



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



Determinação e Análise de Áreas de Proteção Permanente Para Rios de Médio e Grande Porte Utilizando Imagens RapidEye, Segundo Novo Código Florestal Brasileiro

RELATÓRIO DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

(PIBIC/CNPq/INPE)

Período de Julho de 2016 à Julho de 2017

Danielle Silva de Paula (UNITAU, Bolsista PIBIC/CNPq)

E-mail: danielle.paula@inpe.br

Dra Jussara de Oliveira Ortiz (DPI/INPE, Orientador)

E-mail: jussara@dpi.inpe.br

Dr. Sérgio Rosim (DPI/INPE, Colaborador)

Dr Laércio M. Namikawa (DPI/INPE, Colaborador)

São José dos Campos

Julho 2017

RESUMO

Este trabalho teve como principal objetivo o desenvolvimento de uma metodologia para determinação e classificação de uso e ocupação do solo em Áreas de Proteção Permanente (APP), seguindo o código florestal vigente. A metodologia do trabalho foi executada através de procedimentos de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto desenvolvidos na Divisão de Processamento de Imagens- DPI-INPE. Para a aplicação da metodologia foi selecionada a cena 2328411 da constelação de satélites RapidEye de alta resolução (5 metros) do ano de 2012, que abrange uma área da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, onde se localiza a cidade de São José dos Campos. Após a escolha do objeto de estudo foi realizada a extração automatizada da drenagem, partindo da imagem, utilizando método desenvolvido por Namikawa (2016). A determinação das APPs foi efetuada através do software EXAPP (DPI/INPE) na plataforma TerraHidro (ROSIM, S.). No processo de determinação da APP foi possível constatar que é de extrema importância considerar as macrófitas no entorno do rio. A edição para separar as macrófitas demonstrou uma diferença de 31.4% no leito do rio. O resultado da determinação das macrófitas mostrou que antes da edição, a APP correspondia a 12.551km² e depois passou a 15.292km², demonstrando uma diferença de 2.741 km², o que representa 17.9% de aumento de área. Fica assim, evidenciada a importância de considerar as vegetações flutuantes no processo de determinação de APPs. Após determinação correta do leito do rio e da APP foi efetuada a classificação do uso e ocupação do solo dentro da APP. Uma propriedade no entorno ao rio, disponibilizada pelo Cadastro Ambiental Rural-CAR, foi considerada para a avaliação da aplicação do código florestal na área. Os resultados mostraram que a propriedade foi declarada corretamente, mas que existe ocupação dentro da APP, desrespeitando a preservação definida pelo Código Florestal atual.

ABSTRACT

This work had as main objective the development of a methodology for the determination and classification of land use and occupation in Permanent Protection Areas (APP), following the current forest code. The methodology of the work for the execution through procedures of Geoprocessing and Remote Sensing developed in the Division of Image Processing - DPI-INPE. For the application of the methodology was selected the scene 2328411 of the high resolution (5 meters) RapidEye satellite constellation of the year 2012, which covers an area of the Paraíba do Sul River Basin, where it is located the city of São José dos Campos. After a choice of the object of study, an automated drainage extraction was performed, from the image, using the method developed by Namikawa (2016). The determination PPA was made using EXAPP software (DPI / INPE) on the TerraHidro platform (ROSIM, S.). In the process of determining the APP it was possible to verify that it is extremely important to consider the macrophytes around the river. The edition to separate the macrophytes showed a difference of 31.4% in the bed of the river. The result of the determination of the macrophytes showed that before the edition, the APP corresponded to 12,551 km² and then passed to 15,292 km², showing a difference of 2,741 km², which represents a 17.9% increase in the area. Thus, the importance of considering as floating vegetation in the process of determining APPs is evidenced. After the correct determination of the riverbed and the APP, classification of the land use and occupation within the APP was carried out. Was considered a property at the margin of the river, made available by the Rural Environmental Register-CAR, for the evaluation of the application of the forest code in the area. The results showed that the property was declared correctly, but that there is occupation within the APP, disrespecting the preservation defined by the current Forest Code.

Sumário

1- INTRODUÇÃO	5
1.1-Descrição da área de estudo.....	6
2-REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1- Bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.....	8
2.2- Áreas de Proteção Permanente (APP).....	9
2.3- Sistema de informação geográfica (SIG).....	10
2.4 - Sistemas de Processamento de Imagens Georreferenciadas – SPRING.....	11
2.5 – TerraHidro.....	12
2.6 – Transformações de RGB para IHS.....	12
3-DESENVOLVIMENTO	14
3.1-Processos de extração do leito do rio e correção manual.....	15
3.2-Determinação da APP.....	21
3.3-Classificação do uso e ocupação do solo.....	23
3.4-Análise dos resultados.....	27
4-CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
5-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1-INTRODUÇÃO

A discussão sobre a escassez da água na região sudeste tem sido cada vez maior, devido à diminuição dos níveis dos reservatórios, Cantareira e o Alto Tietê, localizados no estado de São Paulo.

Nesse cenário a bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul é de extrema importância para o abastecimento hídrico dos estados pelos quais ele passa, sendo eles grandes polos industriais e populacionais do país. Sua nascente, resultado da fusão dos rios Paraíba e Paraitinga, interior paulista, passa pelo estado de Minas Gerais e desagua no Oceano Atlântico (RJ), sendo, também, o principal manancial de abastecimento do Estado do Rio de Janeiro.

Atualmente o Rio Paraíba é o foco de diversos estudos, pois como percorre grandes cidades e vem sofrendo constantes ações antrópicas que estão acelerando sua degradação. Na região do vale, por exemplo, o cultivo de café, arroz e eucalipto tem se tornado cada vez mais intenso. Segundo Souza Jr, Daniel I. (2010) “Nas últimas décadas houve um aumento substancial no abastecimento de água da população urbana situada na Bacia do Paraíba do Sul. Devido a esse aumento por recursos hídricos causados pela expansão demográfica na região da bacia, as prefeituras locais e seus serviços autônomos, bem como as empresas estaduais de saneamento, procuraram atender a esse aumento de demanda através do acréscimo do fornecimento de água de um modo quase que automático, sem a mesma contrapartida em relação ao esgotamento sanitário”.

A partir deste contexto é possível avaliar a importância da preservação das APPs, delimitando estas áreas que são limites de proteção absoluta nas margens dos rios e efetuando o monitoramento constante. A Manutenção preventiva destas áreas garante as condições necessárias para preservação hídrica, para o equilíbrio geológico, ecológico e para a qualidade de vida dos seres vivos.

Para auxiliar ações na bacia do Rio Paraíba do Sul, esta pesquisa tem como principal objetivo o desenvolvimento de uma metodologia para a determinação e avaliação das APPs, ao redor de rios de médio e grande porte, observando o código florestal brasileiro

vigente (lei nº 12.651/ 12, Art. 3 Parágrafo II). Para tanto, se propõe o uso de imagens do satélite RapidEye, disponibilizadas pelo GeoCatálogo do Ministério do Meio Ambiente que tem disponibilizado imagens multiespectrais para todo o Brasil (MMA, 2016).

Este relatório descreve as atividades realizadas no período de julho de 2016 à Junho de 2017. Estas atividades foram desenvolvidas na Divisão de Processamento de Imagens, DPI/INPE.

1.1-Descrição da área de estudo

A área de trabalho corresponde a uma cena do satélite RapidEye, que tem o Rio Paraíba do Sul como objeto principal de estudo, localizada dentro dos limites municipais de São José dos Campos, interior do estado de São Paulo como pode ser observado na Figura 1.

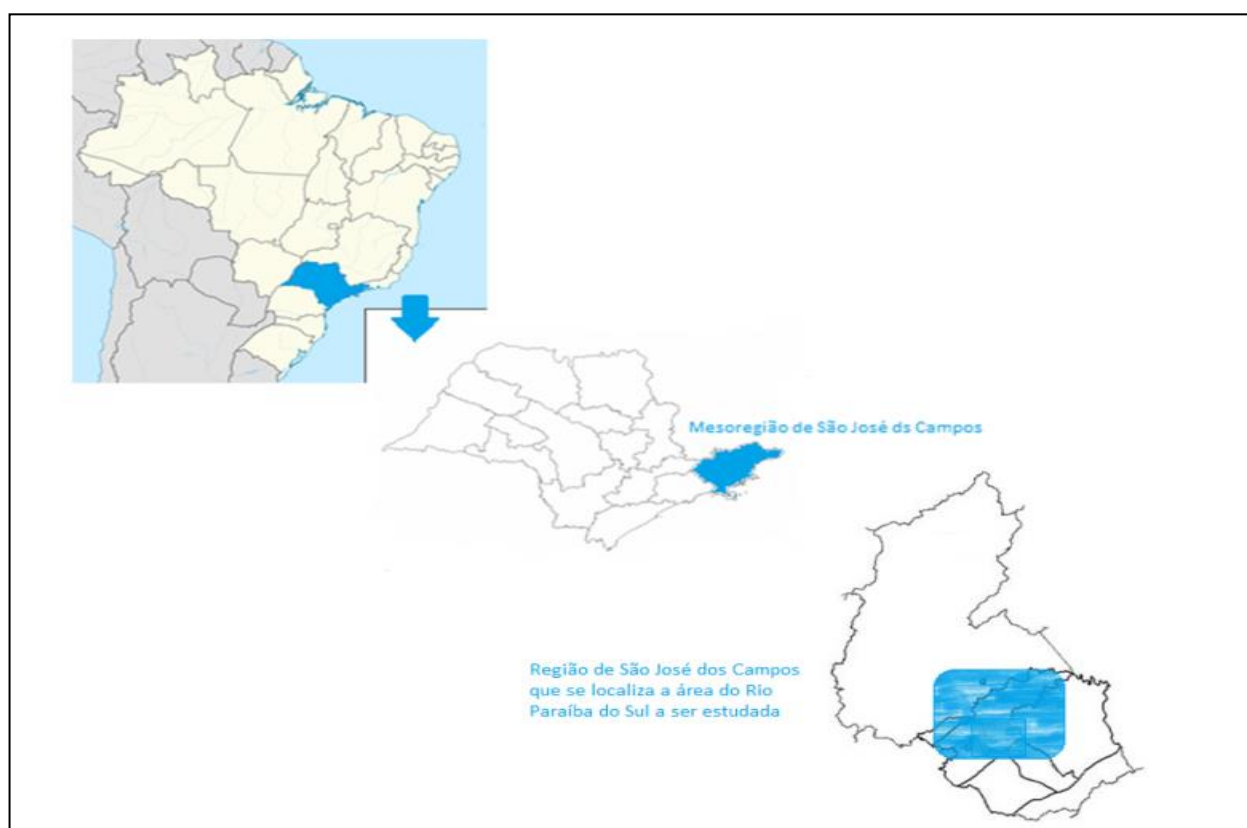


Figura1. Localização da área de estudo: O Rio Paraíba do Sul próximo ao centro da cidade de São José dos Campos.

