abordagem GEOBIA na classificação de imagens de nanossatélites.

Para a execução do objetivo geral, foram considerados os seguintes objetivos específicos:

- delimitar as APPs localizadas no município de Pinto Bandeira (RS), de acordo com o Novo Código Florestal Brasileiro;
- classificar a cobertura e o uso da terra nas APPs na área de estudo, identificando e quantificando os possíveis usos conflitivos.

1.2 Justificativas

É de grande importância para um município ter o conhecimento e o mapeamento de suas APPs, visando a preservação de seus recursos naturais, em conformidade com o desenvolvimento sustentável da unidade administrativa. O fato é que, como lembra Menezes (2016), são raros os municípios que dispõem do mapeamento integral de suas APPs; na maior parte dos casos, este é feito apenas para áreas parciais e são produzidos quando há a necessidade de licenciamento ambiental de algum empreendimento local. Esta situação pode ser atribuída em parte à falta de interesse e descaso da administração pública, somada à carência de profissionais especializados e da disponibilidade de tecnologia que torne possível o monitoramento ambiental.

O mapeamento das APPs e a identificação de usos conflitivos, poderá ser usado como subsídio ao poder público e aos produtores rurais, para a tomada de medidas de preservação e recuperação ambiental do município. Ainda, os resultados a serem obtidos a partir deste estudo poderão servir de apoio para subsidiar um futuro

plano de expansão urbana ou do plano diretor do município de Pinto Bandeira, em conformidade com as diretrizes atuais contidas na Política Nacional do Meio Ambiente.

Portanto, presume-se que os resultados deste trabalho possam colaborar com ações de caráter preservacionista para o município de Pinto Bandeira, contribuindo para a futura gestão ambiental de seu território e para o bem-estar social de sua população.

2. REFERENCIAIS TEÓRICOS

2.1 Áreas de Preservação Permanente

Dentro do âmbito da legislação ambiental brasileira, diversas são as normativas aos níveis municipal, estadual e federal. A legislação ambiental federal está presente desde 1934, a partir do Decreto 23.793 (BRASIL, 1934), o qual instituiu o primeiro Código Florestal Brasileiro, revogado posteriormente pela Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965). Todavia, como citado por Farias (2007), até metade da década de 1960, a legislação brasileira andava em compasso com a legislação internacional, quando não havia suficiente conscientização ambiental, já que após a Segunda Guerra Mundial, as nações priorizaram a expansão agrícola, industrial e urbana. Como consequência, tornou-se cada vez mais evidente o provável esgotamento dos recursos naturais se nenhuma providência efetiva fosse adotada. Mas como afirma Milaré (2004), foi somente na década de 1980 que a legislação começou a se preocupar com o meio ambiente de uma forma global e integrada, após a Conferência de Estocolmo.

No Brasil, o ponto de partida para esta integração global de conscientização foi a sanção da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81), definindo de forma avançada e inovadora os conceitos, princípios, objetivos e instrumentos para a defesa do meio ambiente, reconhecendo a importância deste para a vida e para a qualidade

de vida. Posteriormente algumas outras leis foram sancionadas, destacando-se a Constituição Federal de 1988, que tem um capítulo exclusivo dedicado ao meio ambiente (FARIAS, 2007).

Como consequência do desrespeito pela legislação ambiental e das responsabilidades assumidas pelo Brasil em convenções internacionais nas décadas passadas, o Conselho Nacional do Meio Ambiente lançou as Resoluções 302 e 303 em 22 de março de 2002, as quais dispunham de parâmetros, definições e limites referentes às APPs (CONAMA, 2002).

Porém, praticamente todas as leis citadas anteriormente foram substituídas pelo Novo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012) e sua lei de alteração (Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012).

Conforme em seu artigo 1º:

Esta Lei estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos (BRASIL, 2012).

Segundo o Novo Código Florestal Brasileiro, Áreas de Preservação Permanente se configuram como: “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” (BRASIL, 2012). No artigo 4º desta lei, estão descritos os critérios para a delimitação de APPs em meio rural ou urbano (ANEXO I), ao longo de cursos d’água, no entorno de lagos e lagoas naturais e de reservatórios d’água artificiais, e conforme características morfológicas (altitude, declividade) e feições do relevo (topo de morros, montes ou montanhas e serras, ou bordas de tabuleiros e chapadas). No artigo 6º consta que as APPs podem ser definidas por ato do Chefe do Poder Executivo, em áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a várias finalidades (ANEXO II).

Na definição do conceito de APPs da Lei 12.651/12, consta que “Área de Preservação Permanente é uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa” (art. 3º, II). Portanto, entende-se que tanto a vegetação nativa quanto a cultivada, são peças chave em sua definição, podendo ser cultivadas novamente para recompor áreas degradadas. Sendo que a ideia de permanência, não se vincula somente às florestas, mas também ao solo, aos recursos hídricos, e à macro e microfauna. Estas devem ser preservadas, para assegurar o equilíbrio dos ecossistemas (MACHADO, 2013, p.872)

Analisando cronologicamente a legislação ambiental brasileira, conclui-se que ela passou a ser mais branda em comparação a de 1965, já que a grande maioria das propriedades rurais estavam em situação irregular, sendo que quem mais se beneficiou com a sanção do Novo Código Florestal foram os grandes empresários rurais, sob o apoio direto da bancada ruralista no Congresso Nacional. Porém, há algumas exceções, como foi apresentado por Viel, Farias e Hoff (2013), em um estudo de uma propriedade rural no município de Monte Belo do Sul (RS), onde foi analisada a perda de área produtiva sob as sanções da legislação antiga e da nova. Por comparação, chegou-se ao valor de 0,6 ha perdidos de área produtiva na aplicação da legislação antiga, enquanto com o Novo Código Florestal a perda foi de apenas 0,1 ha, demonstrando assim que a nova legislação acabou por beneficiar também pequenas propriedades agrícolas, que são características da região serrana do RS.

No Artigo 61-A do Novo Código Florestal (ANEXO III), nas APPs situadas em áreas rurais consolidadas anteriormente à sanção do Decreto nº 6.514/2008, é autorizada a continuidade de atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural, conforme a área dos imóveis rurais e o módulo fiscal. Neste caso são definidas APPs no entorno de nascentes e olhos d’água perenes, e, conforme, o número de módulos fiscais, será definirá a faixa de recomposição de faixas marginais a cursos d’água naturais ao longo das bordas da calha do leito regular do rio, ou no entorno de lagos e lagoas naturais.

A validação oficial das APPs que estão de acordo com as normas da legislação vigente só será possível após a conclusão do CAR (Cadastro Ambiental Rural), com

a implementação do PRA (Programa de Regularização Ambiental), que engloba ações mitigadoras a serem desenvolvidas pelos proprietários rurais, com o objetivo de regulamentar suas propriedades de acordo com o Novo Código Florestal. A implementação do Sistema Nacional de Cadastro Rural (SICAR) em todo território nacional será revolucionário, pois possibilitará subsidiar políticas de preservação do meio ambiente, através do monitoramento e combate ao desmatamento ilegal de maneira constante (CAR, 2019).

Segundo dados do boletim do CAR de fevereiro de 2019, cerca de 5,7 milhões de propriedades foram cadastradas, totalizando uma área de mais de 514 milhões de hectares (CAR, 2019). Deste total, estima-se que cerca de 80% tenha algum tipo de passivo ambiental para regularizar, mostrando que há um grande desafio pela frente. Já ocorre um considerável atraso no processo de análise dos dados cadastrais, por não estar ocorrendo de forma integrada sob o comando do governo federal, mas sim sob a responsabilidade de cada estado, sendo que alguns ainda nem começaram suas análises, o que acaba por dificultar a implementação dos Planos de Regularização Ambiental, que a longo prazo tende ao questionamento por parte do mercado de commodities quanto à efetividade da legislação ambiental brasileira frente às exigências do mercado exterior, que são fundamentais para a balança comercial e à economia do Brasil (MACHADO, FERES e ADRIEN, 2017).

Machado (2013) reforça que é essencial o aproveitamento racional e adequado da propriedade rural, pois sob as perspectivas atuais, não há como os imóveis rurais serem preservados em toda a sua extensão, pois deve haver um consenso entre preservação ambiental e êxito econômico, sendo a legislação em conjunto da tecnologia peças decisivas nesta missão.

2.2 Geotecnologias Aplicadas ao Estudo de APPs

Para os estudos ambientais em geral, é fundamental o uso de geotecnologias. Dentre elas destacam-se o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), que podem ser usados para a identificação, a tomada de decisão e o monitoramento das áreas de interesse (ROSA, 2005).

Conforme Jensen (2011), o Sensoriamento Remoto pode ser definido como “a arte e a ciência de obter informação sobre um objeto sem estar em contato físico direto com ele.” Os dados dos sensores podem ser obtidos a nível terrestre, aéreo e orbital, possibilitando análises em escalas variadas, podendo ser utilizados em estudos continentais, regionais, locais ou em detalhes.

INPE (2006) afirma que os dados de Sensoriamento Remoto são fundamentais nos estudos ambientais, por fornecerem:

- percepção sinóptica, que consiste na observação das feições naturais e/ou antrópicas e de suas inter-relações em grandes extensões de área;
- resolução temporal, que permite a coleta de informações em diferentes épocas do ano e em anos distintos, o que facilita os estudos da dinâmica ambiental de uma região;
- resolução espectral, que permite a obtenção de informações sobre um alvo em distintas faixas ou bandas espectrais, acrescentando assim uma infinidade de informações sobre as características físico-químicas dos alvos;
- resolução espacial, que possibilita a obtenção de informações em diferentes escalas, desde continentais, regionais e até locais.

Jensen (2011) sugere o Sensoriamento Remoto como uma ferramenta que funciona em harmonia com outras ciências da informação geográfica, tais como cartografia, levantamentos e os SIGs.

Longley *et al.* (2013) definem o SIG como um software elaborado para armazenar e processar informações geográficas, representando por meio de mapas

os problemas ou informações do espaço terrestre que podem ser obtidas através de produtos de sensoriamento remoto ou por meio de processamento de dados espaciais.

Dentre os SIGs mais utilizados no mercado estão o ArcGIS e QGIS, ambos possuem diversas ferramentas que auxiliam em análises e produção de dados diversos, como também na elaboração de cartografia digital, que são ferramentas essenciais para tomadas de decisão.

Conforme Blaschke & Kux (2007), a grande vantagem destas geotecnologias é que propiciam a aquisição e a manipulação de dados em diversas resoluções e escalas, desde imagens de satélites, aeronaves tripuladas, até imagens de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs). Imagens multitemporais desses sensores podem ser usadas para estudos da dinâmica da cobertura e uso da terra. Além disso, podem ser usadas com outros dados georreferenciados em um SIG para detectar áreas vulneráveis a inundações ou a movimentos de massa. Por exemplo, no rompimento da barragem de rejeitos de minério da Vale S.A. em Brumadinho (MG), em 25 de janeiro de 2019, as técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG foram essenciais para a elaboração de diagnósticos ambientais, sendo usadas também para mapear áreas de busca e para a localização das vítimas, reforçando ainda mais suas importâncias frente às necessidades humanas.

Com o avanço tecnológico e sua conseqüente redução de custos, o monitoramento da superfície terrestre tem se intensificado constantemente, gerando produtos (imagens) com resoluções espaciais, espectrais e temporais aprimoradas, sendo que a demanda destes não é somente para uso científico, governamental e militar, mas também por parte de grandes empresas privadas como Google e Microsoft, que fornecem aos usuários mosaicos de imagens da superfície terrestre com resoluções espaciais bastante detalhadas, como nos sistemas Google Earth Pro, Google Maps e Bing Maps.

