



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Murilo Teles Domingues

**Classificação da cobertura da terra da RPPN "Foz do Rio Aguapeí":  
abordagem booleana para a integração de imagens TM-Landsat e dados  
multifonte.**

**Presidente Prudente**

**2012**

**Murilo Teles Domingues**

**Classificação da cobertura da terra da RPPN "Foz do Rio Aguapeí":  
abordagem booleana para a integração de imagens TM-Landsat e dados  
multifonte.**

Trabalho apresentado ao curso de graduação em Engenharia Ambiental da Faculdade de Ciências e Tecnologia – UNESP – Campus de Presidente Prudente, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Graduação.

Orientador: Prof. Dr. Nilton Nobuhiro Imai

Co-Orientador: Luiz Henrique da Silva Rotta

**Presidente Prudente**

**2012**



## FICHA CATALOGRÁFICA

Domingues, Murilo Teles.

S--- Classificação da cobertura da terra da RPPN "Foz do Rio Aguapeí":  
abordagem booleana para a integração de imagens TM-Landsat e dados  
multifonte / Murilo Teles Domingues. - Presidente Prudente : [s.n], 2012  
73f.

Orientador: Nilton Nobuhiro Imai

Co-Orientador: Luiz Henrique da Silva Rotta

Trabalho de conclusão (bacharelado – Engenharia Ambiental) -  
Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia

Inclui bibliografia

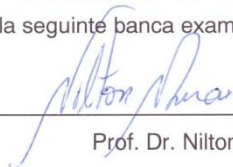
1. Sensoriamento remoto. 2. Regras booleanas. 3. Dados multifonte. I.  
Imai, Nilton Nobuhiro. II. Rotta, Luiz Henrique da Silva. III. Universidade  
Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. IV. Título.

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

Murilo Teles Domingues

### **"CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA DA TERRA DA RPPN "FOZ DO RIO AGUAPEÍ": ABORDAGEM BOOLEANA PARA A INTEGRAÇÃO DE IMAGENS TM-LANDSAT E DADOS MULTIFONTE"**

Trabalho de graduação aprovado como um dos requisitos parciais para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Faculdade de Ciências e Tecnologia, *campus* de Presidente Prudente – SP, pela seguinte banca examinadora:



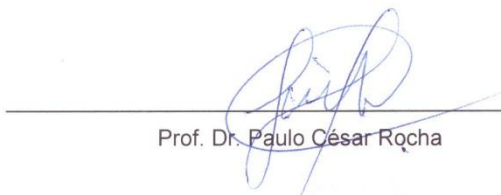
Prof. Dr. Nilton Nobuhiro Imai



Msc. Luiz Henrique da Silva Rotta (Orientador)



Msc. Érika Akemi Saito



Prof. Dr. Paulo César Rocha

Presidente Prudente, 28 de novembro de 2012.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por ter sempre iluminado meu caminho e me guiado para que eu concluísse mais uma etapa da minha vida.

Aos meus pais e meu irmão pelo suporte e amor em todos os momentos da minha vida.

À minha namorada, Alessandra, que durante estes oito anos juntos sempre me deu bons conselhos e ficou ao meu lado.

Ao meu orientador e co-orientador, Nilton e Luiz, pelo tempo disponibilizado ao meu projeto e pelos imensos conhecimentos passados.

Aos membros da CESP, Celso e André, e à professora Maria José, pela amizade, conhecimentos, e companheirismo nos trabalhos de campo e em outras ocasiões.

Aos amigos de faculdade, que nestes cinco anos juntos, me mostraram o que é ter uma segunda família.

E todos aqueles que de alguma forma contribuíram não só pela conclusão do meu curso, mas sim, por ter me ajudado a ser a pessoa que sou hoje.

*"Você pode encarar um erro como uma besteira a ser esquecida, ou como um resultado que aponta uma nova direção"*

(Steve Jobs)

## Resumo

A Companhia Energética de São Paulo – CESP possui seis hidrelétricas no estado de São Paulo. As hidrelétricas, tanto na sua fase de construção quanto na de operação, causam alguns impactos ambientais, de maioria negativa, como por exemplo, o alagamento de regiões antes não alagadas, desvio de cursos de rios, entre outros, trazendo malefícios tanto para a flora quanto para a fauna destes ambientes. Como um meio de compensar estes danos, a CESP adquiriu uma região que sofreu influência da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta, ou Porto Primavera, e a transformou em Reserva Particular do Patrimônio Natural “Foz do Rio Aguapeí”. Por lei ela se enquadra em uma Unidade de Conservação, e deste modo deve ser contemplada por um plano de manejo, ou seja, um documento técnico multidisciplinar o qual permite, simplificadaamente, a prática de ações no seu interior e ao seu redor de maneira sustentável. Esse trabalho visou a elaboração de um mapa da cobertura da terra da reserva para que este plano pudesse ser feito e executado de maneira mais eficiente. Inicialmente, o projeto contou com visitas a campo e reuniões com membros da CESP para que fossem especificadas as classes a conterem no mapa. Posteriormente, foram realizados diferentes tipos de classificações de imagens multiespectrais (TM/Landsat 5), K-Medias, Isoseg e Bhattacharya, dos períodos seco e chuvoso, e assim, com a ajuda das informações de campo e das imagens do Google Earth, foram feitas comparações, na qual a classificação supervisionada do tipo Bhattacharya para o período seco apresentou ser a mais adequada. Tendo conhecimento de que apenas a informação espectral da imagem não seria suficiente para gerar um mapa útil para tal finalidade, foi necessária a obtenção de dados de altitude, disponibilizados pela CESP, de informações geomorfológicas do local, além de algumas informações dadas pela CESP, como uma queimada ocorrida no mesmo ano da aquisição da imagem. Estas informações são conhecidas neste trabalho como dados multifonte. A última etapa foi a utilização de regras booleanas, utilizando a ferramenta Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), para a associação da classificação mais adequada e dos dados multifonte. Todo o processamento de imagens foi realizado no software SRING. Por fim foi feita uma comparação com imagens do Google Earth e o mapa final apresentou grande semelhança com a realidade, e o índice Kappa foi de 0,76 (considerado muito bom).