As cenas da constelação de 5 satélites têm pixel com resolução de 5 metros, com 5 bandas multiespectrais: azul (0.44 à 0.51 μm), verde (0.52 à 0.59 μm), vermelho (0.63 à

0.685 μm), Red-Edge (0.69 à 0.73 μm) e infra vermelho próximo (0.76 à 0.85 μm) (BLACKBRIDGE, 2015). A cena selecionada corresponde à cena 2328411, passagem do dia 03 de julho de 2012, mostrada na Figura 2.

Os limites da APP de estudo no entorno da área selecionada do Rio Paraíba do Sul estão em constantes modificações devido às épocas de chuva e em alguns pontos específicos apresentam uma aproximação urbana e industrial considerável, o que ocasiona, na maioria das vezes, o uso e ocupação do solo de modo indevido nos arredores e dentro das APPs.

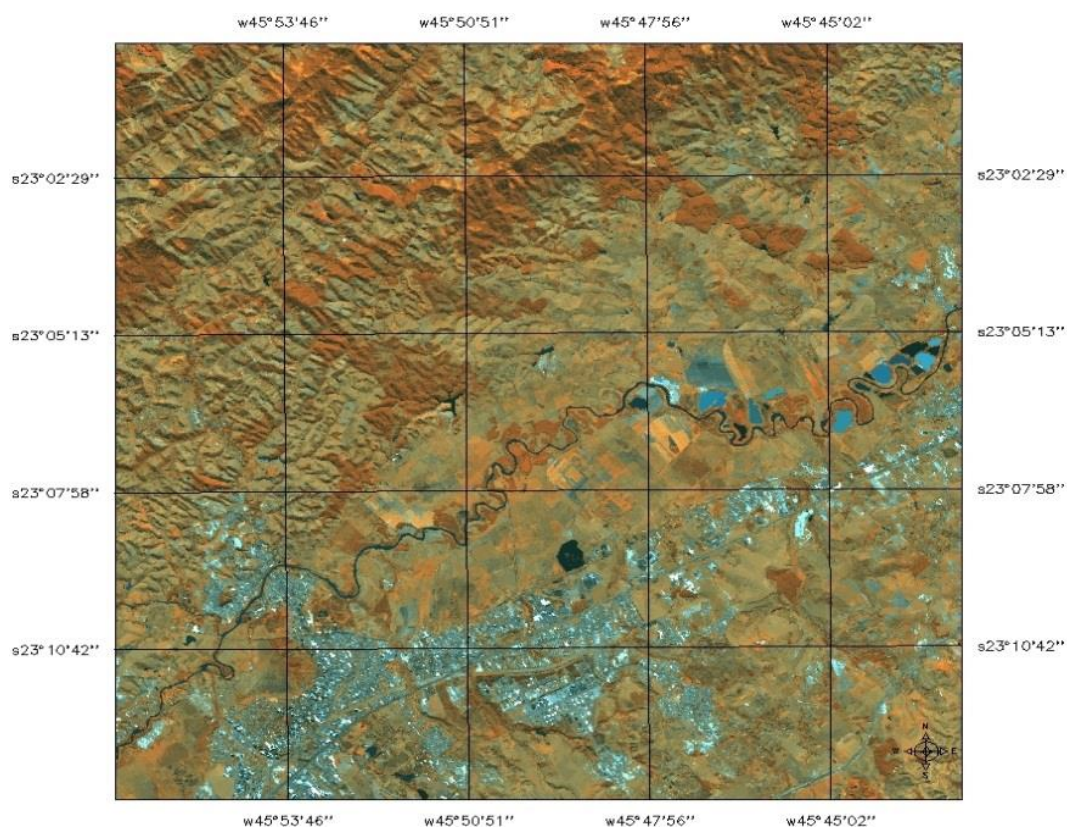


Figura2. Cena RapidEye 2328411, 03 de julho de 2012.

FONTE: MMA, 2016.

2 - REFERENCIAL TEÓRICO

O levantamento bibliográfico realizado está relacionado ao conhecimento da área de estudo, do código florestal brasileiro, especificamente no que se refere às APPs, conceitos e aplicações de geoprocessamento e processamento de imagens.

2.1 - Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), o rio Paraíba do Sul resulta da confluência dos rios Paraibuna e Paraitinga, que nascem no Estado de São Paulo, a 1.800 metros de altitude. O curso d'água percorre 1.150km, passando por Minas, até desaguar no Oceano Atlântico em São João da Barra (RJ). Os principais usos da água na bacia são: abastecimento, diluição de esgotos, irrigação e geração de energia hidrelétrica, sendo que o Paraíba do Sul é o principal manancial de abastecimento do estado do Rio de Janeiro. No leito do rio Paraíba do Sul estão localizados importantes reservatórios de usinas hidrelétricas, como Paraibuna, Santa Branca e Funil. Além disso, a bacia possui uma área de aproximadamente 62.074km² e abrange 184 municípios, sendo 88 em Minas Gerais, 57 no Rio de Janeiro e 39 em São Paulo. Dos 52 municípios que são banhados pelo rio Paraíba do Sul, ou por seus reservatórios formadores (Paraibuna e Paraitinga), 28 captam água do Paraíba do sul para abastecimento.

Ainda segundo a ANA, a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul tem destacada importância no cenário nacional por estar localizada entre os maiores polos industriais e populacionais do País e pelo processo que envolve o gerenciamento de seus recursos hídricos. Caracteriza-se pelos acentuados conflitos de usos múltiplos e pelo peculiar desvio das águas para a bacia hidrográfica do rio Guandu com a finalidade de geração de energia e abastecimento de cerca de nove milhões de pessoas na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), formando o Sistema Hidráulico do Rio Paraíba do Sul, um intrincado e complexo conjunto de estruturas hidráulicas existentes nas bacias hidrográficas dos rios Paraíba do Sul e Guandu, que interliga as duas bacias.

O abastecimento hídrico da cidade de São José dos Campos é dividido entre captação direta do Rio Paraíba, Rio das Couves e captação por sistemas de poços, mas cerca de

83% da captação total da cidade provem do leito do Rio Paraíba do Sul que será ampliada para atender melhor as necessidades da população, que está em constante crescimento. Para isso será capitado além dos 1800 L/s, mais 260L/s que resultaram na captação total de 2060L/s.(ANA, 2015) Na figura 3 é possível visualizar como funciona a capitação da cidade de São José dos Campos:

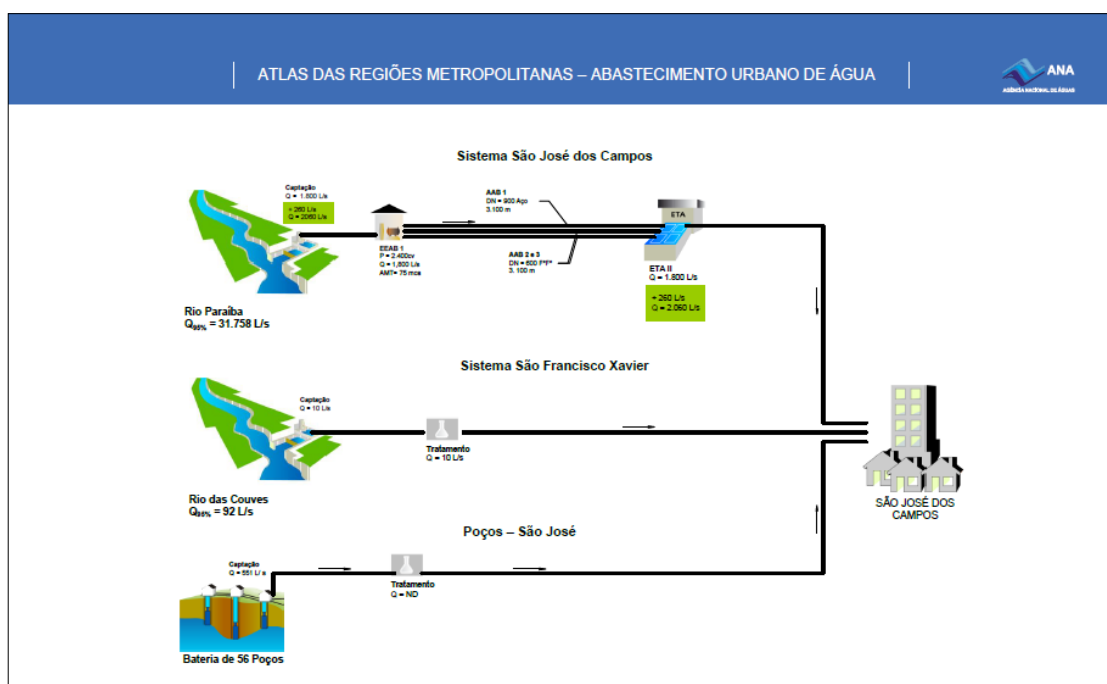


Figura 3. Esquema da capitação do município de São José dos Campos.
Fonte: ANA, 2015.

2.2- Áreas de Proteção Permanente

De acordo com o código florestal brasileiro (BRASIL, 2012), no Artigo três, Parágrafo II - Área de Preservação Permanente - APP é definida 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;

Esta Lei determina que todo curso d'água possui espaços situados nas suas extremidades que devem ser preservados, podendo variar sua largura de acordo com o tamanho do curso rio. Nestes locais, a vegetação nativa deve ser totalmente preservada pelo proprietário da área, sendo ele pessoa física ou jurídica.

Para a delimitação das Áreas de Preservação Permanente consideram-se, em áreas urbanas ou rurais, os seguintes parâmetros:

As faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular.