2.3 Nanossatélites e a Constelação PlanetScope

O século XXI é marcado por uma grande evolução tecnológica dos satélites, sobretudo com o desenvolvimento de plataformas com tamanhos reduzidos. Com esta característica, os microssatélites da constelação RapidEye, com cerca de 1 m³ e 150 kg, produzem imageamento diário da superfície terrestre, com um sensor multiespectral (5 bandas) que produz imagens com resolução espacial de 5 metros (Embrapa, 2019). Em paralelo, houve grandes avanços no desenvolvimento de satélites ainda menores, denominados de nanossatélites, que têm sido produzidos em sua maioria por parcerias entre agências espaciais, institutos de pesquisa, universidades e empresas privadas. Esses nanossatélites podem pesar entre 1 e 10 kg e são chamados de CubeSats quando têm formato cúbico de até 30 cm (GREEN, 2012).

Vários países criaram e lançaram nanossatélites, inclusive o Brasil, já que esta tecnologia apresenta baixo custo e possibilita executar um número maior de missões, sendo que seus produtos podem ser utilizados para fins comerciais, defesa e pesquisa. No ramo comercial, a empresa que mais se destaca no desenvolvimento de nanossatélites é a Planet Labs Inc., sediada em São Francisco, no Vale do Silício. Ela foi criada em 2010 por engenheiros da NASA, o que lhe conferiu desde sua criação, o caráter de empresa inovadora e com alta capacidade tecnológica, com a missão de fornecer um imageamento diário de todo o planeta, possibilitando com sua constelação monitorar feições da superfície terrestre e a cobertura e uso da terra (BARROSO e OLIVEIRA, 2016).

A empresa Planet Labs possui atualmente uma constelação de 2 satélites com sensor de alta resolução espacial (SkyLab - 0,70 m) e os 5 satélites RapidEye. Além disso, possui 175 nanossatélites PlanetScope, a uma altura de cerca de 475 km, em órbitas heliossíncronas. Esses nanossatélites são também chamados de Doves (pombos) e foram construídos em plataforma CubeSat 3U, com dimensões 10 x 10 x 30 cm e massa de 4 kg. Essa constelação possibilita capturar imagens diárias de toda superfície terrestre, totalizando mais de 300 milhões de km² (ESA, 2019). Cada

nanossatélite possui um sensor CCD, com resolução espacial de 3 metros e resolução espectral de quatro bandas: azul, verde, vermelho e infravermelho próximo (SSCON, 2019).



Figura 1 - Nanossatélite Dove Cubesat 3U da Planet Labs. (Fonte: bizjournals.com)

2.4 Análise de Imagem Baseada em Objetos Geográficos (GEOBIA)

A classificação da cobertura e uso da terra em imagens de Sensoriamento Remoto é tradicionalmente feita por meio de técnicas de interpretação visual, onde o conhecimento especializado do intérprete dos temas a serem classificados era essencial, ou por técnicas automáticas, baseadas no reconhecimento de padrões em imagens digitais (BLASCHKE e KUX, 2007).

Como consequência do avanço das tecnologias geoespaciais, houve um aumento da oferta de imagens de alta resolução espacial, o que demandou não somente o aperfeiçoamento das técnicas, como também a criação de novas metodologias que superassem a classificação pixel a pixel para uma nova abordagem, baseada na segmentação de imagens multiespectrais, denominada GEOBIA. Esta nova abordagem revolucionou o processo de classificação de imagens: as análises

não são mais feitas progressivamente, pixel a pixel, mas por segmentação multirresolução dessas imagens, com posterior análise dos atributos espectrais e espaciais dos segmentos gerados. Estes segmentos são constituídos por agregados de pixels contíguos e com características espectrais similares. Além do atributo espectral, também são usados atributos espaciais na classificação por GEOBIA, como o contexto espacial, tamanho, forma e relações topológicas dos segmentos gerados (ANTUNES *et al*, 2014).

Os softwares que realizam a classificação pelo método GEOBIA baseiam-se em classificadores de lógica *Fuzzy*, que mais se aproximam do pensamento humano, já que não possibilitam definir limites exatos entre as classes, pois funcionam com raciocínio incerto ou aproximado, ao contrário da lógica booleana que funciona por associação binária classificando os pixels como pertencentes ou não a uma classe (ANTUNES, 2005).

Como citado por Bento (2017), esta abordagem permite que se tire vantagem de mais dimensões do Sensoriamento Remoto, onde destacam-se as seguintes dimensões para a extração de informações:

- Espectral: bandas multiespectrais, incluindo banda pancromática. Possibilidade de cálculo da média e do desvio padrão, análise por componentes principais (*Principal Component Analysis - PCA*), entre outros;
- Espacial: área do objeto, comprimento, largura, direção;
- Morfológica: parâmetros de forma;
- Textura;
- Contextual: relação aos vizinhos, análise de proximidade;
- Temporal: análise de séries temporais.

Dentre os softwares de GEOBIA, destaca-se o eCognition (Trimble Geoespatial), bastante utilizado por profissionais das geotecnologias desde o início dos anos 2000.

2.5 Estudos de Conflitos de Uso da Terra em APPs com Sensoriamento Remoto e SIG

Dentro da temática deste estudo, Antunes *et al.* (2014) mapearam o conflito de uso da terra em APPs na bacia hidrográfica do córrego Sertão, no município de Cajuri (MG). Porém, baseando-se no Código Florestal de 1965, onde foi realizada uma classificação supervisionada a partir de uma imagem de 2013 do satélite RapidEye, utilizando o método de classificação por Máxima Verossimilhança. Os autores mapearam e quantificaram as classes de área urbana (0,28 km²), vegetação (6,45 km²), área agrícola/pastagem (12,27 km²) e solo exposto (1,75 km²). O total das classes mapeadas foi de 20,75 km² e a área total de APPs identificadas foi de 10,75 km² de APPs, sendo estas de encostas com declividade superior a 45° (0,0065 km²), nascentes (2,07 km²), zona ripária (2,43 km²), e terço superior das sub-bacias (6,25 km²). As áreas em conflito de uso da terra nas APPs foram obtidas através da intersecção dos temas, que foram previamente convertidos em formato vetorial. Para isso foi utilizada a função *Intersect* do *ArcMap*. Como resultado, concluiu-se que o uso agrícola foi a classe de maior conflito com as APPs, atingindo 5,03 km², cerca de 53,8% da área que deveria ser de preservação permanente.

Ferrari *et al.* (2015) analisaram os conflitos de uso da terra em APPs no Campus do IFES na cidade de Alegre (ES), sob as definições da legislação do atual Código Florestal Brasileiro (2012). Foram geradas APPs de hidrografia, declividade e topo de morro da área desse campus, assim como a cobertura e o uso da terra, que foram mapeados por interpretação visual de uma imagem orbital Geoeye-1, com resolução espacial de 0,5 metros, que devido ao detalhamento possibilitou identificar 36 classes temáticas distintas. Os resultados revelaram que as APPs totalizam 34,33% da área de estudo, ocupando 114,32 ha de extensão, sendo as APPs de cursos d'água as mais atingidas e as principais classes responsáveis por conflitos são as pastagens naturais (20,41 ha) e as estradas não pavimentadas (1,18 ha).

Machado e Neves (2013) identificaram possíveis usos conflitivos nas APPs das sub-bacias do reservatório Jaguari-Jacareí do Sistema Cantareira em SP. A área de estudo totalizou 370 km², se estendendo em porções dos municípios de Joanópolis,

Vargem, Bragança Paulista, Piracaia e por Extrema, em Minas Gerais. Foram geradas APPs de hidrografia, declividade e topo de morro, para serem analisadas em conjunto com a classificação de cobertura e uso da terra, por meio do método GEOBIA, com uso do software *eCognition*, que foi aplicado a imagens do sensor orbital RapidEye, que possibilitaram identificar 6 classes distintas: reflorestamento, solo exposto, vegetação rasteira, área construída, vegetação arbórea e água. Os resultados da intersecção dos dados da classificação de cobertura e uso da terra com as APPs, mostraram que dos 100 km² de APPs, a classe mais conflitiva foi a de vegetação rasteira, com 41,05%, seguida por 3,52% de solo exposto, 3,22% de reflorestamento e 1,62% de área construída, preservando um total de 50,33% de vegetação arbórea.

Silva e Bacani (2017) realizaram um estudo de análise das mudanças na cobertura e no uso da terra da bacia hidrográfica do Rio da Prata (MS), no período de 1986 a 2016, utilizando o software *eCognition 9*, aplicada a imagens dos satélites Landsat 5 e 8. Por meio desse software foram feitas a segmentação e classificação, em conjunto do *ArcGIS 10.3*, onde foram definidas sete classes de cobertura e uso da terra: agricultura, corpos aquosos, florestal, pastagem, áreas úmidas, vegetação arbórea e reflorestamento. Os resultados mostraram expansão agropecuária e consequente diminuição da vegetação arbórea, onde a classe de pastagem teve um aumento de 13,11% e a vegetação arbórea teve uma supressão de 21,37%, no período de 1986 a 2016.

Em geral, dados de imagens de alta resolução espacial (*i.e.*, 5 m a 30 m no terreno) e altíssima resolução espacial (< 5m) têm sido usados na detecção de conflitos de uso da terra em APPs. Os dados de satélites e microsatélites têm sido comumente usados nesta aplicação; todavia, não foram encontradas publicações nas quais a abordagem GEOBIA tenha sido aplicada em imagens de nanosatélites para a identificação desses usos conflitivos em APPs.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área do estudo corresponde ao município de Pinto Bandeira (Figura 2), localizado na Região Metropolitana da Serra Gaúcha (RMSG), à 138 km de Porto Alegre, situado entre os municípios de Nova Roma do Sul, Farroupilha, Bento Gonçalves e Veranópolis, com área aproximada de 105,4 km². Foi criado em janeiro de 2001, porém emancipou-se em 2013, em decorrência de disputas judiciais com o município de Bento Gonçalves, tornando-se o município mais jovem do RS.