**Palavras-Chave:** plano de manejo; mapa da cobertura da terra; imagens multiespectrais; classificações; dados multifonte; regras booleanas; google Earth; índice kappa.

## Abstract

The Companhia Energetica de Sao Paulo - CESP owns six hydroelectric dams in the state of São Paulo. The dams, both in its construction and in operation, cause some environmental impacts, most of them negatives, for example, the flooding in regions before not flooded, deviation of the river's course, among others, bringing harm to flora and fauna of these environments. As a way to compensating these damages, the CESP has acquired a region that was influenced by Sérgio Motta Hydroelectric Plant Engineer, or Porto Primavera, and turned it into Reserva Particular do Patrimônio Natural "Foz do Rio Aguapeí". By law it fits in a Conservation Unit, and thus should be contemplate for a management plan, ie, a multidisciplinary technical document which allows, simply, the practice of actions within and around in a sustainably way. This work aimed at developing a land cover map of the reserve for this plan can be made and executed more efficiently. Initially, the project included field visits and meetings with members of the CESP to be specified classes contained on the map. Later, we ran different types of classifications of multispectral images (TM / Landsat 5), K-Medias, Isoseg and Bhattacharya, of dry and rainy seasons, and so, with the help of field information and images from Google Earth, comparisons were made, in which the supervised classification of the type Bhattacharya during the dry season was the most appropriate. Knowing that only the spectral information of the image would not be enough to generate a useful map for this purpose, it was necessary to obtain elevation data, provided by CESP, geomorphological information site, as well as some information given by CESP, as a fire occurred in the same year of image acquisition. These informations are known in this work as multisources. The last step was the use of Boolean rules, using a Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico tool (LEGAL), for the combination of the more appropriate classification and multisources data. The whole image processing was run using the software SPRING. Finally a comparison was made with Google Earth images and the final map showed great resemblance to reality and the index kappa was around 0,76 (considered very good).

**Keywords:** management plan; land cover map; multispectral images; supervised classification; multisources data; boolean rules; google earth; kappa index.



## Lista de Figuras

|                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Localização da RPPN Foz do Aguapeí. Fonte: Suizu, 2012. ....                                                                                                                                                                                         | 13 |
| Figura 2 - Denominação de áreas que compreendem a planície fluvial na foz do Rio Aguapeí. Fonte: Suizu, 2012.....                                                                                                                                               | 17 |
| Figura 3 - Funcionamento do Algoritmo K-MEDIA. Fonte: adaptado Duda & Hart (1973). ....                                                                                                                                                                         | 22 |
| Figura 4 - Fluxograma de execução do trabalho. ....                                                                                                                                                                                                             | 25 |
| Figura 5 - Georreferenciamento das imagens do período chuvoso. ....                                                                                                                                                                                             | 26 |
| Figura 6 - Georreferenciamento das imagens do período seco. ....                                                                                                                                                                                                | 27 |
| Figura 7 - Máscara abrangendo a área da RPPN em estudo.....                                                                                                                                                                                                     | 28 |
| Figura 8 – Recorte das imagens: a) Período Seco; b): Período Chuvoso). Representação espectral 5R – 4G – 3B. ....                                                                                                                                               | 28 |
| Figura 9 - Grade Regular de Altitude na área da RPPN.....                                                                                                                                                                                                       | 31 |
| Figura 10 - Mapa Temático de altitude da RPPN. ....                                                                                                                                                                                                             | 32 |
| Figura 11 - Treinamento do classificador de Bhattacharya (áreas com contorno): a) Vegetação Submontana; b) água; c) Vegetação em solos altamente; d) Vegetação em diques aluviais; e) formações não florestais; f) áreas abertas, antropizadas, pastagens. .... | 33 |
| Figura 12- Planície Aguapeí: a) banda 5 seco/monocromático; b) google Earth. ....                                                                                                                                                                               | 34 |
| Figura 13 - Planície do rio Aguapeí. ....                                                                                                                                                                                                                       | 35 |
| Figura 14 - Dique aluvial do rio Paraná. ....                                                                                                                                                                                                                   | 36 |
| Figura 15 - Confusão: classificação de área queimada como sendo corpo d'água. ....                                                                                                                                                                              | 37 |
| Figura 16 - Classes de Ajuda.....                                                                                                                                                                                                                               | 37 |
| Figura 17 - MRE e suas coodernadas.....                                                                                                                                                                                                                         | 40 |
| Figura 18 - Classificação não supervisionada por regiões, do tipo K-MEDIAS, 8 classes: período seco (a) e chuvoso (b).....                                                                                                                                      | 41 |
| Figura 19 - Classificação não supervisionada por pixel, do tipo Ioseg: período seco (a) e chuvoso (b). ....                                                                                                                                                     | 42 |
| Figura 20 - Imagem classificada com o método de Bhattacharya, limiar de aceitação 95%. ....                                                                                                                                                                     | 43 |
| Figura 21 - Mapa gerado a partir do fatiamento da Banda 5.....                                                                                                                                                                                                  | 44 |
| Figura 22 - Classe: Formações.não.florestais.....                                                                                                                                                                                                               | 45 |
| Figura 23 - Classe: Veget.Sub.....                                                                                                                                                                                                                              | 46 |
| Figura 24 – Classe: Veget.sobre.diques. ....                                                                                                                                                                                                                    | 46 |
| Figura 25 - Classe: Veget.solos.hidromorficos. ....                                                                                                                                                                                                             | 47 |
| Figura 26 - Classe: Água.....                                                                                                                                                                                                                                   | 47 |
| Figura 27 - Classe: Area.aberta.pastagem. ....                                                                                                                                                                                                                  | 48 |
| Figura 28 - Classe: Queimada. ....                                                                                                                                                                                                                              | 48 |
| Figura 29 - Mapa com sete classes, exceto a de Solo Úmido.....                                                                                                                                                                                                  | 49 |
| Figura 30 - Classe: Area.Umida.....                                                                                                                                                                                                                             | 50 |
| Figura 31 - Mapa Final da cobertura da terra da RPPN “Foz do Rio Aguapeí”. ....                                                                                                                                                                                 | 51 |
| Figura 32 - Células criadas. Destaque paras as células 1, 5, 9 e 12 que não estão na área da reserva. .                                                                                                                                                         | 52 |
| Figura 33 - Elementos amostrais.....                                                                                                                                                                                                                            | 53 |
| Figura 34 – a) Região da classe “Formacao nao florestal” no Spring; b) Região da mesma classe no Google Earth. ....                                                                                                                                             | 55 |
| Figura 35 - a) Região da classe “Veget. Submontana” no Spring; b) Região da mesma classe no Google Earth. ....                                                                                                                                                  | 56 |