- 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;

Ainda de acordo com o código florestal dentro da APP só poderão ocorrer modificações em sua vegetação nativa se houver interesse na utilidade pública, social e se for comprovado o baixo risco de impacto ambiental conforme a lei.

2.3 Sistemas de informação Geográfica

O Sistema de Informações Geográficas, SIG, é uma ferramenta que processa dados geográficos ou não geográficos, que possui geralmente um banco de dados, a partir do qual podemos realizar análises espaciais e modelagens de superfícies. Algumas outras definições podem ser:

“Conjunto de procedimentos, manual ou automatizado, utilizados no sentido do armazenamento, e manipulação de informação georreferenciada.” (ARONOFF, 1989).

“Conjunto de funções automatizadas, que fornecem aos profissionais, capacidades avançadas de armazenamento, acesso, manipulação e visualização de informação georreferenciada.” (OZEMOY, SMITH E SICHERMAN, 1981).

Na figura 4, podemos observar a estrutura de um SIG:



Figura 4. Modelo de estrutura de um Sistema de Informações Geográficas.
Fonte: Adaptado de PINTO, 2009.

2.4- Sistema de Processamento de Imagens Georreferenciadas – SPRING

O SPRING (Camara et al) é um SIG no estado-da-arte com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais. Trata-se de um projeto do INPE / DPI (Divisão de Processamento de Imagens) com a participação de várias instituições como EMBRAPA/CNPTIA, IBM Brasil, TECGRAF- PUC Rio, PETROBRÁS/CENPES. Este Software tem como principais objetivos, construir um sistema de informações geográficas para aplicações em Agricultura, Floresta, Gestão Ambiental, Geografia, Geologia, Planejamento Urbano e Regional. Tornar amplamente acessível para a comunidade brasileira um SIG de rápido aprendizado. Fornecer um ambiente unificado de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para aplicações urbanas e ambientais. Ser um mecanismo de

difusão do conhecimento desenvolvido pelo INPE e seus parceiros, sob forma de novos algoritmos e metodologias.

2.5 TerraHidro

TerraHidro (Rosim, 2008) é uma plataforma que utiliza várias tecnologias e foi desenvolvida sobre a biblioteca TerraLib que faz uso de bancos de dados espaciais e utiliza o TerraView. Sua funcionalidade é a execução de aplicações envolvendo modelagem hidrológica distribuída desenvolvida pela DPI/INPE.

Desempenha várias funções, como: determinação da direção de drenagem local, definição de rede de drenagem, delimitação de bacias hidrográficas por segmentos e pontos isolados, Upscaling - Drenagem Conversão de alta a baixa resolução, entre outras. (OLIVEIRA, J. R. F., 2016).

2.6 – Transformações RGB e IHS

O espaço de cores conhecido por IHS ou HSI (Hue, Saturation, Intensity) é uma forma alternativa ao espaço RGB de representações de cores. No espaço IHS as cores são definidas por três atributos, ao invés de três quantidades de cores primárias. Esses atributos são: Intensidade (Intensity-I), Matiz (Hue- H) e Saturação (Saturation- S). Através destes atributos pode se manipular e analisar individualmente cada imagem, ao contrário da composição RGB, que necessitaria uma combinação de cores para ser analisada (A R Smith). A figura 5 exemplifica a transformação da composição RGB para IHS:

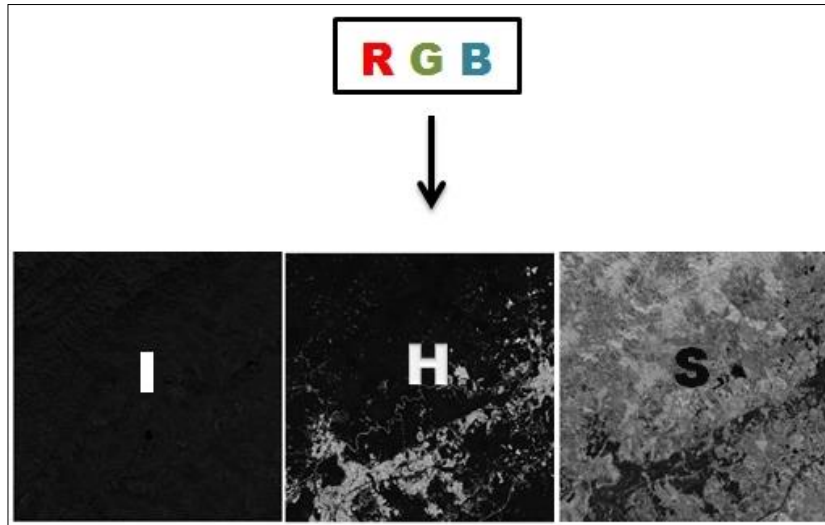


Figura 5. Transformação RGB para IHS.

A cor de um objeto pode ser representada por diferentes intensidades dos componentes R (Red - vermelho) G (Green-verde) e B(Blue- azul) ou por nível de intensidade, matiz (cor) e saturação no IHS. A intensidade é o que causa a sensação de brilho nas imagens, sendo resultado da soma da medida total de todos os comprimentos de onda. A saturação está no intervalo do comprimento de onda, em torno do comprimento de onda médio, onde a energia é refletida ou transmitida. E quando se tem um alto valor de saturação o resultado é uma composição espectral pura, ao contrário da baixa que resulta em uma composição em tons pastéis. Matiz ou cor é medida através do comprimento de onda média da luz que reflete e emite, resultando na cor do alvo. Na figura 6, pode-se observar a relação do espaço IHS e RGB (CROSTA, 1992):

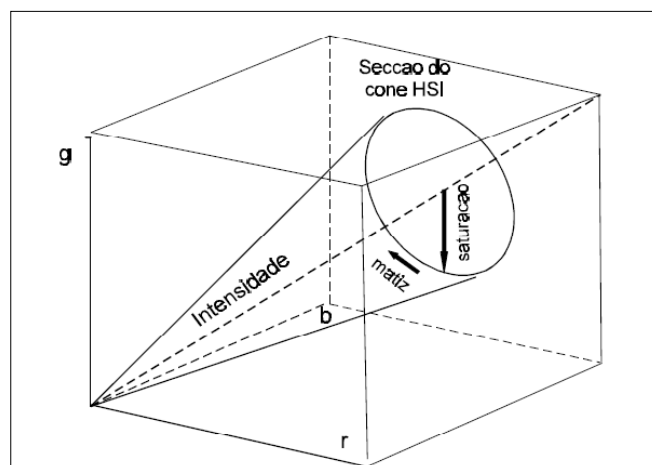


Figura 6. Espaço IHS.
Fonte: CROSTA, 1992

Namikawa et al. (2016) desenvolveu uma metodologia automatizada para extração de corpos d'água utilizando imagens com base no componente matiz da transformação de cores RGB para o modelo IHS. A metodologia inclui os valores de mínima radiância das 5 bandas do RapidEye para classificar os corpos d'água em um ranqueamento de sete classes de pertencimento ao alvo de interesse (Água). Os resultados da classificação da imagem aparecem no formato imagem e, até esta etapa, a técnica não necessita intervenção do usuário. No entanto, após a geração dos dados no formato vetorial, é necessária uma etapa de correção manual para eliminar pontos isolados.

3- DESENVOLVIMENTO

De acordo com o cronograma, o início do trabalho, em 2016, constituiu na aprendizagem teórica por meio de estudos dirigidos do programa SPRING (Câmara et al., 1996), para que fosse possível a manipulação correta dos dados. Também foi feito o levantamento bibliográfico sobre Áreas de Proteção Permanente e o atual Código Florestal Brasileiro, além disto, foram realizados mais dois cursos dentro da DPI, Processamento Digital de Imagens e o segundo Fundamentos de Geoprocessamento, cada um com duração de 40 horas. Na segunda etapa do trabalho foi criado um Banco de Dados dentro do SIG Spring, onde foram inseridas informações da Região do Rio Paraíba do Sul, iniciando o processo de geração da Lâmina de água (nível de profundidade e de superfície) a partir de imagens do RapidEye.

A tabela 1 mostra, de forma resumida, os passos seguidos para realização do trabalho.

1-Importar as bandas multiespectrais da imagem RapidEye das coberturas disponíveis da área piloto.	2-Aplicar transformação do espaço de cores RGB para IHS em todas as combinações 3 a 3 das 5 bandas (123, 124, 125, 134, 135, 234, 235, 245, 345) através da linguagem algébrica do Spring - LEGAL.	3- Definir a combinação na qual o número de cores de "não lâmina de água" é o menor através da análise do histograma da componente Matiz (H).
4- Aplicar transformação RGB para IHS das possíveis composições entre as 3 bandas da combinação selecionada através do LEGAL	5-Definir a composição na qual as cores de "não lâmina de água" estão nos extremos mínimo e máximo do histograma da componente Matiz (H).	6- Determinar os limiares de ângulos (da matiz H) e intensidade (da componente I) que caracterizam a lâmina de água através da ferramenta de Contraste /Fatiamento/Arco-Íris
7- Aplicar os limiares definidos para definir os pixels de lâmina de água através do LEGAL	8-Vetorizar o mapa matricial de lâmina de água.	9-Eliminar polígonos (que representam ruídos) menores que 1000 m2 através da ferramenta "Limpar Vetores".
10- Editar manualmente, para eliminar ruídos maiores, lagoas e represas.	11- Editar manualmente corrigir contornos da drenagem	12-Definir e ajustar manualmente os polígonos das vegetações flutuantes para não interferir no resultado final.
13- Determinar APP através do software ExAPP.	14- Analisar a diferença de área dentro da APP (com e sem edição das macrófitas), quantificar.	15-Fazer um fatiamento com a distância a ser considerada para a análise das APPs e seu entorno
16- Recortar área da APP + entorno para análise utilizando fatiamento como máscara.	17- Segmentação para teste. Usar as três bandas e testar a segmentação para estabelecer qual será a melhor para o trabalho.	18- Classificação da área recortada para futura análise.
19- Escolha das Propriedades para análise de uso e ocupação do solo.	20- Baixar as propriedades do CAR-Cadastro ambiental Rural	21- Analisar cada propriedade e definir o uso e ocupação do solo naquelas áreas.