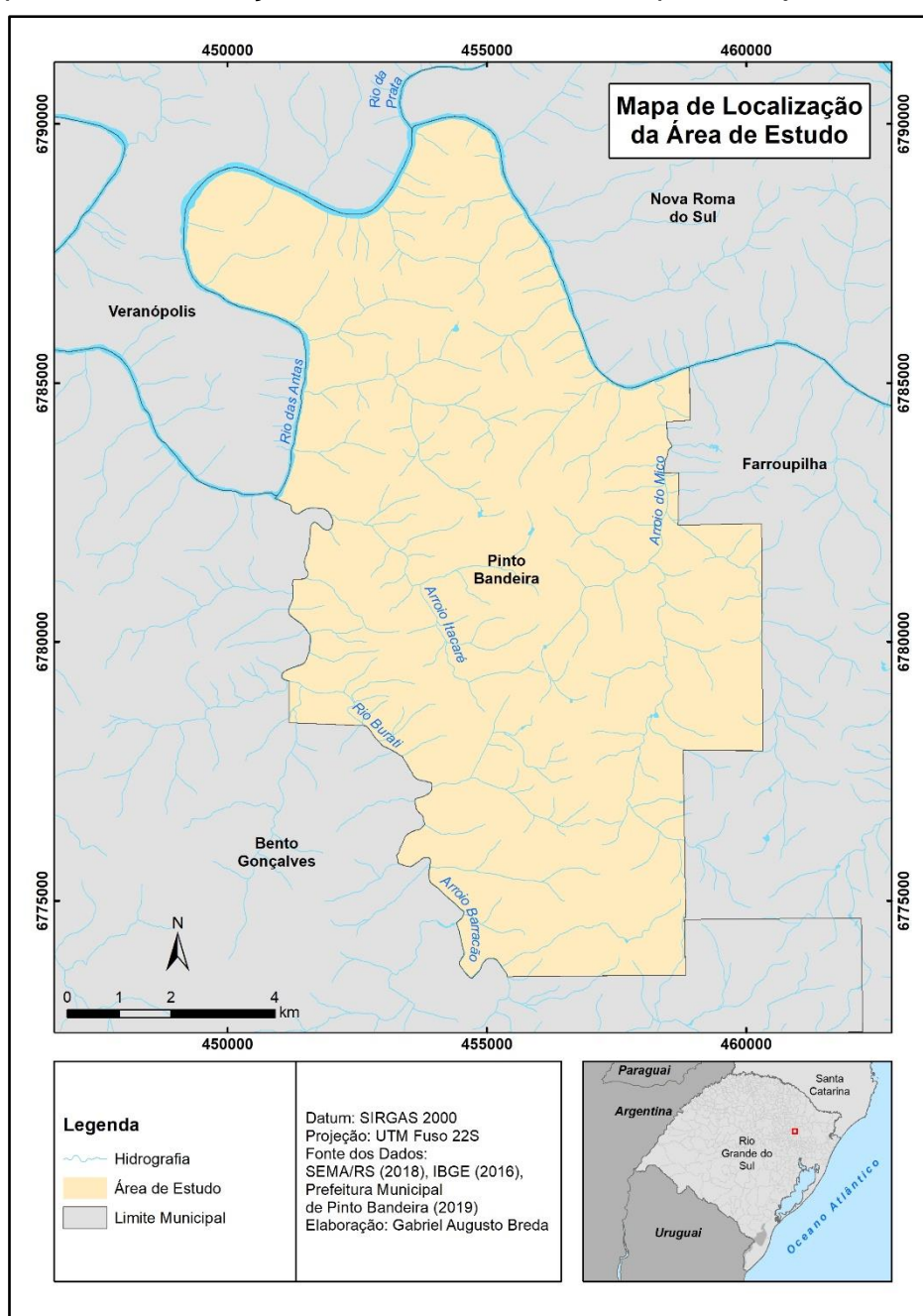


Figura 2 - Mapa de localização da área de estudo.

Pinto Bandeira situa-se na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas sendo que seu limite é definido em grande parte pela hidrografia, onde o Rio das Antas é o principal, juntamente de seus afluentes como o Rio Burati, o Arroio Barracão e o Arroio do Mico. Sua rede de drenagem possui padrão dendrítico, que se ramifica de forma irregular entre os entalhamentos do relevo.

Geologicamente está inserido na Formação Serra Geral, nas fácies Vulcânicas Caxias e Gramado (IBGE, 2018). Essas formações geológicas são características por se constituírem de derrames basálticos, que contrastam com riolitos e riodacitos com camadas de espessura entre 80 e 450 metros. Situa-se na região Nordeste do estado do Rio Grande do Sul, no limite das unidades geomorfológicas Planalto dos Campos Gerais e Serra Geral. A unidade Serra Geral constitui a borda do Planalto Meridional (Planalto Basáltico), limitando perfeitamente os derrames basálticos com profundos entalhamentos fluviais, apresentando morros em forma de colinas e escarpas, com declividades bastante variadas que chegam a mais de 75° e altitudes que superam os 700 m na porção Sudeste do município (HOFF *et al.*, 2015).

Os solos do município apresentam características das unidades Carlos Barbosa, Caxias e Farroupilha, que são de origem basáltica, moderadamente drenados, de coloração escura no horizonte superficial e que vão avermelhando conforme se aprofundam. Apresentam boas condições para produção de culturas anuais, porém com baixa fertilidade natural, pois são muito ácidos e pobres em nutrientes, requerendo práticas de adubação constantes (UFSM, 2019).

O clima local é quente e temperado, com temperatura média anual de 17.3 °C e pluviosidade média anual de 1.767 mm, sendo classificado como Cfa (clima subtropical úmido) de acordo com a classificação climática de Köppen (CLIMATE-DATA, 2019).

Inserido no bioma Mata Atlântica, apresenta vegetação que varia da Região Fitoecológica da Floresta Ombrófila Mista nos topos dos morros e Floresta Estacional Decidual em suas vertentes, que são características de climas úmidos e que possuem estratos que variam de espécies arbóreas de grande porte, até espécies arbustivas (FEPAM, 2019).

Possui uma área predominantemente rural e baixa taxa de urbanização, com distribuição geográfica não homogênea. No Censo de 2010 foram contabilizados 965 domicílios, sendo que destes 249 compõem a zona urbana (Prefeitura Municipal de Pinto Bandeira, 2019). Em 2018 sua população foi estimada em 2.968 habitantes e seu PIB per capita foi estimado em 18.184,45 no ano de 2016 (IBGE, 2019).

A base da economia do município é predominantemente a agricultura, principalmente a produção de cultivos permanentes como ameixa, banana, caqui, citrus (bergamota e laranja), com destaque para a produção de uva, com 40.000 toneladas, e de pêsego, com 26.400 toneladas (IBGE, 2019). Por fazer parte da Região Vitivinícola da Serra Gaúcha (RVSG) e por estar diretamente ligado com a produção vinícola de Bento Gonçalves, é destaque a nível nacional e internacional. Pinto Bandeira possui certificado de Indicação de Procedência (IP), para vinhos tintos brancos e espumantes, que foi concedida à Associação dos Produtores de Vinho de Pinto Bandeira (ASPROVINHO), pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em julho de 2010 (EMBRAPA, 2010).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo consiste no armazenamento e processamento de uma base de dados espaciais no software *ArcGIS 10.4*, nas etapas de geoprocessamento e mapeamento, e no *eCognition Developer 9*, usado nas etapas de segmentação e classificação automáticas.

Os procedimentos metodológicos podem ser resumidos nas seguintes etapas:

1. levantamento, seleção, coleta e ajuste da base de dados;
2. delimitação das APPs, conforme legislação ambiental vigente;
3. segmentação e classificação da cobertura e do uso da terra no *eCognition*;
4. cruzamento dos dados de APPs com a classificação de cobertura e uso da terra;
5. quantificação dos usos conflitivos nas APPs;
6. análise e discussão dos resultados.

4.1 Base de Dados

A escolha da área de estudo baseou-se principalmente na existência da Base Cartográfica Digital de Pinto Bandeira (Embrapa, 2005), composta por dados vetoriais e matriciais compatíveis com a escala de 1:10.000, oriundos de um aerolevanteamento do município de Bento Gonçalves, realizado no ano de 2005. As imagens PlanetScope foram concedidas pela empresa Planet (2017) ao autor deste estudo, enquanto os demais dados foram fornecidos pela empresa Embrapa Uva e Vinho de Bento Gonçalves, por intermédio do Labgeo da UFRGS.

Os dados básicos são compostos por:

- ortofotomosaico com resolução espacial de 0,6 metros;
- Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 10 metros;
- curvas de nível, com equidistância de 5 metros;
- hidrografia (cursos e corpos d'água);
- rede viária;
- três imagens PlanetScope, com resolução espacial de 3 metros.

Primeiramente, todos os dados da Embrapa foram convertidos do sistema geodésico de referência SAD69 para o SIRGAS 2000 e mantidos na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), no fuso 22. Posteriormente, os dados hidrográficos foram editados e atualizados com base na interpretação visual de um mosaico de imagens GeoEye com resolução espacial de 0,5 m, da plataforma Google Earth Pro, com datas variadas do ano de 2018, em razão de sua maior resolução espacial em comparação a das imagens PlanetScope.

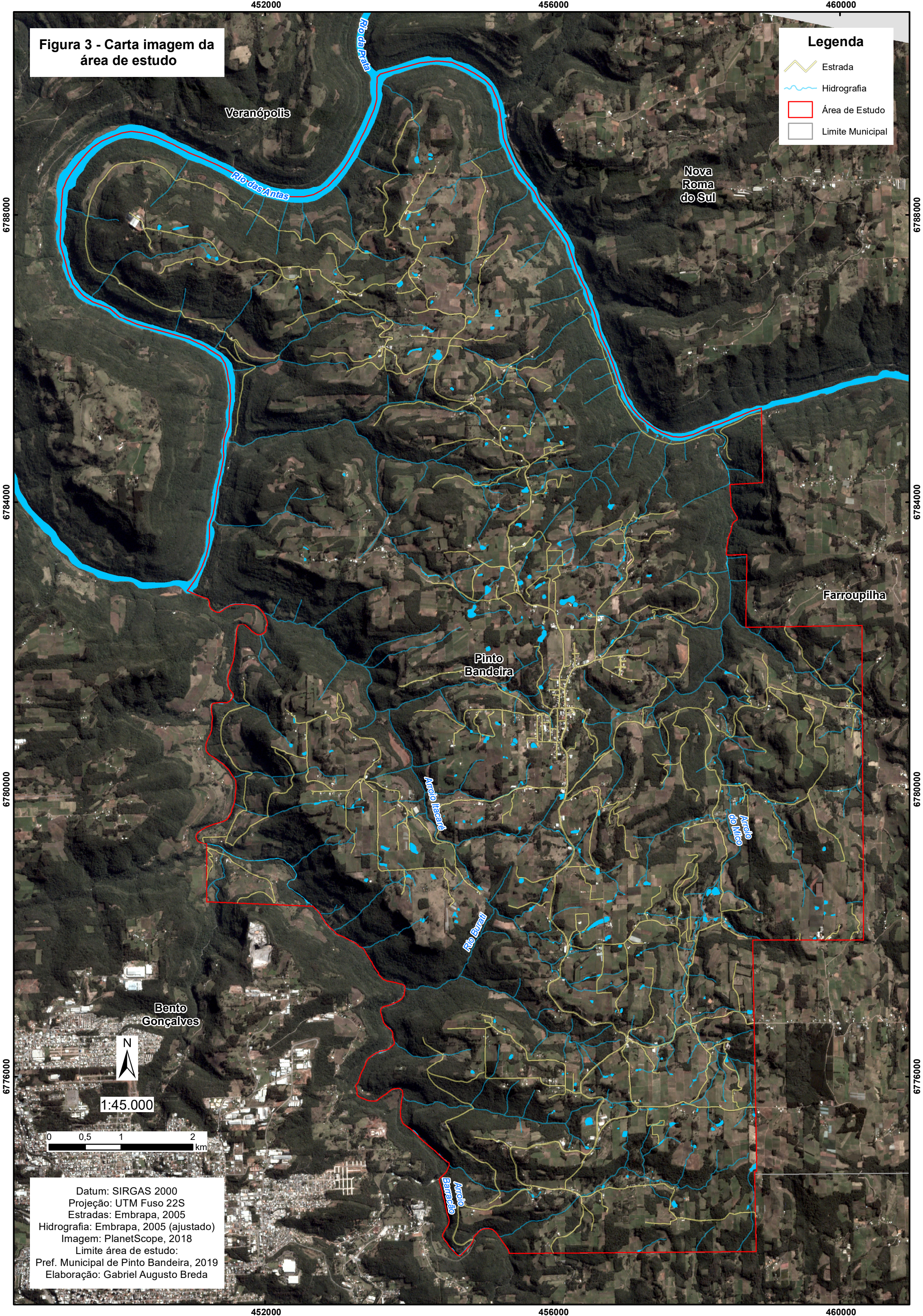
Para a classificação de cobertura e uso da terra, foram usadas três imagens PlanetScope, com bandas espectrais do visível (RGB) e infravermelho próximo (NIR), adquiridas por esses nanossatélites em 27/08/2018, das quais foi gerado um mosaico (Figura 3) que posteriormente foi recortado conforme o limite municipal. Considerou-se o final do inverno como a melhor época do ano para a classificação da cobertura e uso da terra a partir dessas imagens, pois os usos da terra por cultivos agrícolas temporários e permanentes apresentam maior diferenciação visual em seu estágio fenológico em relação ao da vegetação nativa.