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 36 - a) Região da classe “Veget. sobre diques” no Spring; b) Região da mesma classe no Google Earth. ....                                   | 56 |
| Figura 37 - a) Região da classe “Veget. em solo hidromórfico” no Spring; b) Região da mesma classe no Google Earth. ....                           | 57 |
| Figura 38 - a) Região da classe “Água” no Spring; b) Região da mesma classe no Google Earth. ....                                                  | 57 |
| Figura 39 - a) Região da classe “Área aberta/pastagens/gramíneas” no Spring; b) Região da mesma classe no Google Earth. ....                       | 58 |
| Figura 40 - a) Região da classe Queimada no Spring (Banda 5 no monocromático; b) Região da mesma classe também no Spring já no produto final. .... | 58 |
| Figura 41 - a) Região da classe “Área.Umida” no Spring; b) Região da mesma classe no Google Earth. ....                                            | 59 |

## SUMÁRIO

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introdução .....</b>                                       | <b>13</b> |
| <b>2. Justificativa .....</b>                                    | <b>16</b> |
| <b>3. Fundamentos Teóricos .....</b>                             | <b>17</b> |
| 3.1. Características da área de estudo .....                     | 17        |
| 3.2. Satélite LANDSAT 5 .....                                    | 19        |
| 3.3. Registro de imagens .....                                   | 19        |
| 3.4. Segmentação .....                                           | 20        |
| 3.5. Classificação de Imagens .....                              | 20        |
| 3.6. Matriz de confusão e Índice Kappa .....                     | 23        |
| <b>4. Materiais e Métodos .....</b>                              | <b>24</b> |
| 4.1. Processos metodológicos.....                                | 25        |
| 4.2. Georreferenciamento e Criação da Máscara da RPPN.....       | 26        |
| 4.3. Classes de Interesse .....                                  | 29        |
| 4.4. Mapa Altimétrico .....                                      | 30        |
| 4.5. Treinamento do classificador do tipo Bhattacharya .....     | 32        |
| 4.6. Criação das Classes de Ajuda.....                           | 34        |
| 4.7. Criação das Regras Booleanas.....                           | 38        |
| 4.8. Aquisição de elementos amostrais para a Análise Kappa ..... | 39        |
| <b>5. Resultados e discussões .....</b>                          | <b>40</b> |
| 5.1. Classificação do tipo K-MEDIA .....                         | 40        |
| 5.2. Classificação do tipo ISOSEG.....                           | 41        |
| 5.3. Classificação do tipo Bhattacharya .....                    | 42        |

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.4. Aplicação das Regras Booleanas e Geração das Classes ..... | 45        |
| 5.5. Controle de Qualidade: Índice Kappa .....                  | 51        |
| 5.6. Comparações com Imagens do Google Earth.....               | 55        |
| <b>6. Considerações Finais .....</b>                            | <b>59</b> |
| <b>7. Referências Bibliográficas .....</b>                      | <b>61</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                                             | <b>65</b> |

## 1. Introdução

A Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) “Foz do Rio Aguapeí” foi reconhecida como tal a partir da RESOLUÇÃO SMA nº 117 DE 09 DE DEZEMBRO DE 2010. A área da reserva é de propriedade da CESP – Companhia Energética de São Paulo, logo, seu responsável legal. Por se tratar de uma Unidade de Conservação, será necessário, por parte do proprietário, cumprir as exigências contidas na Lei Nº 9.985/2000 que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Uma das exigências está contida no Art. 27, que diz que as unidades de conservação devem dispor de um Plano de Manejo. Esta mesma lei entende plano de manejo como sendo um documento técnico, no qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais.

A reserva se situa a oeste do estado de São Paulo, no alto rio Paraná e faz divisa com o Mato Grosso do Sul, abrangendo os municípios de Castilho (SP), São João do Pau d’Alho (SP) e Paulicéia (SP), e ainda é banhada pelos rios Paraná e Aguapeí. Apresenta grandes extensões de várzeas e uma fauna adaptada aos ciclos de cheia e seca, como é o caso do cervo-do-pantanal. Encontra-se na latitude 21° 4'1.87"S e longitude 51°44'50.46"O.

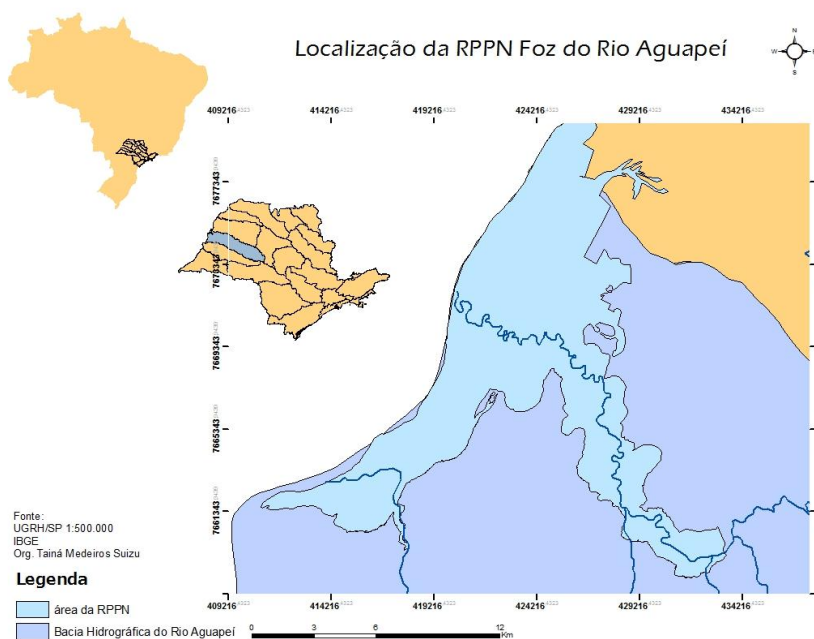


Figura 1 - Localização da RPPN Foz do Aguapeí. Fonte: Suizu, 2012.