3.1 Processos de extração do leito do rio e correção manual

Na figura 7 é possível observar a parte do processo que ocorreu através da Linguagem de Geoprocessamento Algébrico (LEGAL)/Spring, que possibilitou um ambiente para análise espacial, descrita sob a forma de expressões algébricas e funções.

```

LEGAL
Programa LEGAL  Editor  Executar

AGUAS_LEGAL.alg

1 // Converte RGB para IHS
2 // Adapted from Foley, VanDam 2nd.Ed. (p.592)
3 // given r,g,b em [0 ... 1],
4 // return (s,l) on [0 ... 1] h [0...360, -1= UNDEFINED]
5
6 Imagem m1, m2, m3, m4, m5 ("RE");
7 MNT m1, m2, m3, m4, m5 ("CAT_MNT");
8
9 MNT hue ("CAT_MNT");
10 MNT maxv ("CAT_MNT");
11
12 MNT red, green, blue ("CAT_MNT");
13 MNT iszero, minv1 ("CAT_MNT");
14 MNT div1 ("CAT_MNT");
15 MNT hue6 ("CAT_MNT");
16 MNT sat ("CAT_MNT");
17
18 hue = Novo( Nome = "H_235", ResX = 5, ResY = 5, Escala = 10000 );
19 maxv = Novo( Nome = "V_235", ResX = 5, ResY = 5, Escala = 10000 );
20
21 red = New(Name="TMP_HSV_R", ResX=5, ResY=5, Escala=10000);
22 green = New(Name="TMP_HSV_G", ResX=5, ResY=5, Escala=10000);
23 blue = New(Name="TMP_HSV_B", ResX=5, ResY=5, Escala=10000);
24
25 minv1 = New(Name="TMP_MIN", ResX=5, ResY=5, Escala=10000);
26 div1 = New(Name="TMP_DIV", ResX=5, ResY=5, Escala=10000);
27 sat = New(Name="TMP_SAT", ResX=5, ResY=5, Escala=10000);
28 hue6 = New(Name="TMP_H6", ResX=5, ResY=5, Escala=10000);

Erros de Sintaxe do Programa
Representação não pode ser removida: m1:49::
Representação não pode ser removida: m2:50::
Representação não pode ser removida: m3:51::
Representação não pode ser removida: m4:52::

```

Figura 7. Programa LEGAL, ferramenta utilizada para importar os dados das lâminas de água.

Na figura 8 pode-se observar a manipulação do histograma onde a lâmina de água possui reflectância diferente em relação aos outros objetos da imagem; existem dois picos, um corresponde à lamina d'água com alguns ruídos e o outro pico é o restante da imagem, tornando possível melhor separabilidade dos alvos.

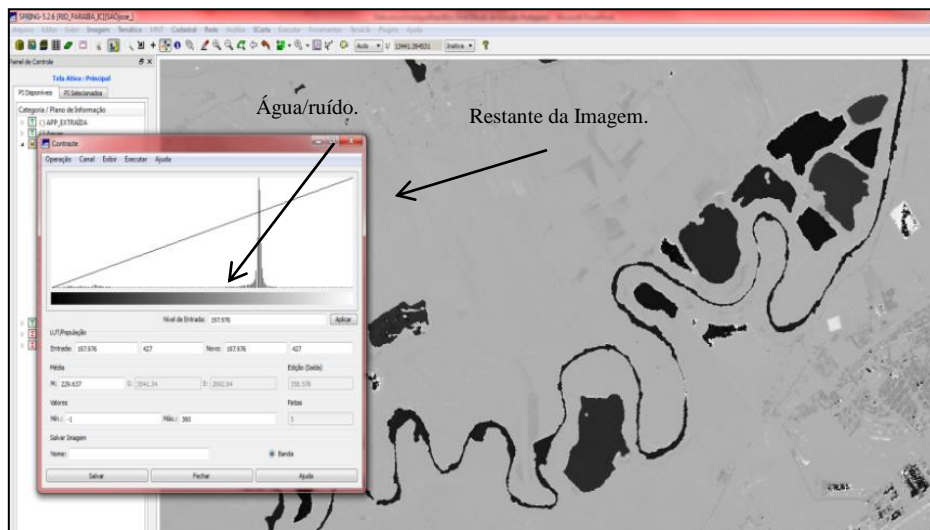


Figura 8. Imagem após a transformação IHS e seu respectivo histograma.

Após este processo foram criadas classes temáticas dentro da categoria “Águas” (1WATER, 2WATER95, 3WATER90, 4WATER80, 5WATER70, 6WATER60, 7WATER50), onde cada uma das classes é representada com cor correspondente a sua porcentagem de refletância do nível de água. Sendo assim, os tons vermelhos indicam

maior quantidade de água e os tons mais amarelados e azulados correspondem a regiões de pouca umidade. A Figura 9 mostra o resultado do processo obtido nesta etapa do trabalho.

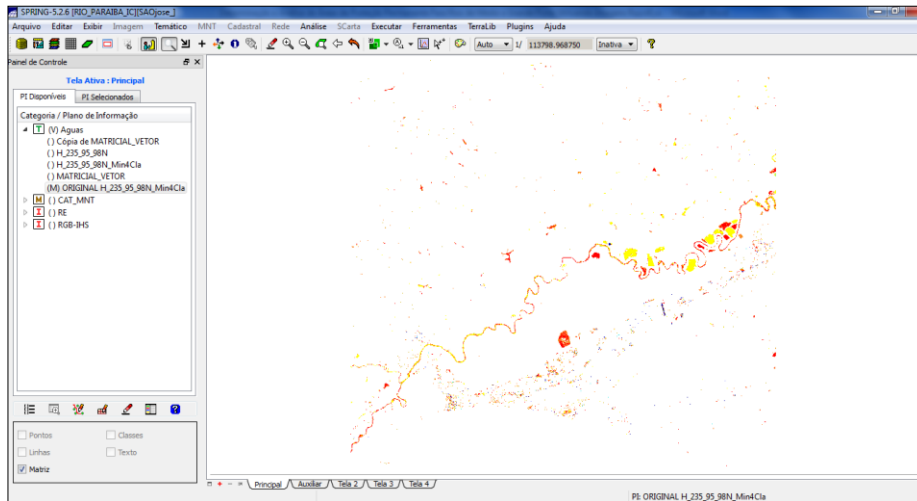


Figura 9. Início da edição matricial

Após a criação das classes foi possível fazer a edição matricial para eliminar os pixels caracterizados como ruído e destacar somente o rio, suas planícies de alagamento e algumas regiões de extração de areia. A figura 10 ilustra este o resultado.

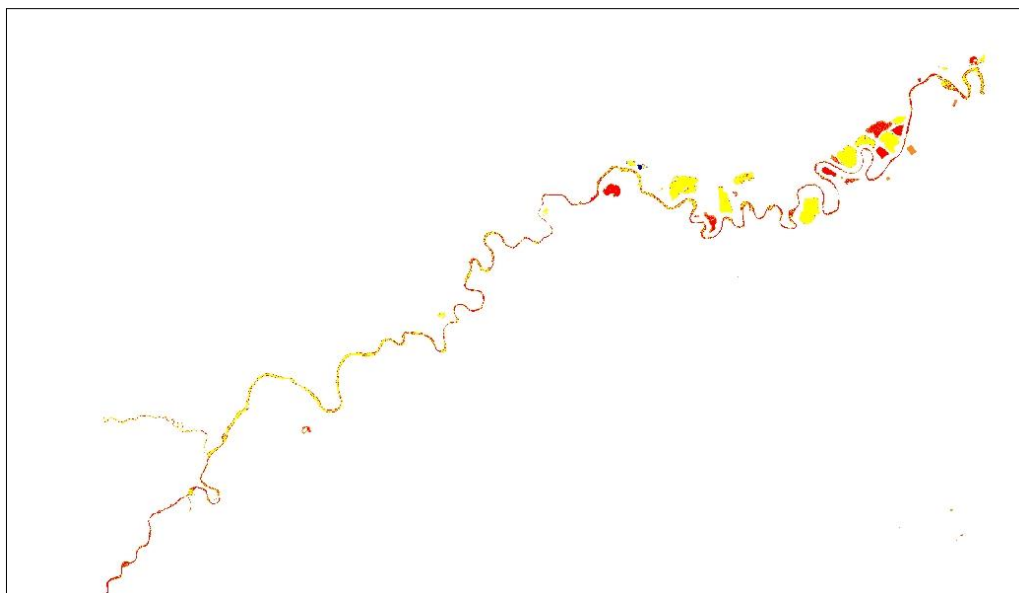


Figura 10. Imagem após serem editados e eliminados os pixels que não seriam utilizados no trabalho.

Com a edição vetorial foi realizada a correção dos polígonos e unificação das linhas que estavam desconectadas entre si, já que foi diagnosticado que o polígono do rio

apresentava áreas onde o acúmulo de sedimentos e macrófitas interferiam na reflectância da lâmina de água. Por este motivo, em alguns trechos, houve o rompimento do polígono e a necessidade de edição manual. O rompimento do polígono que representa o rio pode se dar por outros motivos. Uma ponte sobre o rio, por exemplo. As macrófitas, em regra, diminuem o leito do rio, mas não o interrompe completamente.

A figura 11 demonstra uma parte ampliada da região de estudo, onde é possível observar as linhas ajustadas na cor verde, que formam os polígonos editados.