Como área de recorte dos dados matriciais e vetoriais, utilizou-se o limite municipal que foi fornecido pelo setor de engenharia da prefeitura municipal de Pinto Bandeira, o qual também foi ajustado para o mesmo sistema de referência geodésico e projeção cartográfica dos demais dados.

Figura 3 - Carta imagem da área de estudo

Legenda

- Estrada
- Hidrografia
- Área de Estudo
- Limite Municipal



Datum: SIRGAS 2000
Projeção: UTM Fuso 22S
Estradas: Embrapa, 2005
Hidrografia: Embrapa, 2005 (ajustado)
Imagem: PlanetScope, 2018
Limite área de estudo:
Pref. Municipal de Pinto Bandeira, 2019
Elaboração: Gabriel Augusto Breda

4.2 Delimitação das APPs

Nesta etapa são descritos os procedimentos usados na delimitação dos tipos de APPs que ocorrem na área de estudo, de acordo com a legislação do Código Florestal Brasileiro de 2012.

4.2.1 APPs de Hidrografia

A partir dos dados vetoriais das nascentes, cursos d'água e corpos d'água foram geradas as APPs de hidrografia. Os pontos das nascentes foram identificados a partir da interpretação das imagens do Google Earth Pro: juntamente com os vetores dos cursos d'água foi gerado o shapefile com os pontos das nascentes em toda área do município. Posteriormente, foi utilizada a ferramenta *Buffer* do *ArcMap* para gerar os polígonos circundantes dos vetores com seguintes distâncias especificadas pela legislação:

- 50 m no entorno de nascentes e olhos d'água perenes;
- 30 m para os cursos d'água de até 10 m de largura;
- 50 m para os cursos d'água que variam de 10 a 50 m de largura;
- 100 m para os cursos d'água que variam de 50 até 200 m de largura;
- 200 m para os cursos d'água que tenham de 200 até 600 m de largura;
- 50 m no entorno lagos e lagoas em zonas rurais, exceto para os corpos d'água com área inferior a 1 ha de superfície, onde APP é dispensada, no entanto é vedada a supressão da vegetação nativa existente;
- 50 m no entorno de reservatórios d'água, decorrentes de represamento de cursos d'água naturais.

Neste estudo foram considerados os reservatórios d'água decorrentes de represamento de cursos d'água naturais, pois praticamente todos estes localizam-se em zona rural, apresentando largura superior a 10 m.

4.2.2 APPs de Declividade

Para a geração da APPs de declividade foi utilizado o software *ArcMap 10.4*, onde primeiramente foram utilizadas curvas de nível com equidistância de 5 m, fornecidas pela Embrapa Uva e Vinho (2005), com o qual, através da ferramenta *Create TIN*, gerou-se um modelo TIN (Rede Irregular Triangular), que representa a morfologia da superfície através de triangulação de vetores. Esse TIN foi convertido para o formato raster com a ferramenta *TIN to Raster*, para a geração de um MDE com resolução espacial de 5 m.

Para obter os valores de declividade a partir do MDE, foi utilizada a ferramenta *Slope*, onde foram identificadas declividades do terreno entre 0° e 79,8°. Os dados da camada *Slope* foram reclassificados pela ferramenta *Reclassify*, onde os valores menores de 45° foram classificados como 0 e os maiores do que 45° como 1. Essa imagem booleana foi exportada para o formato vetorial shapefile, com a ferramenta *Raster to Polygon*, gerando o dado final com as APPs em áreas com declividade superiores a 45°.

4.2.3 APPs de Topo de Morro

Para a obtenção das APPs de topos de morro, utilizou-se como dado de entrada o MDE produzido na etapa anterior (capítulo 4.2.2), o qual foi inserido em uma ferramenta do *ModelBuilder* do *ArcMap*, que foi desenvolvida por Oliveira & Fernandes Filho (2016), baseando-se na legislação do Código Florestal de 2012. Esta ferramenta

é composta por uma complexa cadeia de processamento, que possibilita gerar o dado final de APPs de topo de morro de forma automática.

4.3 Segmentação e Classificação da Imagem

4.3.1 Processamentos no eCognition

Neste capítulo são descritos os procedimentos de segmentação e classificação da cobertura e uso da terra, que foram realizados por meio do software *eCognition Developer 9*, que segmenta e classifica imagens baseado em técnicas de GEOBIA.

Primeiramente foi importada a imagem PlanetScope da área de estudo no projeto criado no *eCognition*, no qual as quatro bandas espectrais são separadas como layers. Estas foram renomeadas para suas bandas correspondentes:

- layer 1 como B (banda do azul);
- layer 2 como G (banda do verde);
- layer 3 como R (banda do vermelho);
- layer 4 como NIR (banda do infravermelho próximo).

A partir destes layers foi possível fazer diferentes composições coloridas, que possibilitam realçar determinadas classes, que facilitam sua discriminação na coleta das amostras de treinamento, que foram usadas no processo de classificação automática. O *eCognition* também possibilita carregar dados temáticos vetoriais, possibilitando que estes também sejam usados no processo de segmentação. Assim, foram usados dados shapefile dos corpos d'água e vias da área de estudo.

A próxima etapa foi a criação da árvore de processos da segmentação, composta por 4 (quatro) níveis em ordem de escala crescente, partindo da mais detalhada para a menos detalhada, utilizando o algoritmo *Multiresolution Segmentation*. Este algoritmo pode ser executado em nível de pixel ou de objeto de imagem, mesclando pixels ou objetos de imagem, que são fusionados conforme sua respectiva homogeneidade que devem se enquadrar no parâmetro de escala que for determinado (TRIMBLE, 2014).

Tabela 1 - Níveis de segmentação aplicados na imagem PlanetScope.

Algoritmo	Nível	Escala	Forma	Compacidade
Multiresolution Segmentation	1	5	0,5	0,9
Multiresolution Segmentation	2	10	0,5	0,9
Multiresolution Segmentation	3	20	0,5	0,9
Multiresolution Segmentation	4	40	0,5	0,9

O primeiro nível de segmentação foi o mais detalhado (ao nível de pixel), com parâmetro de escala 5 (cinco), e nos outros três subsequentes, foi utilizado o domínio *Image Object Level*, com parâmetros de escala definidos em 10, 20 e 40. Este domínio analisa os objetos formados pelo agrupamento de pixels. Foram elevados os pesos de análise das bandas B, R e NIR o valor 2 em todos os níveis de segmentação, por possibilitarem maior diferenciação na análise das amostras da imagem. Utilizou-se também os layers temáticos vetoriais em todos os níveis. Nos critérios de homogeneidade, que variam de 0 a 1, foram usados os valores de 0.5 em *Shape* (forma) considerando forma e cor, e em *Compactness* (compacidade) usou-se o valor 0,9, que possibilitou segmentar objetos menores.

Criou-se um quinto nível, onde foi utilizado o algoritmo *Spectral Difference Segmentation*, para diminuir a densidade da segmentação. Este algoritmo mescla os objetos de imagem vizinhos que sejam semelhantes, de acordo com suas médias espectrais, que devem ser inferiores ao valor definido no campo *Maximum Spectral Difference* (Trimble, 2014). A diferença espectral máxima foi definida em 70, considerada adequada para o processo de segmentação. O resultado da aplicação de diferentes níveis de classificação pode ser visualizado na Figura 4.

O nível 5 de segmentação foi considerado o mais apropriado, onde os objetos segmentados foram analisados, definindo-se 7 possíveis classes preliminares para a classificação da imagem PlanetScope: água, cultivo agrícola, edificação, floresta exótica, floresta nativa, pastagem e solo exposto.

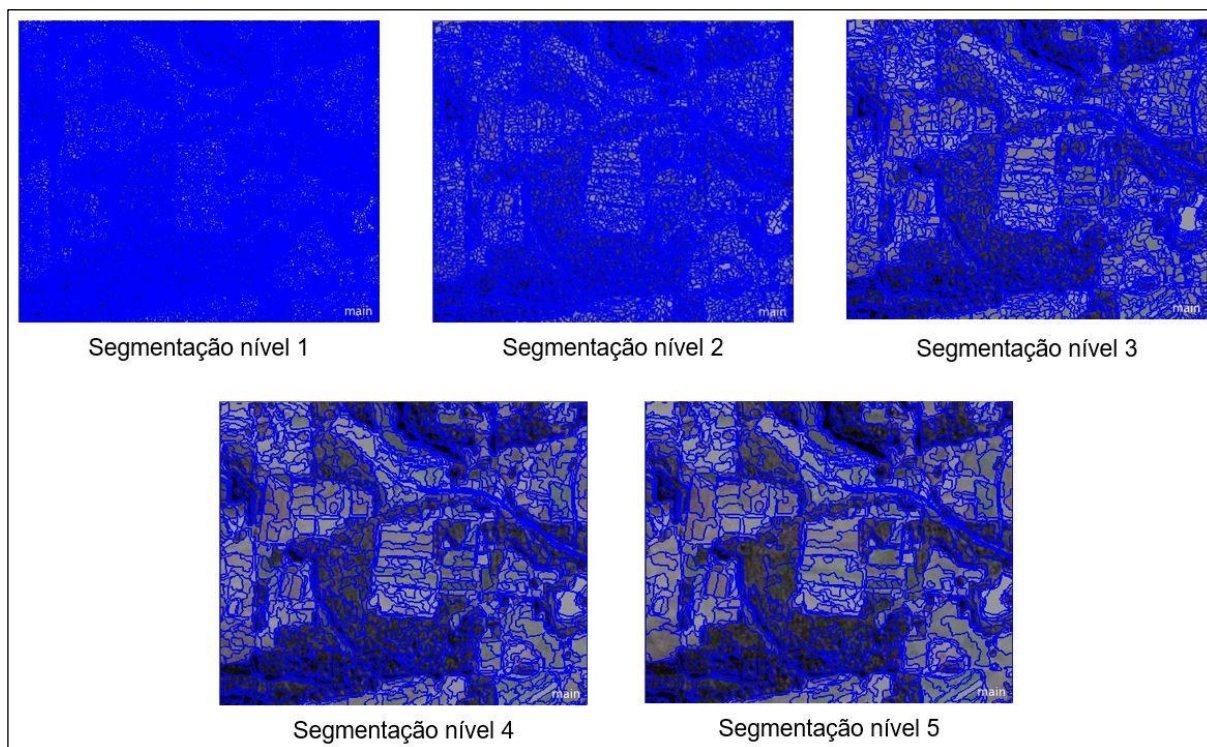


Figura 4 - Níveis de segmentação obtidos no eCognition 9.

Após a etapa de definição das classes preliminares, passou-se para a etapa da coleta de amostras de cada classe com a ferramenta *Select Samples*. Devido à alta densidade de segmentos, que ultrapassaram o valor de 70.000 amostras, a coleta foi realizada com a ferramenta *Sample Brush*, buscando agilizar o processo. Em seguida as amostras foram analisadas com a ferramenta *Sample Editor*, que através de uma seleção de características das amostras, possibilita realizar a comparação que define quais as características que melhor diferenciam as classes.

As características selecionadas foram: a) médias das bandas B, G, R e NIR; b) média de brilho; c) média de diferença máxima; d) NDVI; e) dimensões; f) forma.

Posteriormente foi utilizada a ferramenta *Feature Space Optimization*, que analisa as características selecionadas das amostras, sugerindo qual a melhor combinação para a diferenciação das classes, mostrando ao final o valor de separabilidade entre elas, que é calculado por lógica *Fuzzy*, variando de 0 a 1.

Em seguida, realizou-se a classificação automática dentro da mesma ferramenta, porém os resultados não foram satisfatórios. Houve erros de classificação

entre todas as classes, mesmo com a distância de separabilidade estando em valores próximos a 1 (um).