Segundo Coughanow (1998), áreas alagáveis são importantes porque além de serem o centro da produtividade biológica elas realizam muitas funções, como a conservação da diversidade biológica, servem como habitat para a vida selvagem, fornecem recursos para comunidades humanas, estão relacionadas com a regulação do ciclo hidrológico e controle de vazão, como outras importantes funções. Está crescendo um consenso de que esses ecossistemas possuem globalmente significância econômica, social e ambiental (Ramsar, 2008). Logo

As imagens de Sensoriamento Remoto vêm servindo como base para diversos tipos de estudos e levantamentos, como ambientais e florestais (Crósta, 1992). Segundo Araújo (1997) a contribuição do SIG se dá ao possibilitar a combinação das informações em uma grande variedade de formas, permitindo, dessa maneira, aumentar a eficiência de manuseio de dados.

Existem muitos trabalhos aplicados em áreas de ecossistemas alagáveis, pode-se citar: Novo (1997) utilizou dados do sensor TM para avaliação de ecossistemas alagáveis na Amazônia. Alfaya (2012) avaliou o uso de dados SRTM e o descritor HAND no mapeamento da região de várzea do rio Amazonas utilizando análise da imagem baseada em objetos. Frazier et al. (2003) apresentou um método que utiliza sequências de imagens TM que compreendem os momentos anterior e posterior da cheia de um rio do pantanal. Freitas (2003) procurou mapear áreas alagáveis do rio Amazonas a partir de um mosaico digital TM/Landsat. Hayakawa (2009) realizou análise multitemporal da região de várzea do rio Paraná utilizando classificação do tipo MAXVER e ISOSEG em imagens TM/Landsat-5.

O presente trabalho tem como objetivo principal gerar um mapa da cobertura vegetal da RPPN Foz do Rio Aguapeí. Para atingi-lo, foi realizada uma avaliação de diferentes algoritmos de classificação, supervisionada e não supervisionada, e a partir do melhor resultado, foram aplicadas regras booleanas para associá-la à altitude do terreno e com classes geomorfológicas, utilizando a ferramenta LEGAL do SPRING, com o intuito de discriminar o maior número possível de alvos.

Desta forma, neste trabalho se buscou uma solução para o problema de classificar uma cena TM/Landsat integrada com dados auxiliares que representam o relevo e a geomorfologia para produzir uma representação da cobertura da terra, uma vez que, a resposta espectral da vegetação em regiões como da RPPN podem se apresentar semelhantes, apesar de constituírem coberturas vegetais distintas que necessitam ser classificadas.

Nesse sentido, a hipótese adotada foi de que a associação de regiões classificadas por métodos supervisionados com dados altimétricos e classes geomorfológicas, pode produzir um refinamento da classificação inicial da imagem multiespectral, de forma que o mapa final seja adequado para representar a cobertura da terra da RPPN em estudo.

## 2. Justificativa

Os trabalhos que foram citados neste tópico utilizaram imagens de média resolução e suas áreas de estudo possuem características semelhantes com a utilizada neste trabalho, como áreas alagadas, água, pastagens e matas, entre outros tipos de regiões.

Leão et al. (2007), utilizaram classificação do tipo ISOSEG e de Bhattacharya com diferentes combinações de bandas, incluindo as espectrais, de componentes principais e do método de mistura linear espectral. Os resultados encontrados mostraram a baixa qualidade em discriminação dos alvos.

Freitas & Cruz (2005), avaliaram o resultado da aplicação de classificadores do tipo ISOSEG, Bhattacharya e MAXVER com combinações de bandas espectrais. Os resultados obtidos mostraram que a concordância em geral foi moderada segundo o índice Kappa.

Suarez & Candeias (2012), utilizaram o classificador do tipo ISOSEG no seu trabalho. Na avaliação dos resultados foram utilizados índice Kappa, exatidão global e acurácia do Usuário e do Produtor. Os valores encontrados mantiveram-se acima de 90% em todas avaliações. Porém, os próprios autores declararam que estes altos valores se devem ao fato de as regiões classificadas serem bem distintas uma das outras. Vale lembrar que esse não é o caso da RPPN Foz do Aguapeí onde a cobertura vegetal de regiões úmidas pode se confundir com a vegetação de outras regiões.

Portanto, como a área de estudo é complexa e apresenta diferentes tipos de ambientes, e sabendo que a discriminação destes diferentes tipos deve fornecer suporte para elaborar e executar um melhor plano de manejo, optou-se em associar os resultados de uma classificação com dados altimétricos, da drenagem fluvial e geomorfológicos para encontrar as classes desejadas.



### 3. Fundamentos Teóricos

#### 3.1. Características da área de estudo

##### Geomorfologia de relevo

Segundo Ross & Moroz (1997) a planície fluvial corresponde áreas essencialmente planas, geradas por depósitos de origem fluvial. O mesmo autor ainda afirma que os terrenos apresentam baixa declividade (inferiores a 2%) e estão localizados às margens dos rios, facilmente sujeitos a inundações periódicas. Devido a estas características, a área da foz é subdividida em Planície e Terraço (Figura 2).