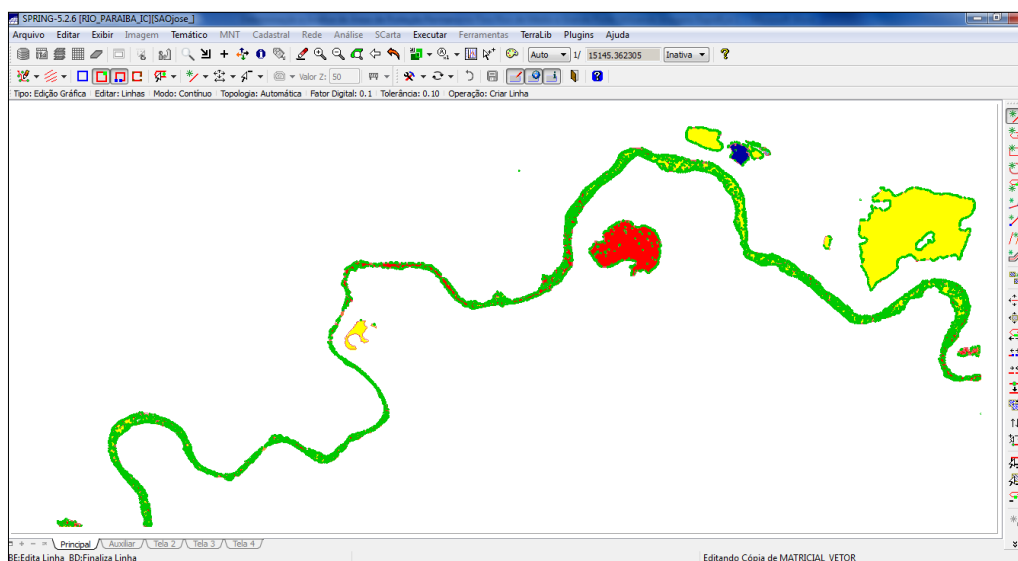


Figura 11. Edição Vetorial.

Na terceira etapa do trabalho, agora em 2017, foi concluída a edição do leito do rio, e iniciado o processo de classificação da lâmina de água com e sem macrófitas. O primeiro resultado da classificação da imagem é representado a seguir nas figuras 12 e 13. Pode-se observar que foi realizado o ajuste no leito do rio, porém, ainda sem a representação das APPs:

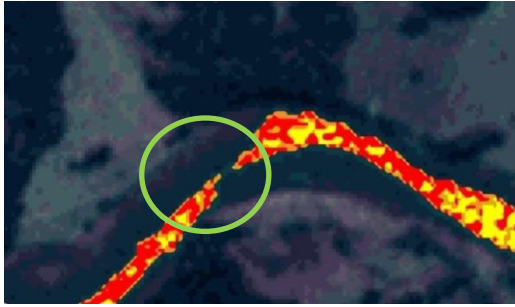


Figura 12. Corpo do rio rompido.



Figura 13. Corpo do rio corrigido

O segundo resultado foi obtido após a identificação das macrófitas no corpo do rio; foi realizado visualmente sobre a imagem RapidEye e as macrófitas foram incorporadas ao leito do rio manualmente, pois tinham sido classificadas como vegetação. Segundo GALO et al. (2002), diferente do solo e da vegetação, a maior parte do fluxo radiante incidente sobre a água não é refletida, mas absorvida ou transmitida. Nos comprimentos de onda do visível, pouca luz é absorvida, uma pequena quantidade é refletida e a maior parte é transmitida. Sendo assim, quando existe uma concentração de vegetação flutuante sobre o leito de um rio, é necessário um maior cuidado quanto à delimitação da drenagem automática, já que a reflectância será diferente do restante do corpo do rio. Na figura 14 é possível visualizar as macrófitas em vermelho.



Figura 14. Macrófitas destacadas em vermelho.

Com a identificação das macrófitas foi possível quantificar sua interferência no resultado final da determinação da APP. Neste caso, a área desta vegetação flutuante correspondeu à aproximadamente 31.4% da área total do leito do rio, considerando que, anteriormente, a lâmina de água possuía cerca de 3.070 km² e após a correção manual passou a 4.480 km². Este resultado interfere diretamente na determinação da APP, pois ela é calculada a partir da calha do rio. A figura 15 evidencia, em amarelo, o corpo do rio sem edição manual das macrófitas e, em vermelho, o rio com edição.

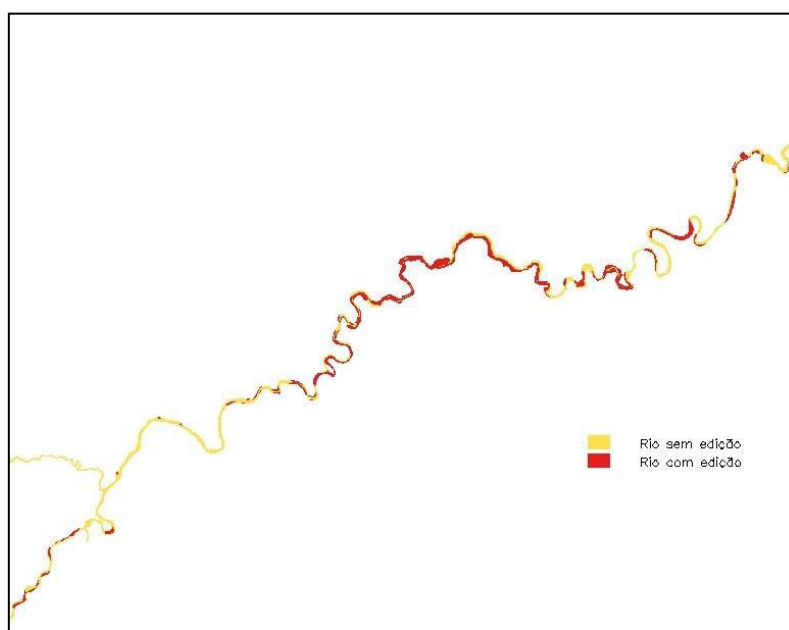


Figura 15. Sobreposição da área corrigida e da área não corrigida.

A fim de demonstrar a edição das macrófitas, a figura 16 mostra a cena RapidEye ampliada em uma das áreas editadas, onde a área em amarelo é o leito do rio sem edição e a área destacada em vermelho foi resultado da correção manual das macrófitas.

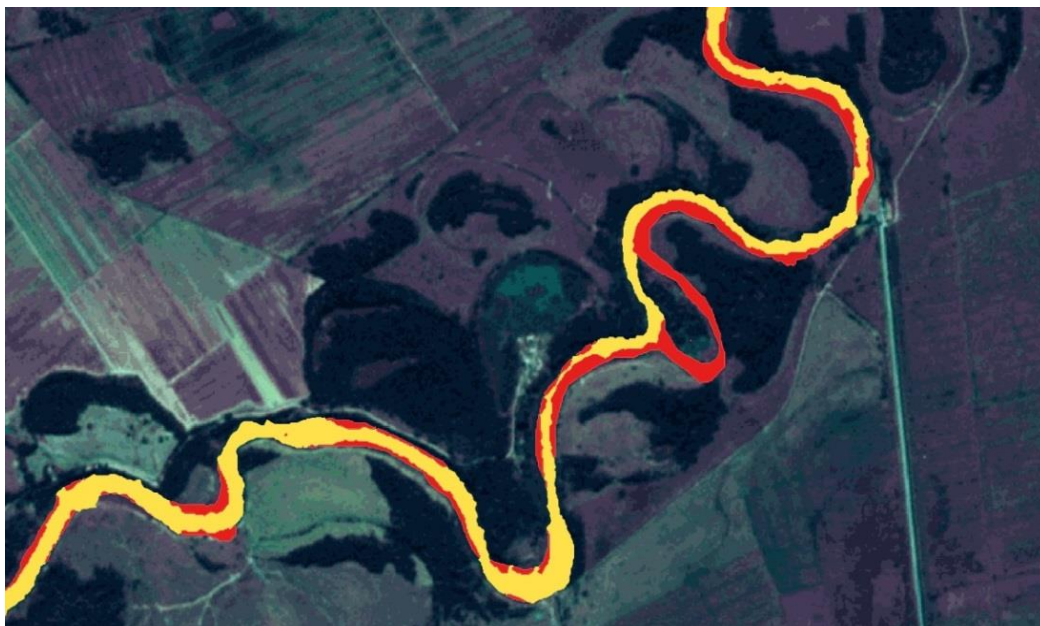


Figura 16. Sobreposição com a cena RapidEye ampliada.

3.2 Determinação da APP

Com a delimitação adequada do leito rio, as APPs, que dependem da largura do leito rio conforme a lei nº 12.651/ 12, Art. 4 Parágrafo I do código florestal brasileiro vigente, foram determinadas.

Segundo a Lei, as APPs são áreas que devem ser preservadas de desmatamento e poluição, variando de tamanho conforme a medida da largura entre as margens do rio. Assim, em rios com extensão de 10 metros deve-se proteger no mínimo 30 metros ao redor da margem; já em cursos d'água de 200 a 600 metros de largura a APP deve ser de 200 metros e em casos de rios ainda maiores elas podem alcançar até 500 metros de largura. As APPs foram extraídas automaticamente por meio do software dedicado EXAPP, considerando a Lei para as diferentes larguras do rio (Leonardi et al). Este procedimento foi efetuado para o rio com macrófitas e sem macrófitas e está representado na figura 17.

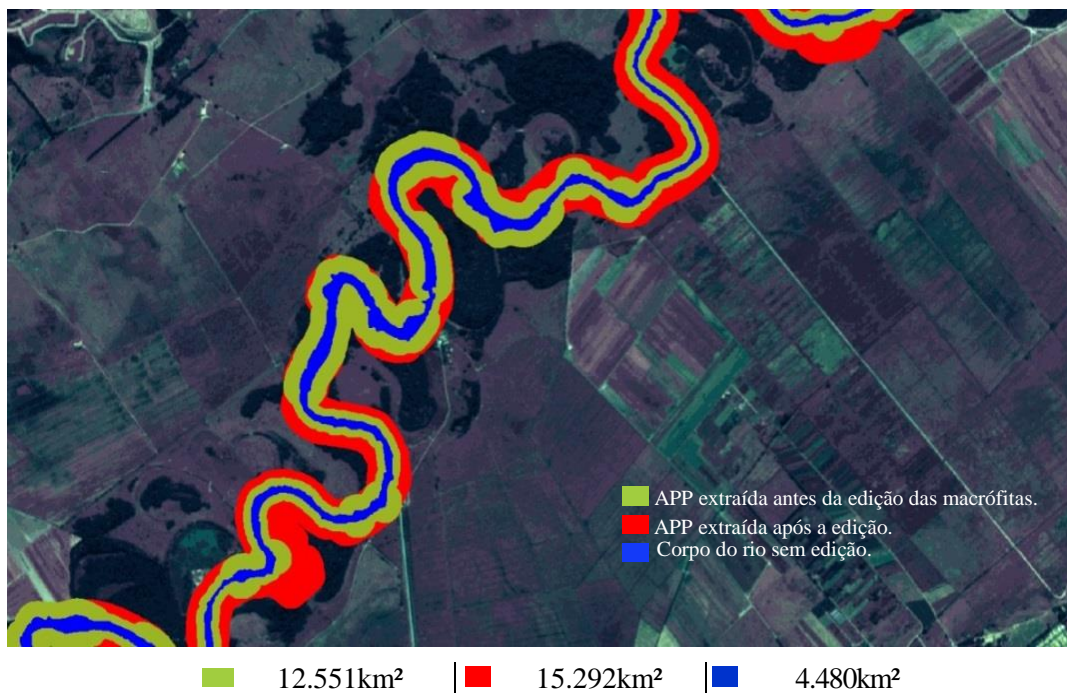


Figura 17. Resultado da determinação da APP com macrófitas e sem macrófitas.