Após diversos testes, optou-se por outro método, o de classificação semiautomática, que foi realizado em etapas distintas para cada classe, através do algoritmo *Classification* na árvore de processos. A classificação foi realizada em 2 (dois) níveis, sendo que no primeiro foram classificadas somente as classes *Vegetação* e *Não Vegetação*, e no segundo, tentou-se classificar suas subclasses utilizando os parâmetros *Class Filter* (filtro de classe) e *Threshold Condition* (condição-limite), como pode ser visto na Figura 5.

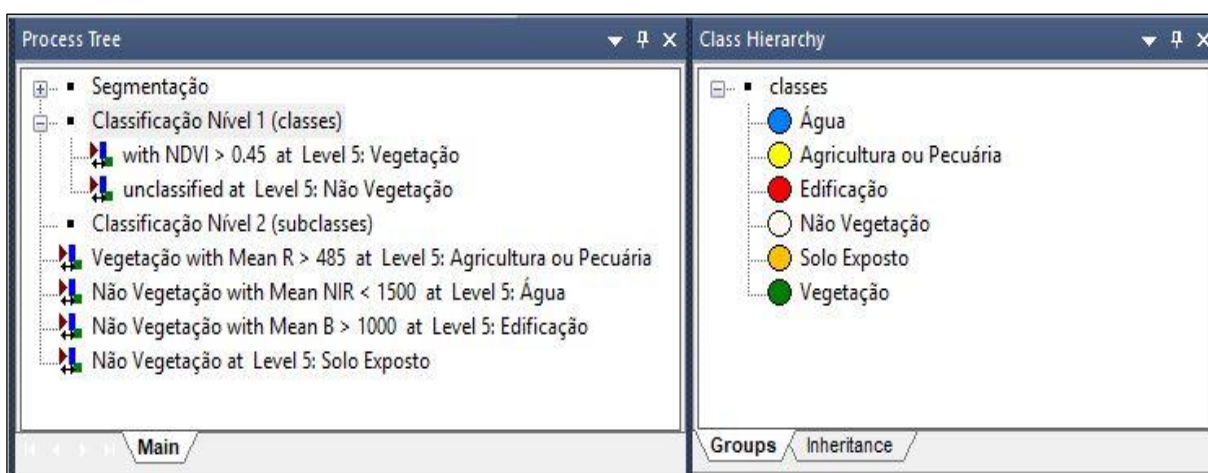


Figura 5 - Árvore de processos mostrando a classificação em dois níveis utilizada no eCognition 9.

Novamente, os resultados não foram satisfatórios, pois não foi possível diferenciar adequadamente as subclasses de *Vegetação* como *Cultivo Agrícola* de *Pastagem*, e *Floresta Nativa* de *Floresta Exótica*. Como solução, optou-se por agrupar as classes *Cultivo Agrícola* e *Pastagem* em uma única classe, que foi renomeada como *Agricultura ou Pecuária*. A classe *Vegetação* foi mantida para que suas subclasses (*Floresta Nativa* e *Floresta Exótica*) fossem classificadas posteriormente no *ArcMap*.

Para avaliar a classificação semiautomática do *eCognition*, foi utilizada a ferramenta *Accuracy Assessment* do próprio software para comparar a classificação com as amostras coletadas. Em seguida, toda a classificação foi exportada para o







formato shapefile através da ferramenta *Export Results*, possibilitando os subsequentes processos de correção, classificação final e mapeamento digital.

4.3.2 Processamentos no ArcGIS

Primeiramente o dado da classificação foi recortado pelos limites das APPs com a ferramenta *Clip*, e os corpos d'água foram apagados com a ferramenta *Erase* com o shapefile de corpos d'água, gerando a classificação somente nos buffers da APPs. Em seguida, foram iniciadas as tarefas de verificação, correção e complementação da classificação de forma manual, utilizando a função *Field Calculator* da tabela de atributos, onde a classe *Vegetação* foi toda nomeada para a de *Floresta Nativa*. Em seguida, criou-se a classe *Floresta Exótica*, sendo sua classificação realizada por método de interpretação visual da imagem PlanetScope na composição RGB 412 (NIR, B e G). Nesta interpretação foram usadas como dado auxiliar as imagens GeoEye de 2018, disponíveis no Google Earth Pro.

Foram identificadas seis grandes classes de cobertura e uso da terra na área de estudo: Agricultura ou pecuária; Corpo d'água; Edificação; Floresta exótica; Floresta nativa; e Solo exposto. As características principais e os elementos de leitura de imagens usados na identificação de cada uma dessas classes nas imagens PlanetScope estão descritos na Tabela 2.

Tabela 1 - Chave de leitura das classes de cobertura e uso da terra.

Classe	PlanetScope RGB321	Descrição	Elementos de leitura de imagens
Agricultura ou Pecuária		Corresponde a todas as terras cultivadas, sendo estas de lavouras permanentes (ameixa, bergamota, caqui, laranja, pêsego e uva) e temporárias. Abrange também todas as áreas de pastagens naturais e cultivadas, destinadas em sua maioria ao pastoreio do gado e/ou para produção de leite e para o abate.	Cor: verde e marrom; Textura: fina à aveludada; Tom: médio a claro; Forma: retangular; Tamanho: pequeno, médio ou grande
Água		Corresponde a todos os alvos aquosos, incluindo rios, lagos e açudes.	Cor: marrom, azul ou ciano; Textura: lisa; Tom: médio a claro; Forma geometria arredondada irregular; Tamanho: pequeno, médio e grande
Edificação		Edificações da zona urbana e rural.	Cor: branco ou tons de cinza Textura: lisa; Tom: claro; Forma: retangular; Tamanho: pequeno;
Floresta Exótica		Áreas com espécies exóticas plantadas, como acácias, eucaliptos e pinus, com finalidade de venda para a indústria, matéria prima de estrutura de lavouras e pastagens, ou para uso familiar.	Cor: verde escuro ou amarelado Textura: rugosa; Tom: médio a escuro; Forma retangular; Tamanho: pequeno e médio.
Floresta Nativa		Esta classe se refere a cobertura vegetal arbórea natural que não foi desmatada, com características da região fitoecológica da Floresta Ombrófila Mista nos topos dos morros com alguns resquícios de matas de araucárias e da Floresta Estacional Decidua nas vertentes dos vales.	Cor: verde; Textura: rugosa; Tom: médio a escuro; Forma, tamanho e distribuição irregulares.
Solo Exposto		Áreas desprovidas de cobertura vegetal, onde o solo se apresenta exposto por causa natural ou antrópica. Apresenta grande variabilidade anual, principalmente por abranger áreas de cultivos agrícolas em que a terra foi arada ou que estão em pousio. Refere-se também às estradas pavimentadas e não pavimentadas, como também às rochas expostas, que apresentam reflectância semelhante, devido à similar composição mineralógica.	Cor: avermelhado; Textura: fina ou mosqueada; Tom: médio a claro; Forma com geometria retangular ou irregular. Tamanho: pequeno, médio e grande.

Para identificar e quantificar os conflitos de uso da terra, foi executado um cruzamento de dados do tipo booleano com o operador “AND” na tabela de atributos do dado de classificação da cobertura e uso da terra nas APPs, onde foi criada uma coluna do tipo *string* chamada “*Conflito*” em que foram adicionadas as variáveis “*Sim*” ou “*Não*” para cada classe, como descrito na Tabela 3.

Tabela 2 – Classes de conflito de uso da terra nas APPs

Classe	Conflito
Agricultura ou Pecuária	Sim
Edificação	Sim
Floresta Exótica	Sim
Floresta Nativa	Não
Solo Exposto	Sim

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Mapeamento das APPs

A Figura 6 apresenta o mapa das classes de APPs de Pinto Bandeira, onde a área total destas, soma 17,36 km², cerca de 16,47% da área total de Pinto Bandeira (105,4 km²). Não foram identificados APPs de topo de morro, por estas não atenderem às exigências de inclinação média maior do que 25° nos terços superiores dos morros em relação aos pontos de sela mais próximos.

Ficou evidente a predominância das APPs de curso d’água, conforme descrito na Tabela 3. A predominância desta classe de APP pode ser explicada pela rede hidrográfica densa com padrão dendrítico, como também pela geomorfologia em forma de vales, oriundos da ação erosiva da hidrografia sobre os derrames basálticos na área de estudo.

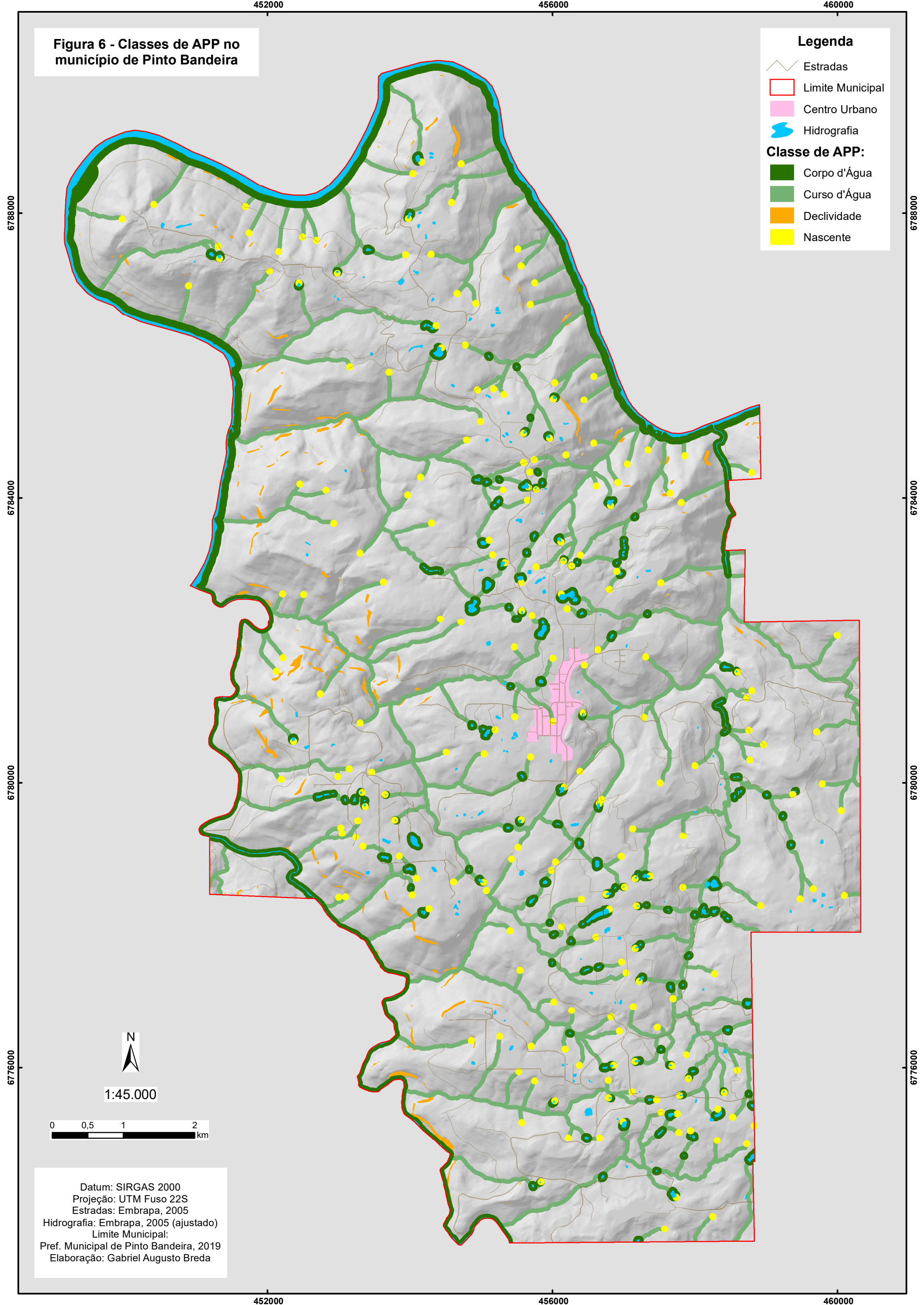
Figura 6 - Classes de APP no município de Pinto Bandeira

Legenda

- Estradas
- Limite Municipal
- Centro Urbano
- Hidrografia

Classe de APP:

- Corpo d'Água
- Curso d'Água
- Declividade
- Nascente



N
1:45.000

0 0,5 1 2 km

Datum: SIRGAS 2000
Projeção: UTM Fuso 22S
Estradas: Embrapa, 2005
Hidrografia: Embrapa, 2005 (ajustado)
Limite Municipal:
Pref. Municipal de Pinto Bandeira, 2019
Elaboração: Gabriel Augusto Breda

452000

456000

460000

6788000

6784000

6780000

6776000

6788000

6784000

6780000

6776000

Tabela 3 - Classes de APP na área de estudo

APP (classe)	Área (km ²)	% da Área
Corpo d'Água	5,54	31,89
Curso d'Água	9,54	54,97
Declividade	0,64	3,68
Nascente	1,64	9,46
TOTAL	17,36	100,00

5.2 Resultados Obtidos na Classificação

O resultado de acurácia da classificação semiautomática para a área de todo o município no *eCognition* (Figura 7), foi considerado satisfatório, pois apresentou acurácia global de 91,46% e índice *Kappa* de 85,5%, onde valores acima de 80% indicam uma classificação excelente (LANDIS & KOCH, 1977). Porém, necessitou-se aprimorar a classificação manualmente no *ArcMap* através de interpretação visual, para que o resultado ficasse mais condizente com a realidade.