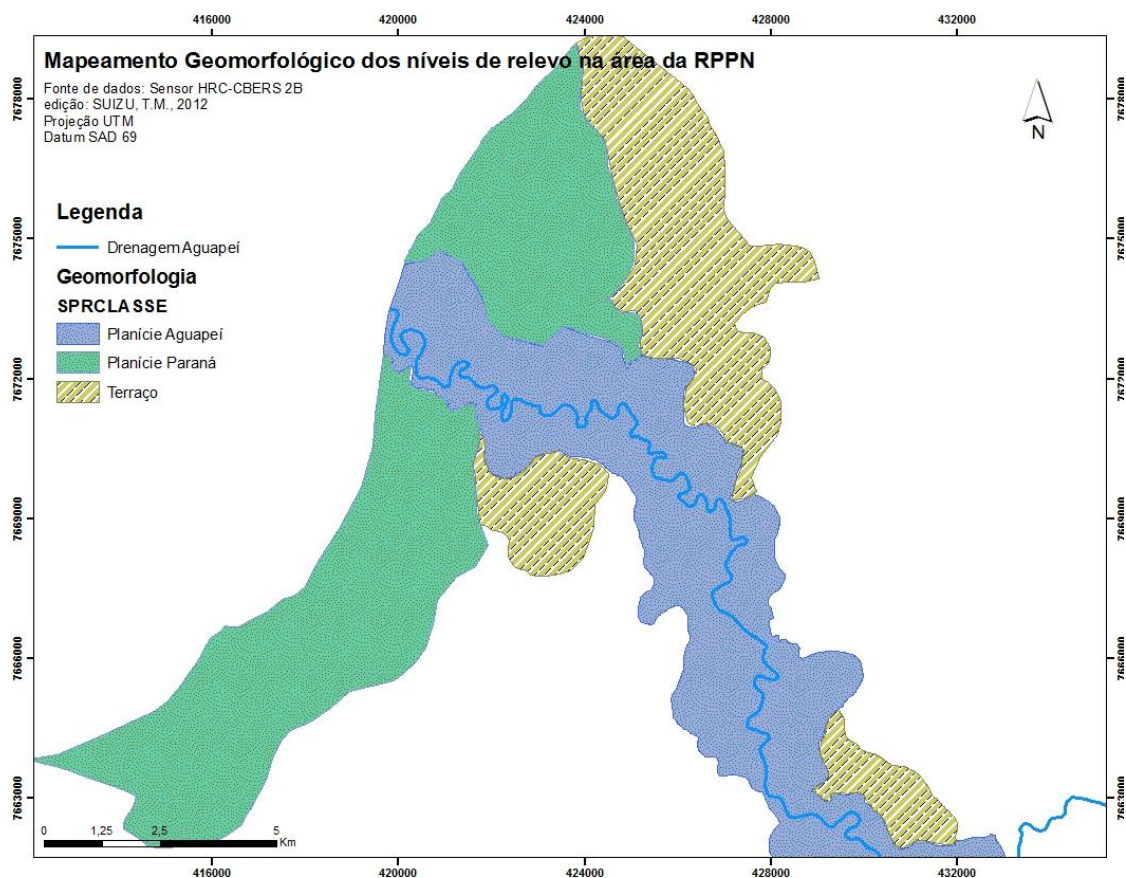


Figura 2 - Denominação de áreas que compreendem a planície fluvial na foz do Rio Aguapeí. Fonte: Suizu, 2012.

A delimitação dos terraços se deu pela presença de marcas no relevo de origem fluvial, como por exemplo: as formas arredondadas originadas pela dinamicidade da antiga planície, e a presença de paleocanais (drenagem fluvial pretérita), hoje ocupados pela vegetação.

Outra característica interessante que se pode notar são as marcas de evidência de solos úmidos, causadas tanto pela ocupação de água nos paleocanais em épocas de chuvas ou pelo afloramento do lençol freático no contato entre o terraço e a planície, uma vez que, há desníveis topográficos entre estas unidades.

Suizu (2012) realizou o mapeamento das planícies através de imagens do mês de janeiro (chuvoso), o qual se pode notar um limite nestas áreas, que são correspondentes às áreas tomadas pela água.

## **Geomorfologia Fluvial**

Como já dito, a área de estudo abrange dois rios, o Paraná e o Aguapeí.

O rio Paraná apresenta características gerais de rio de planalto, com declividade média em torno de 0,8m/km. O rio aguapeí apresenta características gerais de rio meândrico, com um canal principal, que é o curso de água atual, e os meandros abandonados, que não mais possuem ligação com o curso atual, formados pela evolução dos meandros que cortam o pedúnculo através do solapamento basal da margem côncava, resultando em lagos ou pântanos (Christofolletti, 1981).

## **Clima e Precipitação**

Quanto ao clima, segundo Köppen (1948), a região onde a reserva em estudo está inserida apresenta o clima Cwa: mesotérmico com verões quentes e invernos secos, pluviosidade anual entre 1100 e 1300 mm (mês mais seco, menos de 30 mm), temperatura do mês mais quente superior a 22° C e do mês mais frio menor que 18° Celsius.

Em relação às precipitações totais anuais, estas apresentam uma variação entre 1000 e 1400 mm para o período de 1958 a 1978, sendo janeiro e fevereiro os meses mais chuvosos com índices pluviométrico podendo chegar em um dos meses a 600 mm, enquanto que julho e agosto são os meses mais secos, podendo ser desprovidos de precipitações (FRANCISCO, 1989).

### 3.2. Satélite LANDSAT 5

O LANDSAT 5 apresenta, além do sensor MSS, o sensor TM (*Thematic Mapper*), que é um sensor óptico mecânico que registra dados em sete bandas espectrais, nas quais três são da região do visível, uma no infravermelho próximo, duas no infravermelho médio e uma no infravermelho termal, com resolução espacial de 30 metros, exceto para o termal, de 120 metros. Rocha (2000) definiu os potenciais usos destas bandas espectrais, e para fins deste trabalho, optou-se trabalhar com as bandas 3, 4 e 5.

A vegetação verde sadia absorve bastante no intervalo da Banda 3, que compreende 0,63 – 0,69  $\mu\text{m}$  do vermelho, aparecendo escura na imagem; a quantidade de biomassa da vegetação reflete bastante a energia no intervalo da Banda 4, que compreende o infravermelho próximo 0,76 – 0,9  $\mu\text{m}$ , aparecendo clara na imagem; e a Banda 5, que compreende o infravermelho médio, faixa 1,55 – 1,75  $\mu\text{m}$ , é sensível em relação a umidade das plantas, mas o solo exposto pode refletir bastante nesse intervalo, aparecendo claro na imagem (Jensen, 2011).