A figura 18 é uma área da cena RapidEye ampliada com o polígono do rio e APP já determinados, onde é possível observar a área urbana no entorno do corpo do rio.



Figura 18. Imagem RapidEye com sobreposição do resultado da APP.

3.3 Classificação do uso e ocupação do solo

O passo seguinte foi a classificação automática do uso e ocupação do solo no interior da APP. O classificador adotado faz uso de imagens segmentadas e para melhor adequação dos propósitos da classificação, testes de valores de área e similaridade na segmentação foram efetuados. Para isso foi realizado um fatiamento de 5km em relação as margens do rio Paraitinga, abrangendo uma área um pouco maior que a APP (figura 19).

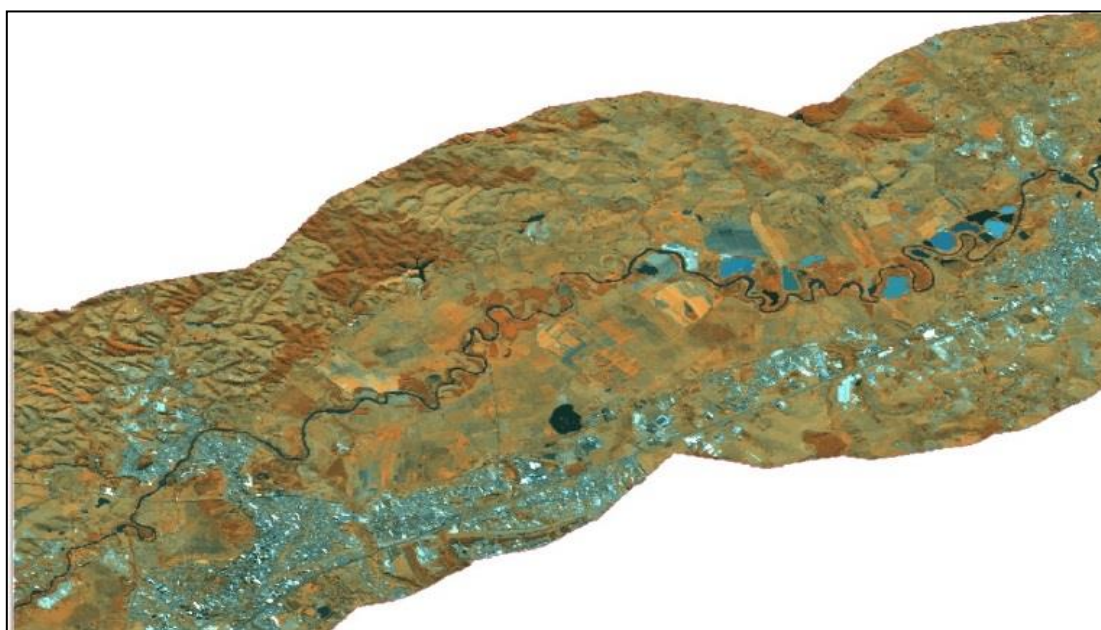


Figura 19. Fatiamento para delimitação da área a ser classificada com uso do solo.

Após o fatiamento foi realizado o primeiro teste de segmentação com os graus de similaridade 60 e de área também 60. Segundo Florenzano (2011) “A segmentação de imagens é um procedimento computacional aplicado antes de um algoritmo de classificação automática.” Abaixo, na figura 20, pode-se observar o resultado deste primeiro processo.

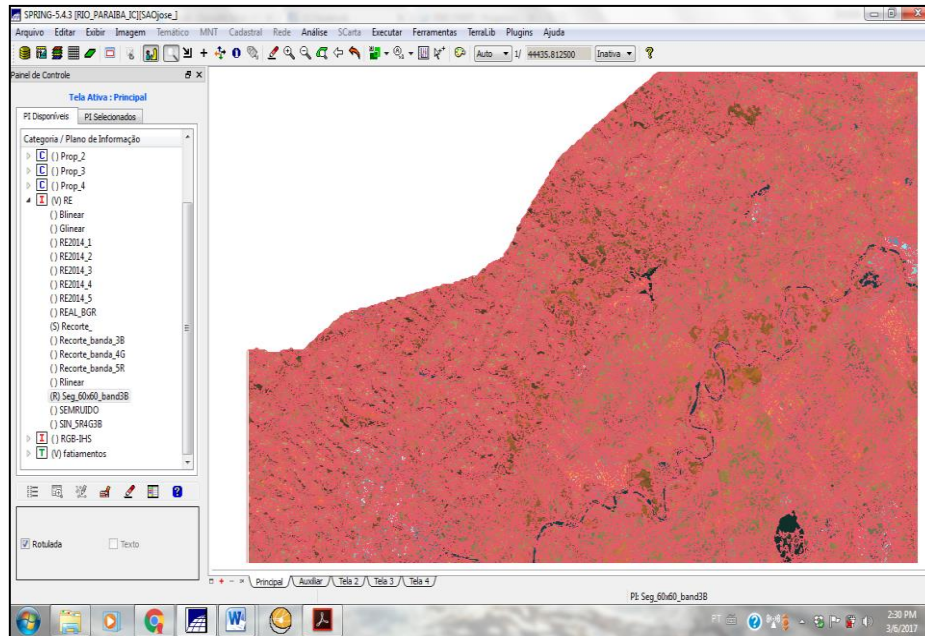


Figura 20. Primeiro teste de segmentação.

É possível observar que este primeiro resultado gerou muitos polígonos, dificultando a identificação de uso do solo mais abrangente. Sendo assim, foram necessários mais testes, até obter a um resultado favorável com áreas mais homogêneas, conforme mostra a figura 21. Os graus de similaridade e área de pixel são respectivamente, 350 e 300.

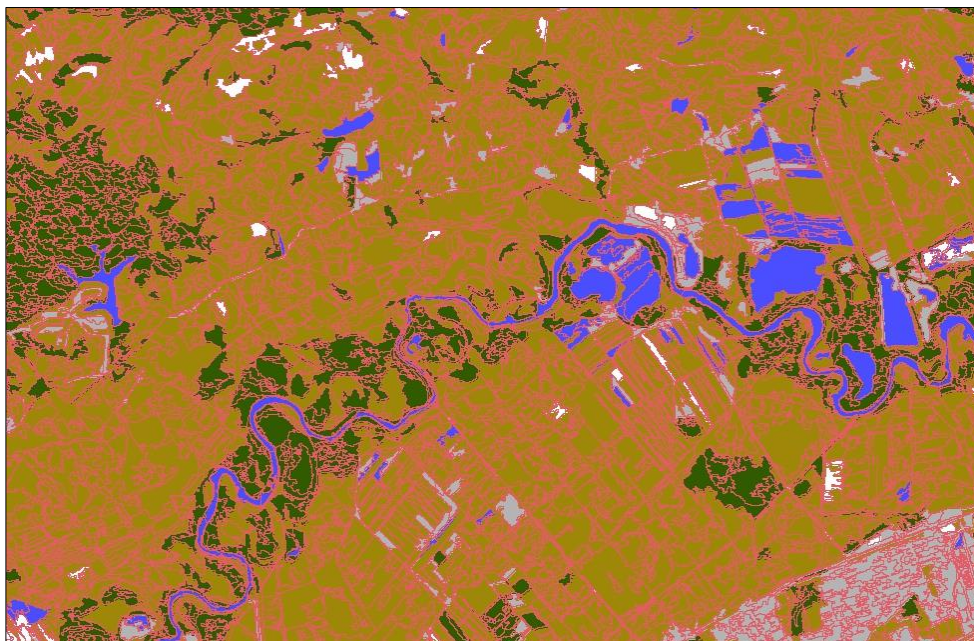


Figura 21. Segmentação com limiar 350 de similaridade e 300 de área.

Após a segmentação foi iniciado o processo de classificação automática supervisionada por regiões, que utiliza a distância Bhattacharya para medir a separabilidade estatística entre cada par de classes espectrais. A separabilidade é calculada através da distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais (Leão et al., 2007). Na figura 22 é possível observar o resultado da classificação por regiões, onde as cores representam as classes: Área urbana = cinza, Mata = verde escuro, Agua = Azul e Cultura = verde musgo.

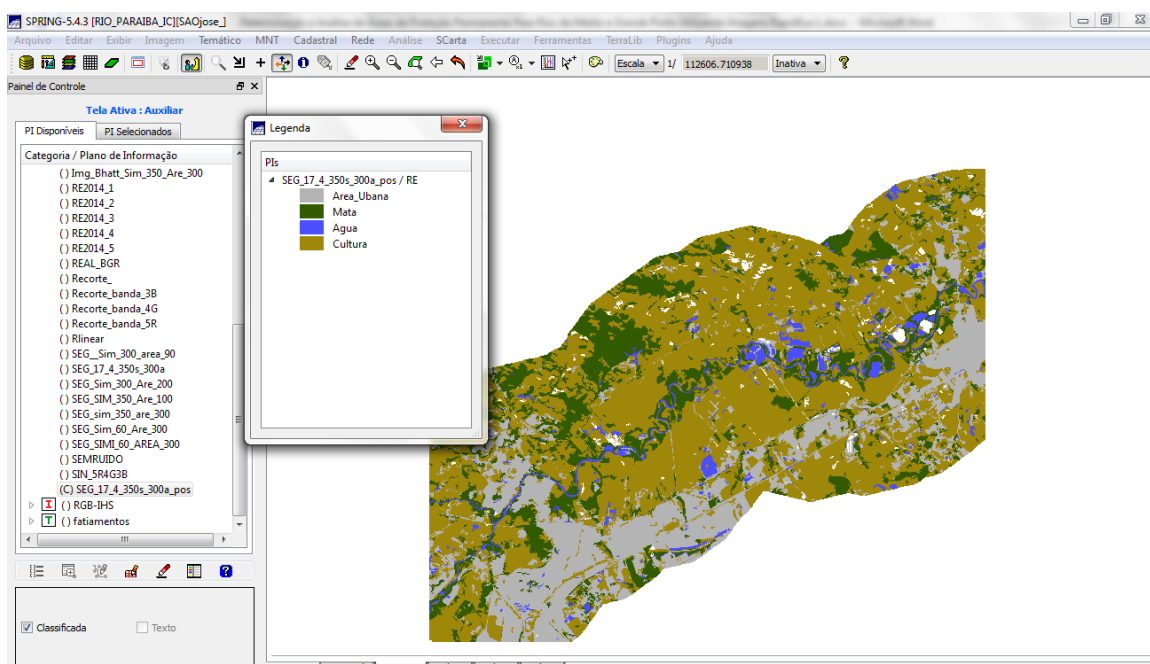


Figura 22. Resultado da classificação Bhattacharya.