User Class \ Sample	Agricultura ou Pecuária	Água	Solo Exposto	Edificação	Vegetação	Sum
Confusion Matrix						
Agricultura ou Pecuária	934	2	2	1	0	939
Água	0	94	0	3	0	97
Solo Exposto	62	7	44	11	0	124
Edificação	9	3	0	189	0	201
Vegetação	28	11	0	0	228	267
unclassified	0	0	0	0	0	0
Sum	1033	117	46	204	228	
Accuracy						
Producer	0.9041626	0.8034188	0.9565217	0.9264706	1	
User	0.9946752	0.969	0.3548387	0.9402985	0.854	
Hellden	0.9472617	0.8785047	0.5176471	0.9333333	0.9212121	
Short	0.8998073	0.7833333	0.3492063	0.875	0.854	
KIA Per Class	0.7735512	0.791	0.953	0.9161136	1	
Totals						
Overall Accuracy	0.9146192					
KIA	0.855					

Figura 7 - Matriz de erro da classificação automática no eCognition 9.

No *ArcMap*, após os processos de recorte, ajuste e classificação manual, foi calculada uma nova matriz de erro, considerando somente as classes de cobertura e uso da terra nas APPs (Tabela 5). Primeiramente foram gerados 300 pontos de amostras aleatórias a partir do dado raster de cobertura e uso nas APPs, por meio da ferramenta *Create Accuracy Assessment Points*. Após, a verdade terrestre da classe de cada um desses 300 pontos foi informada no banco de dados e, por meio da ferramenta *Compute Confusion Matrix*, foi calculada a matriz de erro. A classificação teve uma acurácia global de 85,33%, com valor de índice Kappa igual a 81,67%, que indica um resultado excelente do mapa da cobertura e uso da terra produzido a partir deste estudo.

Tabela 4 - Acurácia da classificação final de cobertura e uso da terra nas APPs.

Classe	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	Checkpoints	Acurácia do usuário	Kappa
C_1 - Agricultura ou Pecuária	49	0	1	9	1	60	81,67%	
C_2 - Edificação	0	56	0	0	4	60	93,33%	
C_3 - Floresta Exótica	0	0	60	0	0	60	100,00%	
C_4 - Floresta Nativa	4	0	0	56	0	60	93,33%	
C_5 - Solo Exposto	19	6	0	0	35	60	58,33%	
Total classificado	72	62	61	65	40	300		
Acurácia do produtor	68,06%	90,32%	98,36%	86,15%	87,50%		85,33%	
Kappa								81,67%

5.3 Cobertura e Uso da Terra nas APPs

Após a exportação dos dados raster para shapefile no *eCognition* e a edição desses dados vetoriais no *ArcMap*, foram gerados um mapa de cobertura e uso da terra das APPs de Pinto Bandeira (Figura 8) e a quantificação das áreas de cada classe (Tabela 6). Cabe ressaltar que neste mapeamento e quantificação da cobertura e uso da terra nas APPs não foi considerada a classe Água, devido à mesma ser uma condicionante de APPs.

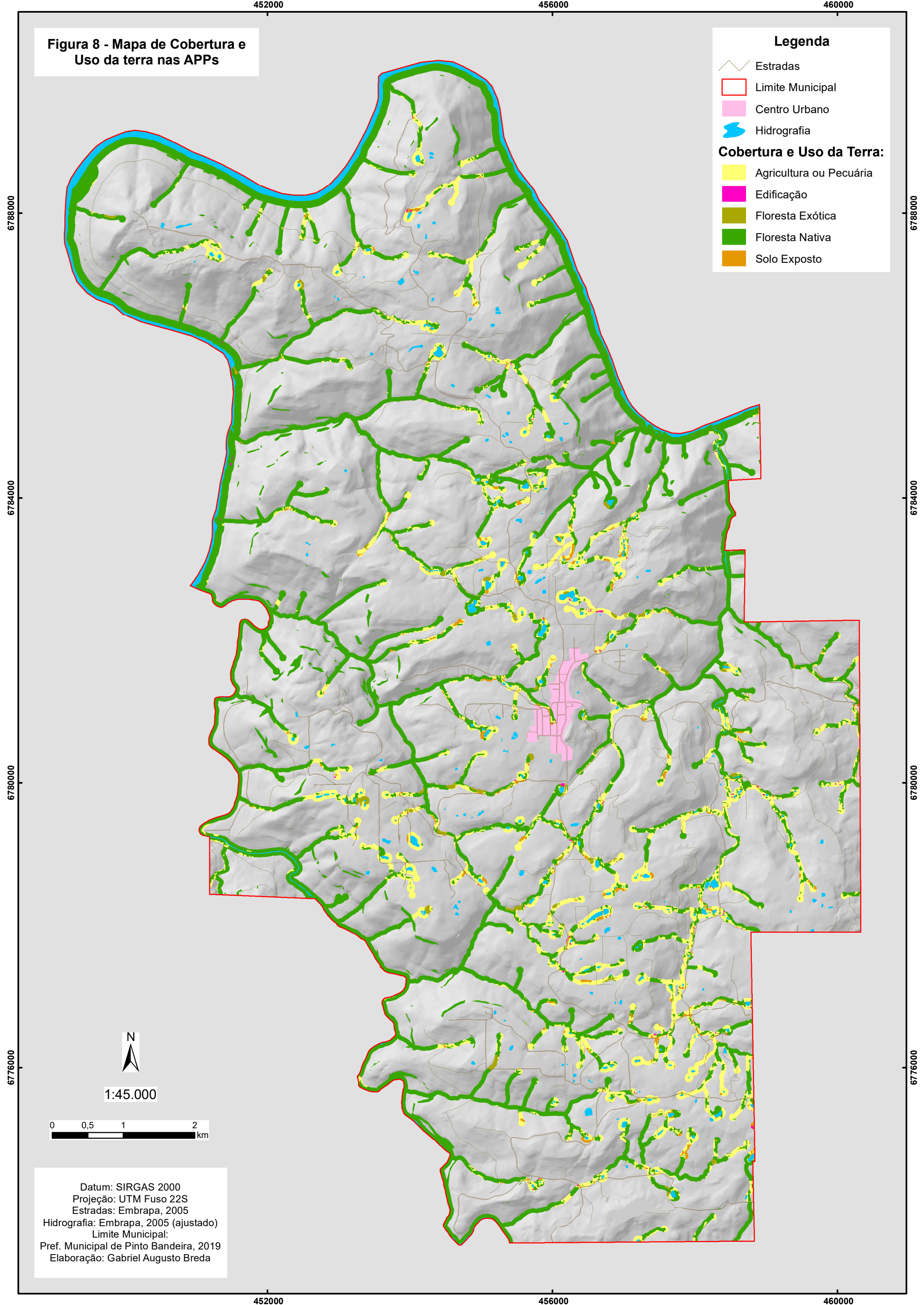
Figura 8 - Mapa de Cobertura e Uso da terra nas APPs

Legenda

- Estradas
- Limite Municipal
- Centro Urbano
- Hidrografia

Cobertura e Uso da Terra:

- Agricultura ou Pecuária
- Edificação
- Floresta Exótica
- Floresta Nativa
- Solo Exposto



1:45.000



Datum: SIRGAS 2000
Projeção: UTM Fuso 22S
Estradas: Embrapa, 2005
Hidrografia: Embrapa, 2005 (ajustado)
Limite Municipal:
Pref. Municipal de Pinto Bandeira, 2019
Elaboração: Gabriel Augusto Breda

Tabela 5 - Área das classes de cobertura e uso da terra e percentual em relação à área total de APPs

Classe	Área (km ²)	% de Área
Agricultura ou Pecuária	4,54	26,18
Edificações	0,03	0,18
Floresta Exótica	0,19	1,15
Floresta Nativa	12,21	70,40
Solo Exposto	0,39	2,09
TOTAL	17,36	100,00

A classe predominante nas APPs de Pinto Bandeira foi a de *Floresta Nativa*, destacando-se também a classe de *Agricultura ou Pecuária*, que representou cerca de 26% dessa área (Tabela 6), sendo caracterizada principalmente por áreas de pastagens e cultivos permanentes, que incluem ameixa, bergamota, laranja, pêssigo e uva, onde as videiras são cultivadas por condução espaldeira e latada, tanto nas porções mais planas do relevo como também nas encostas com considerável declividade. Fica evidente também, a concentração mais intensa de cultivos agrícolas nas porções mais planas do município, principalmente na região Sudeste, que apresenta maiores altitudes que chegam a ultrapassar os 700 metros.

Dentre as classes mapeadas, a de *Solo Exposto* pode ser considerada a mais controversa, pois esta abrange áreas em que há realmente solo natural exposto ou mesmo afloramentos rochosos. Essa classe pode variar bastante, de acordo com a época do ano, já que também pode representar áreas de cultivo agrícola temporários, nos quais não há presença de vegetação em determinados períodos, quando a terra se encontra arada ou em pousio. Foram consideradas nesta classe também as estradas pavimentadas e não pavimentadas, que apresentam reflectância espectral semelhante. Como consequência, algumas edificações com telhados de composição argilosa acabaram sendo classificadas como de solo exposto, já que não podem ser distinguidas adequadamente devido ao seu similar comportamento espectral.