### 3.3. Registro de imagens

O registro de uma imagem consiste em realizar uma transformação geométrica que relacionam coordenadas da imagem (x, y) com coordenadas de um sistema de referência. Esta operação faz com que uma imagem se ajuste perfeitamente a outra, de forma que cada ponto, na imagem, sobreponha-se ao seu correspondente no plano de informação original, conforme preconizado pelo sistema (INPE, 2002).

Projetos baseados em SIG utilizam um conjunto de planos de informação sobrepostos em um mesmo sistema de referência, por esta razão, o georreferenciamento é essencial para que os projetos tenham precisão e coerência.

### **3.4. Segmentação**

O algoritmo de segmentação utilizado é fundamentado no método de crescimento de regiões, cujos parâmetros de entrada são o limiar de similaridade e a dimensão mínima da área. Trata-se de uma técnica de agrupamento de dados, onde cada região possui uma propriedade numérica que a caracteriza.

Esta técnica segmenta a imagem em um número desconhecido de classes, e deixa para o usuário a função de rotulá-las posteriormente (Richards, 2006).

A região pode ser um pixel ou um conjunto de pixels de acordo com parâmetros espectrais, agregados conforme os critérios de similaridade e de área fornecidos pelo analista (Moreira, 2005).

A união de duas regiões vizinhas é realizada quando a diferença do valor do atributo de cada uma for menor que o limiar de similaridade previamente informado. Se o valor estipulado for muito baixo ocorrerá uma fragmentação excessiva e, se for muito alto, pixels representativos de diferentes classes serão erroneamente agrupados.

### **3.5. Classificação de Imagens**

Para Venturieri e Santos (1998) a classificação de imagens é o estabelecimento de um processo de decisão no qual um pixel ou grupo de pixels é definido como pertencente a uma determinada classe, assim, os sistemas computacionais auxiliam o usuário na interpretação da imagem.

Richards (1986) aponta dois procedimentos para análise de dados multiespectrais. São eles: classificação supervisionada e classificação não supervisionada.

A classificação supervisionada consiste na interação entre o intérprete humano e o sistema de análise, fator esse que possibilita o treinamento do algoritmo de classificação através de amostras usadas para caracterizar ou estimar parâmetros estatísticos de cada classe. O processo pelo qual um conjunto de treinamento é usado para obter as funções de decisão é denominado aprendizagem ou treinamento (GONZALEZ e WOODS, 1993). Este tipo de classificação envolve três etapas: aquisição de dados e pré-processamento, representação dos dados e tomada de decisão.

Classificação não supervisionada baseia-se, particularmente, no princípio de que o algoritmo computacional é capaz de identificar por si só as classes dentro de um conjunto de dados, agrupando os pixels segundo suas características espectrais. Os grupos formados são denominados clusters (classes espectrais) e o método denominado *clustering*. Neste tipo de classificação, o analista fornece parâmetros como número mínimo e máximo de classes desejadas e iterações, portanto, pode-se dizer que se trata de uma operação exploratória para verificar o que é estatisticamente separável ou não, quais as classes mais evidentes e sua relação com o que deseja discriminar (IBGE, 2001).

### **Algoritmo Bhattacharya**

O classificador de Bhattacharya é um algoritmo de classificação supervisionada, que requer a seleção de áreas de treinamento, podendo utilizar as regiões separadas durante o processo de segmentação ou polígonos representativos das regiões a serem classificadas. Ele utiliza as amostras de treinamento para estimar a função densidade de probabilidade das classes apontadas no treinamento. Em seguida, avalia, em cada região, a distância de Bhattacharya entre as classes (MOREIRA, 2005).

### **Algoritmo Isoseg**

O Isoseg é um algoritmo de agrupamento de dados não supervisionado, aplicado sobre um conjunto de regiões que foram caracterizadas por seus atributos estatísticos (média e

matriz de covariância) na fase de extração de regiões. Em outras palavras, é uma técnica para classificação que procura agrupar regiões a partir de uma medida de similaridade entre elas. A medida de similaridade utilizada consiste na distância de Mahalanobis entre a classe e as regiões candidatas à relação de pertinência com esta classe (MOREIRA, 2005).

### Algoritmo K-MEDIA

É um dos métodos de agrupamento estatístico mais comumente usado, descrito primeiramente por Duda & Hart (1973). O K-MEDIA é um algoritmo para partição de um conjunto de elementos em determinado número de agrupamentos (*clustering*) K, utilizando o método dos mínimos quadrados e o ajustamento das médias (média móvel) no decorrer dos processos de iterações. Seu funcionamento é melhor explicado através do fluxograma abaixo.