Após a classificação foi realizado o processo de pós classificação, onde foram escolhidos o peso 3 e a limiar 4, que suavizam as regiões classificadas. Este processo pode ser observado na figura 23.

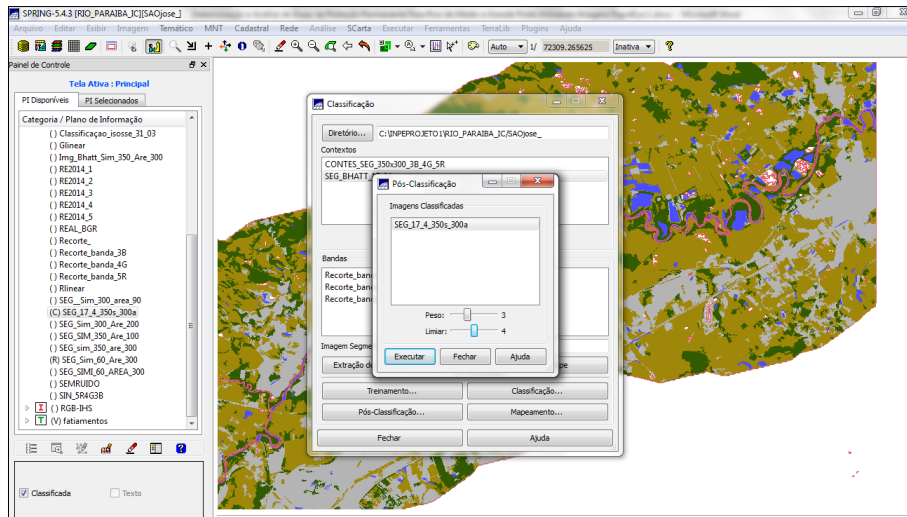


Figura 23. Pós classificação, definição do peso e limiar.

Depois da pós-classificação foi realizado um mapeamento que pode ser observado na figura 24, onde a cor verde representa a classe Mata, a amarela pode ser entendida como cultura ou de vegetação menos densa, a azul compreende os corpos d'Água e áreas com alta umidade devido à irrigação, e cinza corresponde á área urbana ou antrópica.

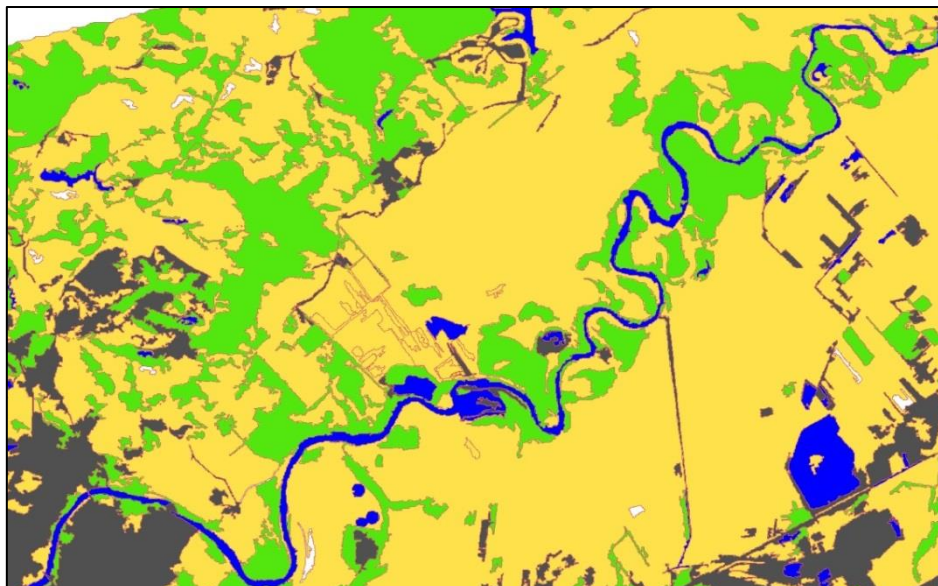


Figura 24. Resultado do mapeamento.

3.4 Análise dos resultados

Com o mapeamento pronto, foi possível selecionar uma propriedade cadastrada no CAR para analisar se o uso e ocupação do solo no interior da APP estava de acordo com as regras estabelecidas pelo Código Florestal Brasileiro. Na figura 25 é possível observar o mapa do uso do solo dentro da propriedade escolhida para o estudo:

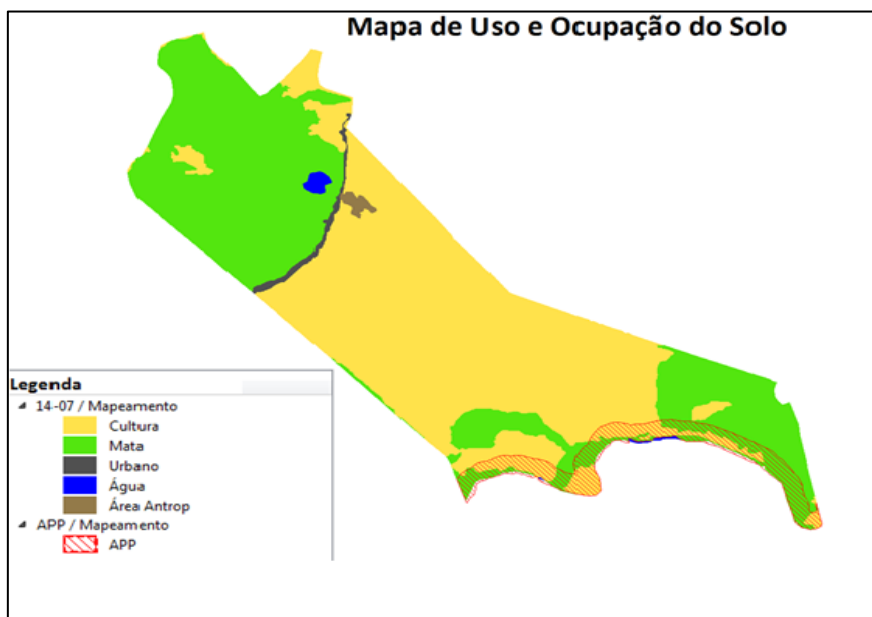
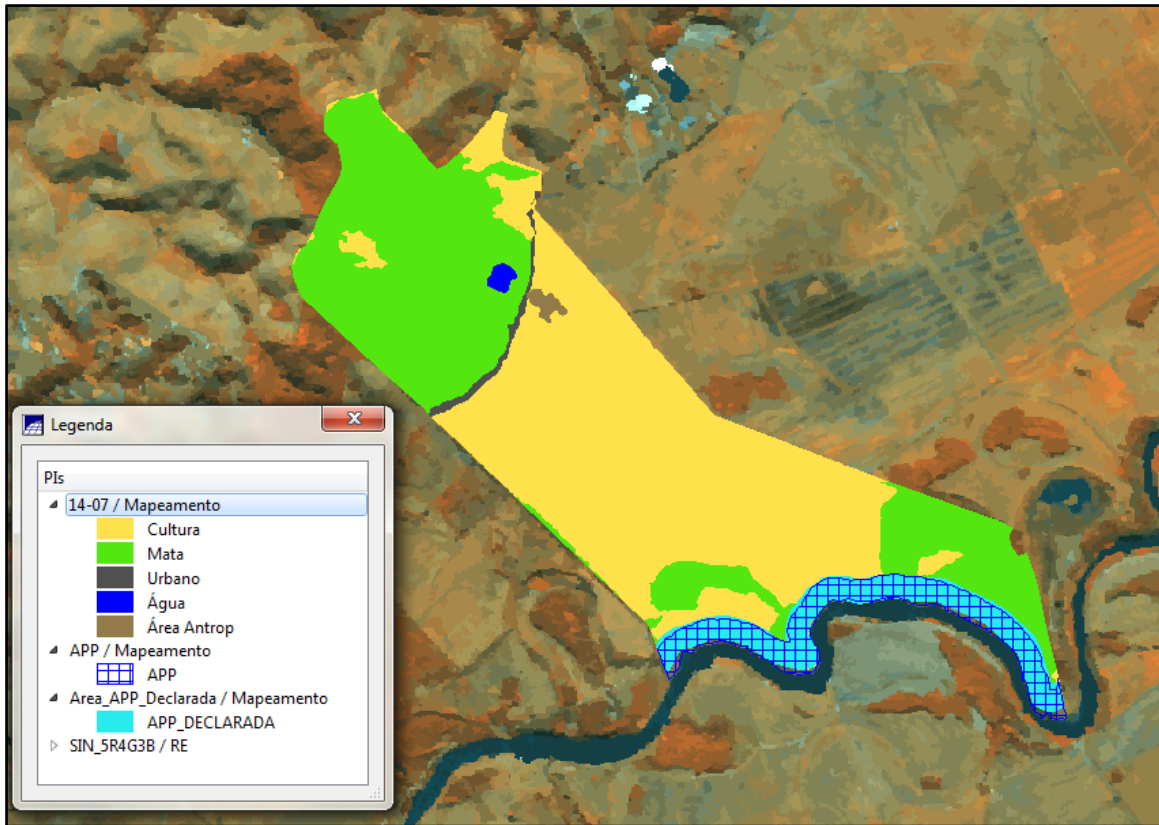


Figura 25. Mapa de uso do solo dentro da propriedade escolhida.