5.4 Conflitos de Uso da Terra nas APPs

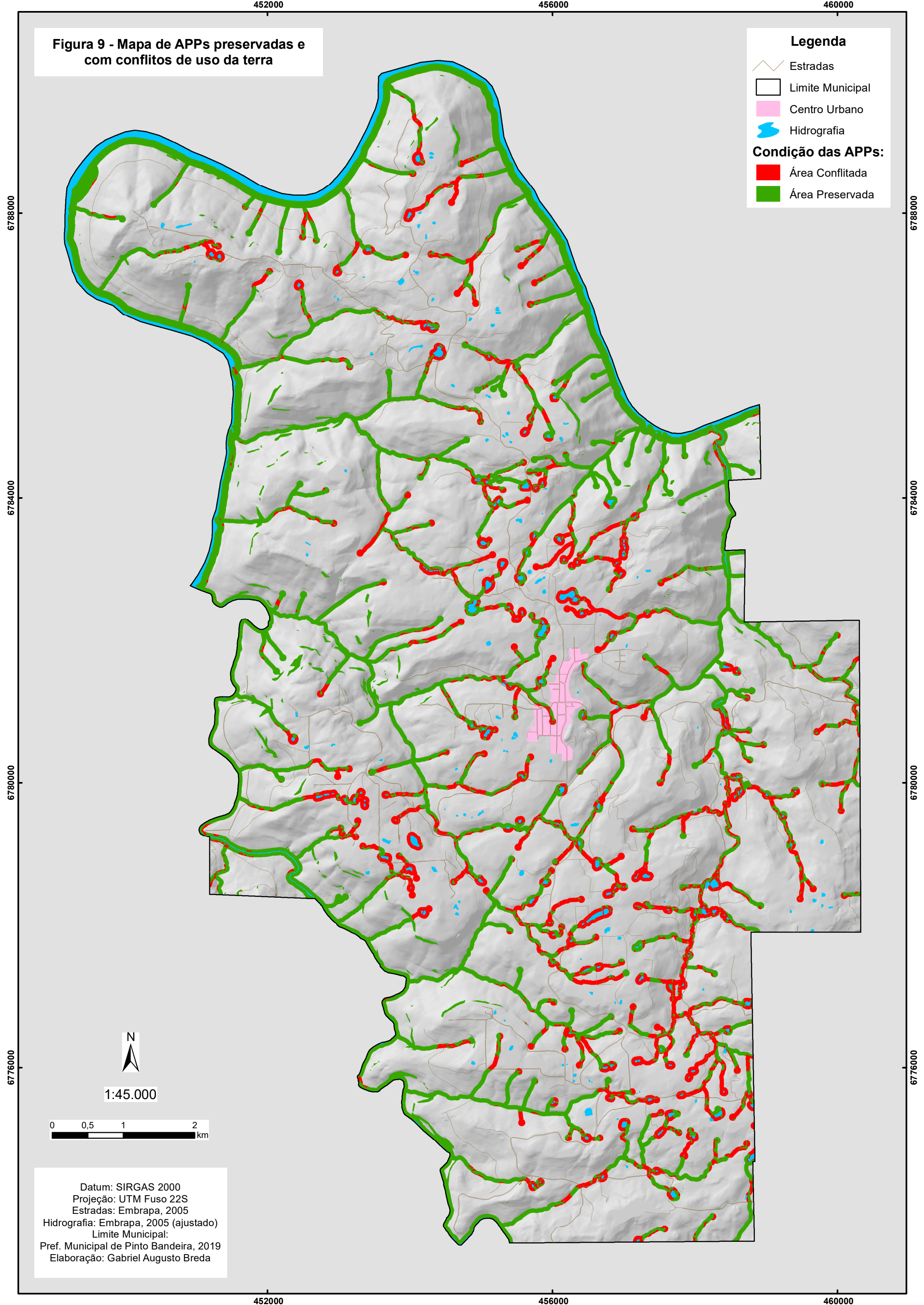
Figura 9 - Mapa de APPs preservadas e com conflitos de uso da terra

Legenda

- Estradas
- Limite Municipal
- Centro Urbano
- Hidrografia

Condição das APPs:

- Área Conflitada
- Área Preservada



N
1:45.000

0 0,5 1 2 km

Datum: SIRGAS 2000
Projeção: UTM Fuso 22S
Estradas: Embrapa, 2005
Hidrografia: Embrapa, 2005 (ajustado)
Limite Municipal:
Pref. Municipal de Pinto Bandeira, 2019
Elaboração: Gabriel Augusto Breda

452000 456000 460000 6776000 6780000 6784000 6788000

Tabela 6 - Área total e percentual de conflitos de uso da terra nas APPs

Classe	Área (km²)	% de Conflito nas APPs
Agricultura ou Pecuária	4,54	26,18
Edificações	0,03	0,18
Floresta Exótica	0,19	1,15
Solo Exposto	0,39	2,09
TOTAL Conflitivo	5,15	29,60

O resultado do mapa temático (Figura 9) e das quantificações de área (Tabela 7), demonstra que as APPs do município de Pinto Bandeira estão cerca de 70% preservadas, onde a classe de *Agricultura e Pecuária* é a com maior conflito de uso da terra, com 26,18% da área total de APPs no município, seguida pelas classes de *Solo Exposto* (2,09%), *Floresta Exótica* (1,15%) e *Edificações* (0,18%).

As tabelas abaixo descrevem a área e percentual da área de conflito de uso da terra por classe de APP.

Tabela 7 - Área total e percentual de conflito de uso da terra em APPs de nascente

Classe	Área (km²)	%
Agricultura ou Pecuária	0,8140	90,54
Edificação	0,0058	0,64
Floresta Exótica	0,0193	2,15
Solo Exposto	0,0600	6,67
TOTAL	0,8990	100,00

Tabela 8 - Área total e percentual de conflito de uso da terra em APPs de cursos d'água

Classe	Área (km²)	%
Agricultura ou Pecuária	2,3292	87,80
Edificação	0,0123	0,46
Floresta Exótica	0,1285	4,85
Solo Exposto	0,1829	6,89
TOTAL	2,6529	100,00

Tabela 9 - Área total e percentual de conflitos de uso da terra em APPs de corpos d'água

Classe	Área (km ²)	%
Agricultura ou Pecuária	1,4018	88,45
Edificação	0,0137	0,86
Floresta Exótica	0,0509	3,21
Solo Exposto	0,1185	7,48
TOTAL	1,5849	100,00

Tabela 10 – Condição da APPs com relação a áreas com conflito de uso e preservadas

Classe de APP	Conflito de Uso (km ²)	%	Área Preservada (km ²)	%
Nascente	0,8990	54,89	0,7390	45,11
Curso d'água	2,6529	27,80	6,8904	72,20
Corpo d'água	1,5849	28,63	3,9512	71,37
Declividade	0	0	0,6394	100,00

Conforme a Tabela 11, dentre as classes de APP analisadas, as que apresentaram maior área percentual de conflito de uso foram as de nascentes (54,89%), onde ocorrem em sua maioria a classe agricultura ou pecuária (90,54%) (Tabela 8). Na classe de APPs de declividade não ocorreu qualquer conflito de uso da terra, estando estas 100% preservadas. A Figura 10 mostra um recorte da imagem PlanetScope da região sudeste do município de Pinto Bandeira, onde observou-se maior ocorrência dos conflitos de uso da terra.

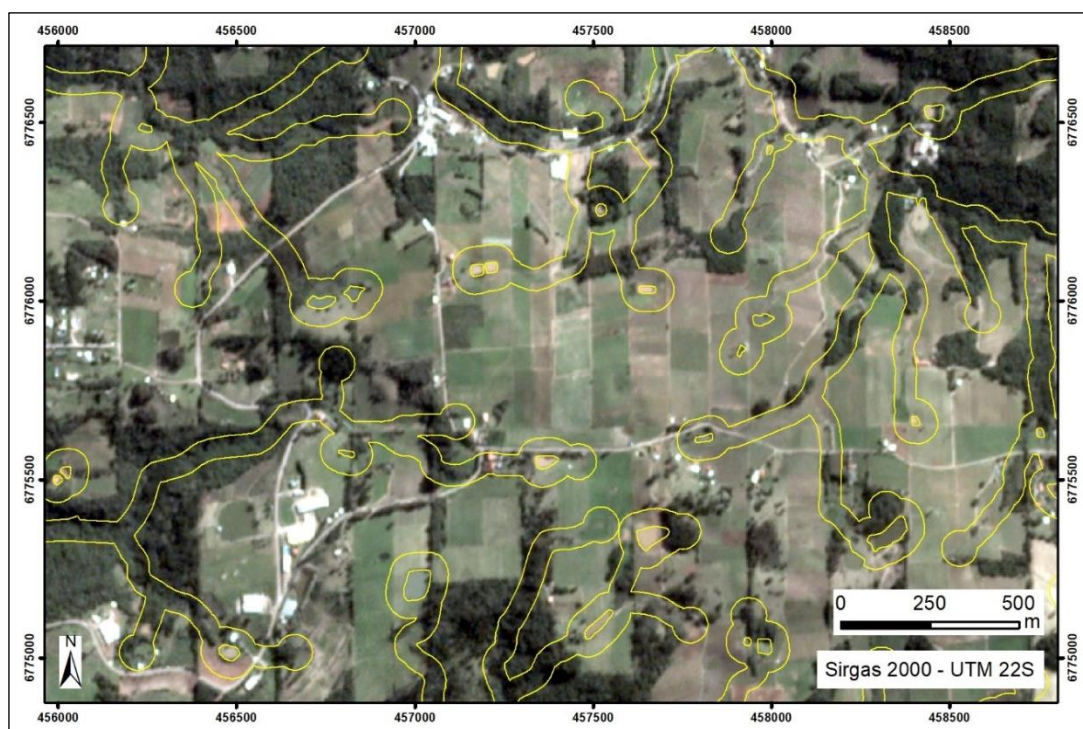


Figura 10 - Detalhe das APPs em porção da região Sudeste de Pinto Bandeira.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da abordagem GEOBIA se mostrou bastante vantajosa neste estudo, principalmente na etapa de segmentação do mosaico de imagens PlanetScope: além de ser mais demorada, a delimitação manual de classes de cobertura e uso da terra seria menos precisa do que a segmentação. O software *eCognition* segmentou uma área de mais de 105 km² em pouco mais de 1 minuto, mostrando-se muito eficiente para aplicação em estudos de grandes áreas e que demandam curto tempo para realização. Esse software também se mostrou bastante robusto, disponibilizando diversas ferramentas que demandam um conhecimento bastante aprofundado. Apesar disto, os resultados da metodologia utilizada se mostraram satisfatórios, porém com consideráveis confusões na classificação de algumas classes, o que acabou por demandar um refinamento da classificação de forma manual, realizada por interpretação visual no *ArcMap*.

A utilização das imagens de nanossatélites PlanetScope com resolução espacial de 3 metros se mostrou satisfatória, considerando o fato de estudos de mesma temática com classificação manual já terem sido realizados com imagens RapidEye, que tem resolução espacial menor (5 m). Sabia-se de antemão, que para realizar o estudo de APPs, a escala de detalhamento exigia uma imagem com resolução espacial submétrica, que possibilitaria ter um resultado mais condizente com a realidade, porém foi descartada devido ao alto custo para obtenção.

Quanto à cobertura e uso nas APPs do município de Pinto Bandeira, pode-se afirmar que o percentual de 70% de área preservada com floresta nativa é bastante aceitável, considerando a forte exploração dos recursos naturais que a encosta Superior do Nordeste do RS sofre desde a chegada dos primeiros imigrantes europeus no começo do século XX. Mas cabe ressaltar que provavelmente isso se deve ao fato de que essas APPs apresentam relevos bastante íngremes em forma de vale, o que dificulta o acesso e também possíveis cultivos agrícolas, principalmente nas APPs de curso d'água e de declividade. Já no caso das APPs de nascente a situação é diferente, onde cerca de 55% de suas áreas apresentaram conflitos de uso,

já que se situam em áreas onde o relevo é mais plano e apresenta maior altitude, possibilitando usos antrópicos diversos, como o caso da agricultura e pecuária.

Vale ressaltar que possivelmente grande parte das áreas com conflito de uso da terra que foram mapeadas e quantificadas neste estudo, tenham sido consolidadas antes do Decreto nº 6.514 de 22 de julho de 2008, onde de acordo com o Artigo 61A do Novo Código Florestal, são autorizadas exclusivamente a continuidade de atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural, considerando o módulo fiscal de cada município, que no caso de Pinto Bandeira é de 12 hectares (INCRA, 2013).