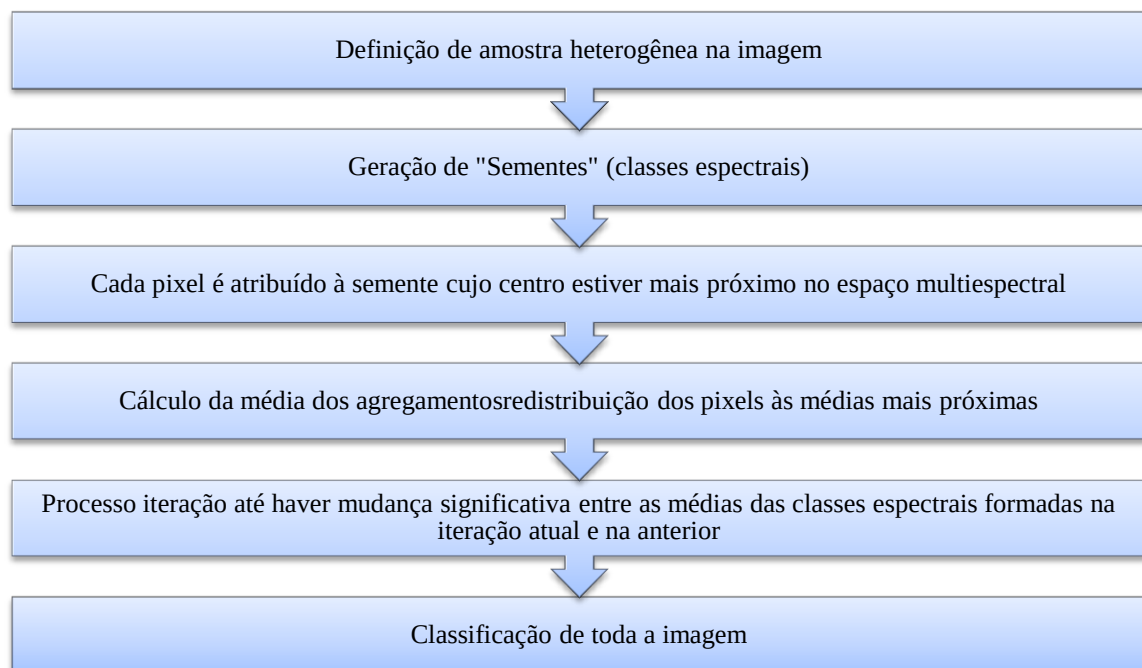


Figura 3 - Funcionamento do Algoritmo K-MEDIA. Fonte: adaptado Duda & Hart (1973).

### 3.6. Matriz de confusão e Índice Kappa

Para a avaliação da acurácia temática são utilizados, como método padrão atualmente, os índices derivados da matriz de confusão, ou também conhecida como matriz de erros. Essa matriz tem como finalidade fornecer informações para descrever a acurácia da classificação e, além disso, caracterizar os erros, ajudando no refinamento da classificação.

Segundo Congalton (1991), a matriz de erro é formada por uma tabela na qual números são dispostos em linhas e colunas. Estes números expressam as unidades de amostras de uma categoria particular relativa, inferida por um classificador, comparado com dados verificados no campo. Porém, este trabalho além de informações obtidas à campo, utilizou imagens de alta resolução do Google Earth para realizar essas comparações.

O índice Kappa, a partir da matriz de confusão, foi utilizado para avaliar a concordância entre a verdade terrestre, como já dito, obtida através de imagens de alta resolução do Google Earth e informações obtidas em campo e o resultado da classificação. Segundo Landis & Koch (1977), o valor da estatística Kappa permite analisar comparativamente os resultados da análise dos mapas resultantes da utilização de dados de sensoriamento remoto, como imagens de satélite, dentro de certas restrições.

Quadro 1 - Qualidade da classificação associada aos valores da estatística KAPPA (Landis & Koch ,1977).

| <b>Valor de Kappa</b> | <b>Qualidade do mapa temático</b> |
|-----------------------|-----------------------------------|
| < 0,00                | Péssima                           |
| 0,00 - 0,20           | Ruim                              |
| 0,20 - 0,40           | Razoável                          |
| 0,40 - 0,60           | Boa                               |
| 0,60 - 0,80           | Muito boa                         |
| 0,80 - 1,00           | Excelente                         |

O coeficiente Kappa pode ser calculado pela equação abaixo:

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^c X_{ii} - \sum_{i=1}^c X_{i+} X_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^c X_{i+} X_{+i}}$$

Onde K é uma estimativa do coeficiente Kappa;  $X_{ii}$  é o valor na linha i e coluna i;  $X_{i+}$  é a soma da linha i e  $X_{+i}$  é a soma da coluna i da matriz de confusão; n é o número total de amostras e c o número total de classes.

#### 4. Materiais e Métodos

Foram utilizadas imagens TM/Landsat 5 de 17/04/2011 e 08/09/2011, ambas de órbita 223 e ponto 75, obtidas no catálogo de imagens do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>). A escolha das imagens foi baseada em datas referentes aos períodos chuvoso (imagem de abril) e seco (imagem de setembro) do local juntamente com a informação de cobertura de nuvens. Foi utilizado o software SPRING 5.2.1 (Camara, 1996) para o processamento das imagens.

Foram utilizados dados de altimetria fornecidos pela CESP. Esses dados foram produzidos a partir da aplicação de técnicas fotogramétricas em pares estéreo.

Também se utilizou o mapa geomorfológico produzido por Suizu (2012), na qual discrimina a Planície Aguapeí das demais áreas.

Vale ressaltar que as visitas de campo contribuíram para o entendimento da região, e atrelado a isso, os membros da CESP puderam passar informações relevantes para o sucesso do trabalho.

Uma ferramenta de grande valia para este trabalho foi o Google Earth. Suas imagens serviram como parâmetros para a análise da eficiência nas diversas etapas do trabalho, além de ajudar na compreensão melhor da área.

Por fim, se aplicou o Índice Kappa para que fosse estimado a precisão do método de classificação elaborado neste projeto.