Com a APP determinada e a classificação do uso do solo concluída foi possível conferir os dados declarados ao CAR e avaliar se estavam de acordo com a Lei Florestal. Para isso foi realizada uma sobreposição da área da APP declarada com a APP resultado dessa metodologia. Na figura 26 pode-se observar o resultado da sobreposição com os valores referentes à área de cada uma.



APP = 24.50 ha |
 APP Declarada = 23.63
 Diferença de área entre APPs = 0,87 ha ou 8.7 m² (4%)

Figura 26. Sobreposição da Imagem RapiDye + uso do solo + APP resultante do dessa metodologia + APP declarada.

A partir da sobreposição das APPs foi possível observar que a diferença de área entre elas apresentou uma diferença de 0,87 ha, o que corresponde à aproximadamente 4%. Essa diferença não foi considerada como significativa.

Com essa análise foi possível constatar que existe uso do solo dentro da APP. Na figura 27 podemos observar o polígono da APP com o uso do solo, onde a classe de Cultura, destacada em amarelo, aparece ocupando 9,68 ha e a classe Mata, em verde, ocupa 12,40 ha. Isso significa que 43,84% da APP está sendo utilizada para cultura, o que coloca em risco o equilíbrio geológico do local.

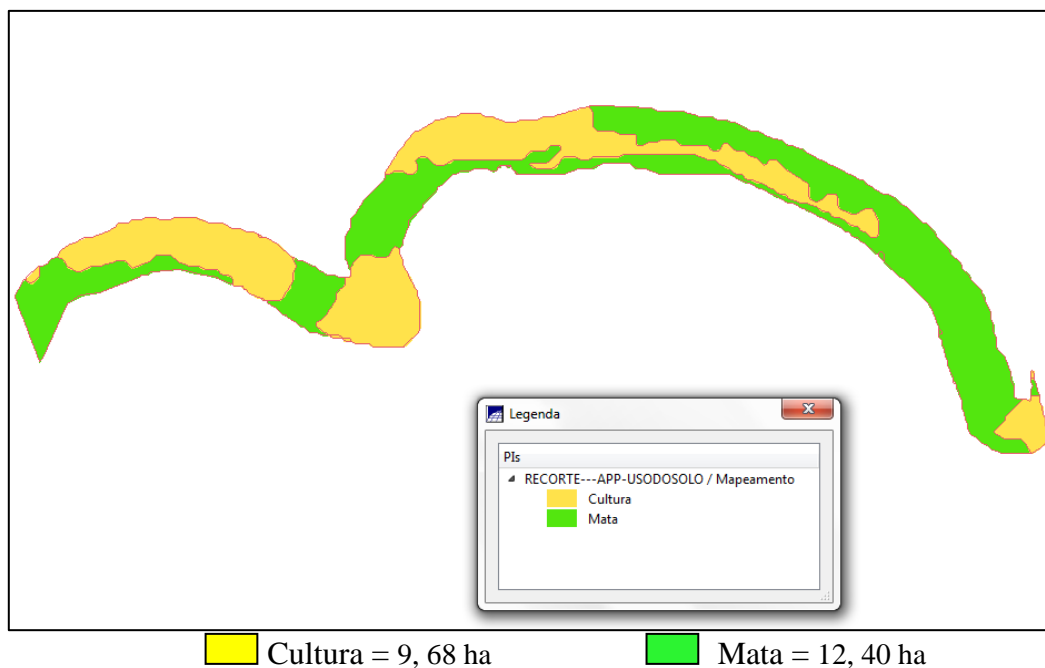


Figura 27. Recorte da APP + uso do solo.

4-CONSIDERAÇÕES FINAIS

Até a presente data o trabalho foi concluído na sua proposta original, conforme mostra o cronograma de atividades abaixo. Pretende-se dar continuidade para avaliar, através de imagens multitemporais do satélite Landsat, quando iniciou e qual a evolução da ocupação desordenada dentro da APP de estudo. Fica assim, evidenciado que existe o uso do solo de 43,84% dentro dos limites da APP. Além disso, verificou-se que o proprietário declarou corretamente seus limites, já que quando sobreposta com a APP gerada nesse trabalho a diferença foi de apenas 0,87ha, o que corresponde a aproximadamente 4% da área total.

Um resultado importante foi a determinação da drenagem da forma mais fiel possível, o que levou a delimitação de áreas de macrófitas que foram incorporadas ao leito rio. Essa avaliação na metodologia conduziu a uma diferença de 31,84% no leito do rio. Sendo assim, a determinação da APP também foi influenciada.

Durante o desenvolvimento do trabalho foi possível o aprendizado de novas funções de geoprocessamento, utilizando os SIG SPRING e TerraHidro. Também foi possível

participar, como aluna ouvinte, da disciplina de introdução a Geoprocessamento do curso de Mestrado em Sensoriamento Remoto.

Parte deste trabalho já foi apresentada e publicada no Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, SBSR 2017, em Santos-SP (PAULA, D. S. et al. , 2017).

Podemos observar abaixo o cronograma para o desenvolvimento da proposta inicial desse trabalho (fase 1):

ATIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Leitura do Código Florestal, estudo sobre APP, sistemas SPRING e TerraHidro e sobre Sensoriamento Remoto	X	X	X									
2. Extração/classificação do leito do Rio Paraíba do Sul de imagens Rapideye				X	X							
3. Edição do resultado do item anterior para correção de erros						X						
4. Extração automática da APP do rio Paraíba do Sul							X					
5. Interpretação e análise do uso e cobertura do solo nas APPs								X	X			
6. Relatório final e escrita de artigo										X	X	X

Pretende-se dar continuidade ao trabalho para aprofundar e detalhar os resultados com o uso de outras imagens de diferentes datas, que servirão como base para análise temporal das APPs. Espera-se, poder determinar o período em que o uso e ocupação destas áreas vem ocorrendo de forma irregular, a fim de indicar possíveis intervenções, quando necessárias, por parte de órgãos competentes a fim de preservar as APPs e os recursos hídricos. Abaixo podemos observar o cronograma da fase 2 :

ATIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Seleção das imagens Landsat no Banco de dados do INPE	X											
2. Classificação automática das imagens		X	X	X								
3. Edição do resultado da classificação						X						
4. Sobreposição das imagens classificadas com a APP							X					
5. Análise qualitativa e quantitativa das mudanças								X	X			
6. Relatório final e escrita de artigo										X	X	X

5-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARONOFF, S. (1989). **Geographic information systems: a management perspective.**

ALVARO, Penteadó Crósta **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto** / ed. rev. - Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1992.

Blackbridge. 2015. **Satellite Imagery Product Specifications.** Version 6.1: 1–48. Available at <http://www.blackbridge.com/rapideye/upload/RE_Product_Specifications_ENG.pdf>. Acesso em 20/06/2016.

Código Florestal Brasileiro disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso 10/05/2016.

Camara, G., Souza, R.C.M., Freitas. U.M., Garrido, J. 1996. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics.**

CAR -Sicar - Sistema Nacional de **Cadastro Ambiental Rural**.<http://www.car.gov.br/>

DE SOUZA Jr, D. I. (2004). **A degradação da bacia do rio Paraíba do Sul**. *ENGUESTA*, 3(6).

FLORENZANO, Teresa Gallotti 2011 “Iniciação em Sensoriamento Remoto”. 3º Edição ampliada e atualizada.

LEONARDI, S. S.; NAMIKAWA, L. M.; OLIVEIRA, J. R. DE F.; ROSIM, S. Delimitation of permanent protected areas of rivers in Brazil.

MMA.2016. **GeoCatálogoDoMinistérioDoMeioAmbiente.** Available at <<http://geocatalogo.mma.gov.br/sobre.jhtml>>. Acesso em 18/05/2016.

MOREIRA, Maurício A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**/ 4 ed. Atual. e ampla./ Capítulo 15 /viçosa, MG : Ed. UFV, 2011.

NAMIKAWA, L. 2016 - **Extração de Corpos d'Água Utilizando Imagens RapidEye: Metodologia Automatizada com Base no Componente Matiz da Transformação de Cores RGB para o Modelo HSV.**

OZEMOY, V. M., SMITH, D. R., & SICHERMAN, A. (1981). **Evaluating computerized geographic information systems using decision analysis.** *Interfaces*, 11(5), 92-100.

OLIVEIRA, J. R. F., 2016 - **Assessment of the drainage network extracted by the TerraHidro system using the CCM2 drainage as reference data** < <https://agile-online.org/index.php/conference/conference-2016?layout=edit&id=281> > Acesso em: 28/06/2016.

PINTO, Inês 2009 **Introdução aos sistemas de Informações Geográficas/** Instituto de Investigação Científica Tropical- Curso de Introdução à Georreferenciação.

Smith, Alvy Ray. "Color gamut transform pairs." *ACM Siggraph Computer Graphics* 12.3 (1978): 12-19.

Portal ANA, Agência Nacional de Águas, 2010 disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>>. Acesso em 13/06/2016.

PAULA, D. S.; ORTIZ, J. O.; S. Rosim; NAMIKAWA, L. M. Determinação e Análise de Áreas de Proteção Permanente Para Rios de Médio e Grande Porte Utilizando Imagens RapidEye, Segundo Novo Código Florestal Brasileiro. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2017, Santos -SP.**

RapidEye . **Satellite Imagery Product Specifications.** Avail ableat<http://www.rapideye.com/upload/RE_Product_Specifications_ENG.pdf>. Acesso em 09/06/2016.

ROSIM, Sergio; MONTEIRO, Antonio Miguel Vieira ; RENNÓ, Camilo Daleles ; OLIVEIRA, J. R. F. . **Uma ferramenta open source que unifica representações de fluxo local para apoio à gestão de recursos hídricos no Brasil. IP. Informática Pública**, v. 10, p. 29-49, 2008.

Souza Jr, Daniel I. de. "A degradação da bacia do rio Paraíba do Sul." *Engevista* 6.3 (2010).

Site do Departamento de Processamento de Imagens, INPE, disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html> >. Acesso em 12/05/2016