Por fim, espera-se que os resultados deste estudo contribuam como subsídio para o gerenciamento e planos de manejo dos recursos naturais do município de Pinto Bandeira, possibilitando localizar e averiguar a situação das APPs e de suas propriedades rurais, contribuindo também com dados para o Cadastro Ambiental Rural.

7. REFERÊNCIAS

ANTUNES, João Francisco Gonçalves. Aplicação de lógica fuzzy para estimativa de área plantada da cultura de soja utilizando imagens AVHRR-NOAA / João Francisco Gonçalves Antunes. Campinas, SP: [s.n.], 2005. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257216/1/Antunes_JoaoFranciscoGoncalves_M.pdf. Acesso em: maio 2019.

ANTUNES, Dinameres; CONTI, Giuvane; WIGGERS, Kelly L.; RIBEIRO, Selma R. A. Abordagens em GEOBIA e aplicação da técnica em imagem Rapideye de uma área da bacia do rio Pitangui-PR. Anais 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, MS, 22 a 26 de novembro 2014. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.631-640. Disponível em: <https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2014/cd/p101.pdf> Acesso em: maio 2019.

BARROSO, Guilherme; OLIVEIRA, Murilo. Nanossatélites Planet - a realidade do monitoramento contínuo. MUNDOGEO, 2016. Disponível em: <https://mundogeo.com/blog/2016/12/09/artigo-nanossatelites-planet-a-realidade-do-monitoramento-contínuo/> Acesso em: maio 2019.

BENTO, Bruna Maria Pechini. Avaliação de classificadores por árvore de decisão e árvore de regressão em cenas urbanas do sensor Worldview-2 / Bruna Maria Pechini Bento. – São José dos Campos: INPE, 2017. xxiv + 140 p. Disponível em: <http://mtcm21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtcm21b/2016/10.24.18.16/doc/publicacao.pdf> Acesso em: maio 2019.

BIZJOURNALS. Planet Labs buys satellite business that Google bought for \$500M in 2014. Silicon Valley Business Journal, Feb 3, 2017. Disponível em: <https://www.bizjournals.com/sanjose/news/2017/02/03/planet-labs-buys-satellite-business-thatgoogle.html> Acesso em: maio 2019.

BLASCHKE e KUX. Sensoriamento Remoto e SIG Avançados. 2ª edição. São Paulo 2007.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm. Acesso em: março 2019.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm Acesso em: abril 2019.

_____. Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato20072010/2008/decreto/d6514.htm Acesso em: 02 março 2019.

_____. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Novo código florestal brasileiro. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Atos2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm Acesso em: abril 2019.

_____. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Novo código florestal brasileiro. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm Acesso em: março 2019.

_____. CAR, Cadastro Ambiental Rural - Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural. Disponível em: <http://www.car.gov.br/#/sobre> Acesso em: abril 2019.

CLIMATE-DATA. Clima de Pinto Bandeira. 2019. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-grande-do-sul/pinto-bandeira-317346/> Acesso em: maio 2019.

CONAMA. Resolução 302. Dispõe Sobre os Parâmetros, Definições e Limites de Áreas de Preservação Permanente de Reservatórios Artificiais e Regime de Uso no Entorno. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html> Acesso em: março 2019.

_____. Resolução 303. Dispõe Sobre Parâmetros, Definições e Limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>. Acesso em: março 2019.

EMBRAPA. Base cartográfica digital de Pinto Bandeira, compatível com a escala 1:10.000. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. Não publicado.

_____. Satélites de Monitoramento. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. Disponível em: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br> Acesso em: abril 2019.

_____. Indicações Geográficas de Vinhos do Brasil – IP Pinto Bandeira. 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/uva-e-vinho/indicacoes-geograficas-de-vinhos-do-brasil/ig-registrada/ip-pinto-bandeira> Acesso em: junho 2019.

FARIAS, Talden Queiroz. Evolução histórica da legislação ambiental. In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, X, n. 39, mar 2007. Disponível em: http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=3845. Acesso em: abril 2019.

FERRARI, Jéferson Luiz; SANTOS, Alexandre Rosa dos; GARCIA, Ricardo Ferreira; AMARAL, Atanásio Alves do; PEREIRA, Lucas Rosa. Análise de Conflito de Uso e Cobertura da Terra em APPs do IFES – Campus de Alegre, Município de Alegre, ES. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/floram/v22n3/2179-8087-floram-22-3-307.pdf> Acesso em: abril 2019.

GREEN, Mike. Small Spacecraft Technology. NASA, 2012. Disponível em: https://www.nasa.gov/offices/oct/crosscutting_capability/edison/smallsat_tech.html Acesso em: abril 2019.

HOFF, R.; MELLO, L. M. R. de; FARIAS, A. R.; PITHAN, P. A.; BITTENCOURT, A. S.; PAULETTO, H. Caracterização da geomorfologia da viticultura na área geográfica delimitada da indicação de procedência Pinto Bandeira. Bento Gonçalves, RS: Embrapa Uva e Vinho, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/136837/1/CapituloIII-Geomorfologia-Viticultura-PintoBandeira.pdf> Acesso em: abril 2019.

IBGE. Mapeamento de Recursos Naturais do Brasil Escala 1:250.000 - Geologia. 2018. Disponível em: https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm Acesso em: abril 2019.

_____. O Brasil em Síntese - Panorama de Pinto Bandeira. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/pinto-bandeira/panorama> Acesso: maio 2019.

INCRA, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Incra define módulos fiscais de seis novos municípios brasileiros. 2013. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/incra-define-modulos-fiscais-de-seis-novos-municipios-brasileiros> Acesso: abril 2019.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Apostila de Sensoriamento Remoto. 2006. Disponível em: <http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm> Acesso em: março 2019.

JENSEN, John R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma Perspectiva em Recursos Terrestres. 2. ed. São José dos Campos, Sp: Parêntese, 2011. 598 p. Tradução: José Carlos Neves Epiphanyo (coordenador) *et al.*

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for category data. *Biometrics*, 33(1), p.159-174. 1977.

LONGLEY, P. A. ... [*et al.*]; *Sistemas e Ciência da informação Geográfica*. [tradução: André Shineider... *et al.*]; revisão técnica: Heinrich Hasenack, Eliseu José Weber. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MACHADO, Carolyne Bueno; NEVES, Alana Kasahara. Delimitação de Áreas de Preservação Permanente das sub-bacias do Reservatório Jaguari-jacareí, Sistema Cantareira (SP) - classificação e identificação de conflito na cobertura da terra. INPE, 2013. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2017. Disponível em: https://proceedings.science/proceedings/59/_papers/59644/download/abstract_file1?lang=pt-b Acesso em: maio 2019.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito Ambiental Brasileiro - 21ª edição*. 2013.

MACHADO, Frederico; FERES, Yuri; ADRIEN, João. Validação do CAR: realidade e desafios. WWF, 2017. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?61082/Validao-do-CAR-realidade-e-desafios> Acesso em: maio 2019.

MENEZES, Marcelo Murilo Wirth. Mapeamento e Análise da Qualidade Ambiental das APPs da Microbacia Hidrográfica do Arroio São Lourenço, RS. Porto Alegre IGEO/UFRGS, 2016.

MILARÉ, Edis. Direito do ambiente. 3ª ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2004, p. 132.

OLIVEIRA, Guilherme de Castro; FERNANDES FILHO, Elpidio Inacio. AUTOMATED MAPPING OF PERMANENT PRESERVATION AREAS ON HILLTOPS. CERNE, Lavras, v. 22, n. 1, p. 111-120, Mar. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cerne/v22n1/2317-6342-cerne-22-01-00111.pdf> Acesso em: abril 2019.

PLANET, Planet Team. Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth (2017) San Francisco, CA. Disponível em: <https://api.planet.com> Acesso em: junho 2019.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. Revista do Departamento de Geografia da USP, São Paulo, nº 16 (2005), 81-90.

SILVA, Laís Coelho do Nascimento; BACANI, Vitor Matheus. (2017). Classificação orientada a objeto (GEOBIA) aplicada à análise das alterações do uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio da Prata em Jardim e Bonito - MS. GEOGRAFIA (Londrina). 26. 05. 10.5433/2447-1747.2017v26n1p05. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/30049/21230> Acesso em: maio 2019.

SSCON, Santiago e Cintra Consultoria. Representante Oficial Planet Labs no Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.ssccon.com.br/produtos/imagens-planet/> Acesso em: abril 2019.

TRIMBLE. eCognition Reference Book. Software Version 9. 2014.

UFSM, Universidade Federal de Santa Maria. Unidade Farroupilha. Museu de Solos do RS. 2019. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/msrs/index.php/explore/solos/191-unidade-farroupilha>. Acesso em: maio 2019.

VIEL, J. A.; FARIAS, A. R.; HOFF, R. A gestão ambiental na pequena propriedade rural sob as bases do "Novo Código Florestal Brasileiro", um estudo de caso em Monte Belo do Sul, RS, Brasil. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUANDOS DA EMBRAPA UVA E VINHO, 7.; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2013. P. 48. Resumo. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/97478/1/viel-Resumos-IC-2013.pdf> Acesso em: abril 2019

ANEXOS

ANEXO I

Como descrito no artigo 4º do Novo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), consideram-se APPs em meio rural ou urbano:

I - As faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - As áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

*No caso de lagos ou lagoas naturais com superfície inferior a 1,0 ha, a Área de Preservação Permanente é dispensada, no entanto é vedada a supressão da vegetação nativa existente.

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - As encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - As restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - Os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - As bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - No topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - As áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - Em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

ANEXO II

Segundo o artigo 6º do Novo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), consideram-se também Áreas de Preservação Permanente, quando declaradas de interesse social por ato do Chefe do Poder Executivo, as áreas cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades:

I - Conter a erosão do solo e mitigar riscos de enchentes e deslizamentos de terra e de rocha;

II - Proteger as restingas ou veredas;

III - proteger várzeas;

IV - Abrigar exemplares da fauna ou da flora ameaçados de extinção;

V - Proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico, cultural ou histórico;

VI - Formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;

VII - Assegurar condições de bem-estar público;

VIII - Auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares;

IX - Proteger áreas úmidas, especialmente as de importância internacional.

ANEXO III

Conforme o Novo Código Florestal (Art. 61-A), nas APPs situadas em áreas rurais consolidadas anteriormente à sanção do Decreto nº 6.514/2008, é autorizada, exclusivamente, a continuidade de atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural, porém considerando o módulo fiscal de cada município, com as seguintes exigências:

§ 1º Para os imóveis rurais com área de até 1 (um) módulo fiscal 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 5 (cinco) metros, contados da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água.

§ 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.

§ 3º Para os imóveis rurais com área superior a 2 (dois) módulos fiscais e de até 4 (quatro) 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 15 (quinze) metros, contados da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água.

§ 4º Para os imóveis rurais com área superior a 4 (quatro) 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:

I - (VETADO); e

II - Nos demais casos, conforme determinação do PRA, observado o mínimo de 20 (vinte) e o máximo de 100 (cem) metros, contados da borda da calha do leito regular.

§ 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.

§ 6º Para os imóveis rurais que possuam áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente no entorno de lagos e lagoas naturais, será admitida a manutenção de atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo ou de turismo rural, sendo obrigatória a recomposição de faixa marginal com largura mínima de:

I - 5 (cinco) metros, para imóveis rurais com área de até 1 (um) módulo fiscal;

II - 8 (oito) metros, para imóveis rurais com área superior a 1 (um) módulo fiscal e de até 2 (dois) módulos fiscais;

III - 15 (quinze) metros, para imóveis rurais com área superior a 2 (dois) módulos fiscais e de até 4 (quatro) módulos fiscais; e

IV - 30 (trinta) metros, para imóveis rurais com área superior a 4 (quatro) módulos fiscais.