#### 4.1. Processos metodológicos

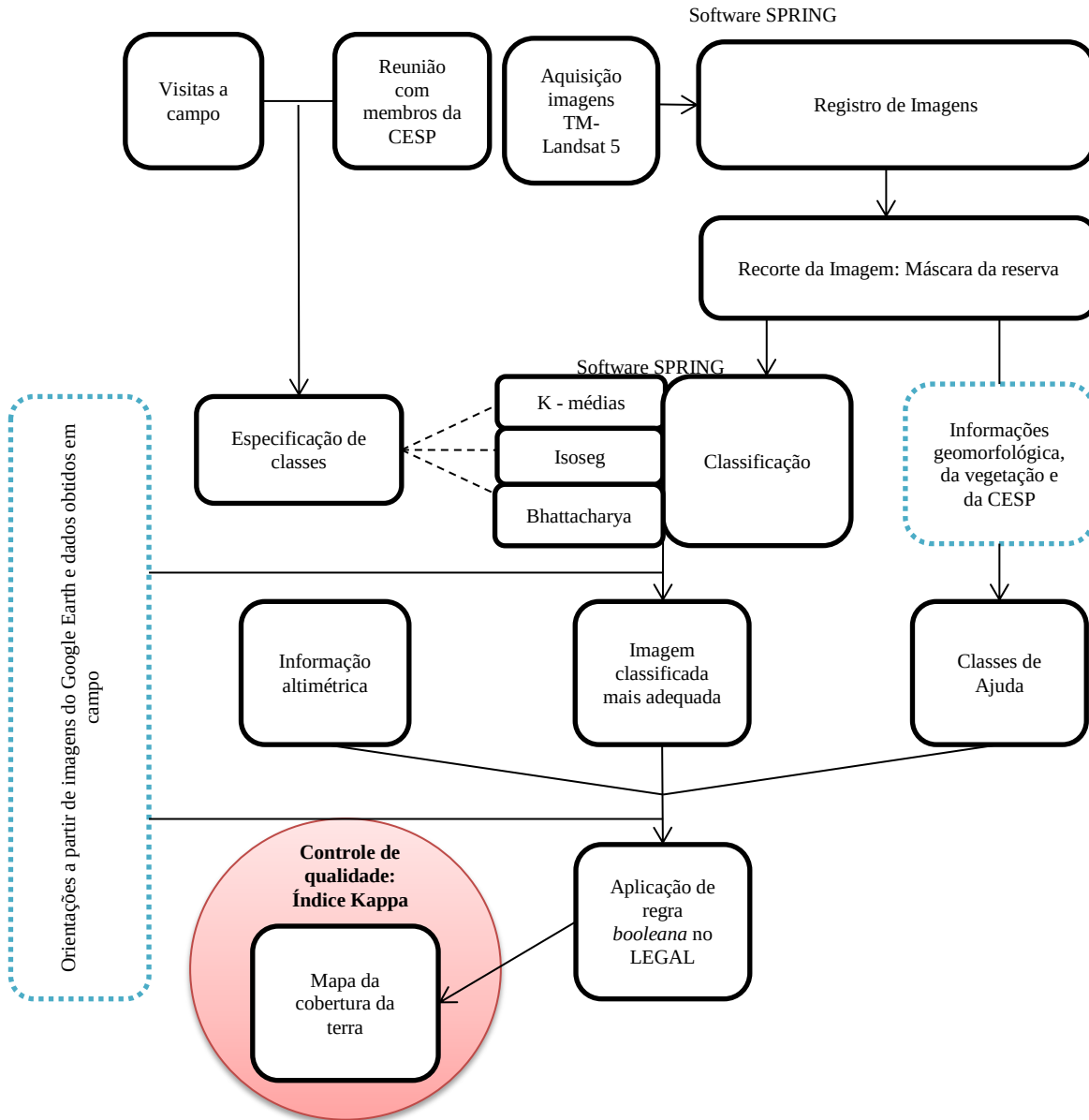


Figura 4 - Fluxograma de execução do trabalho.

## 4.2. Georreferenciamento e Criação da Máscara da RPPN

Para realizar o georreferenciamento das imagens foi utilizada a imagem de descrição S-22-20 do Geocover (disponível no link <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/bin/show.pl?client=sid&image=S-22-20.sid>), uma vez que essa já está ortorretificada. Para facilitar o manuseio dos dados foi feito um recorte neste mapa e, posteriormente, importado no Spring.

As imagens TM/Landsat dos dois períodos (seco e úmido) foram recortadas utilizando a mesma máscara usada no recorte da imagem Geocover. Em seguida, foram exportadas e salvas em formato .spr utilizando o programa Impima. Feito isso, iniciou-se o processo de georreferenciamento, primeiro para as cenas de um período e depois para as do outro.

Foram obtidos 8 pontos de controle para o registro das imagens do período chuvoso e do seco, os erros foram menores que um pixel (contorno em vermelho nas figura 5 e 6), o que considera o georreferenciamento de boa qualidade (confiável). O número de pontos foi considerado adequado considerando a área de estudo.

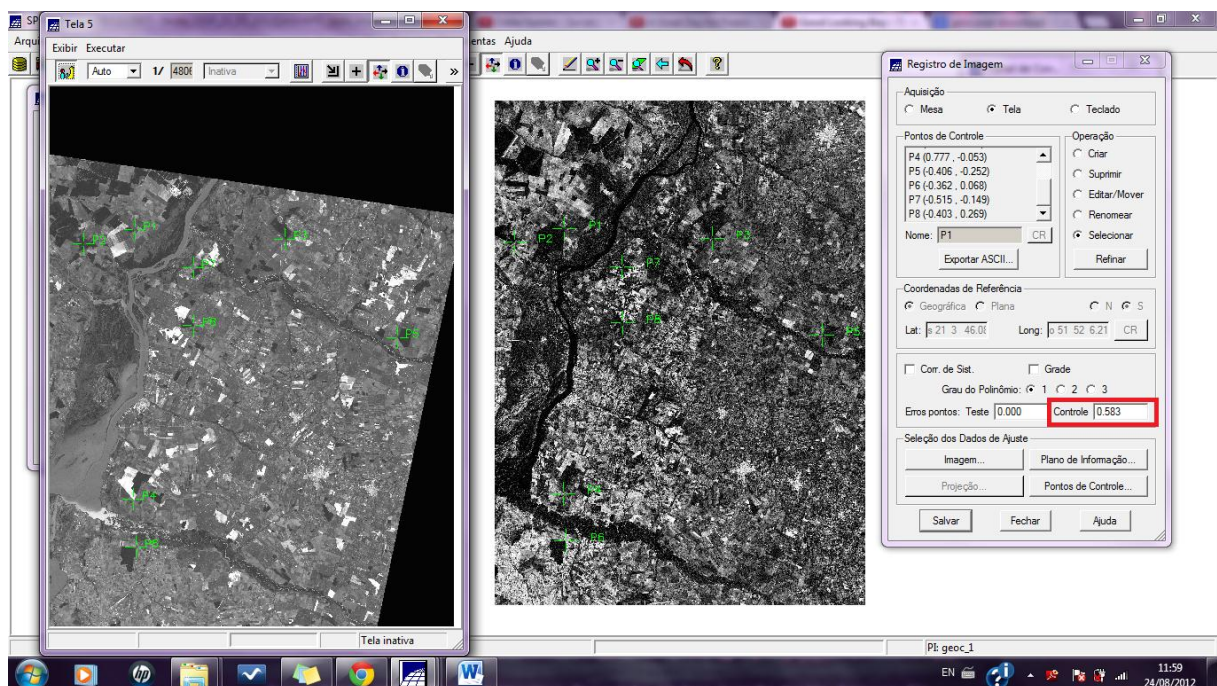


Figura 5 - Georreferenciamento das imagens do período chuvoso.

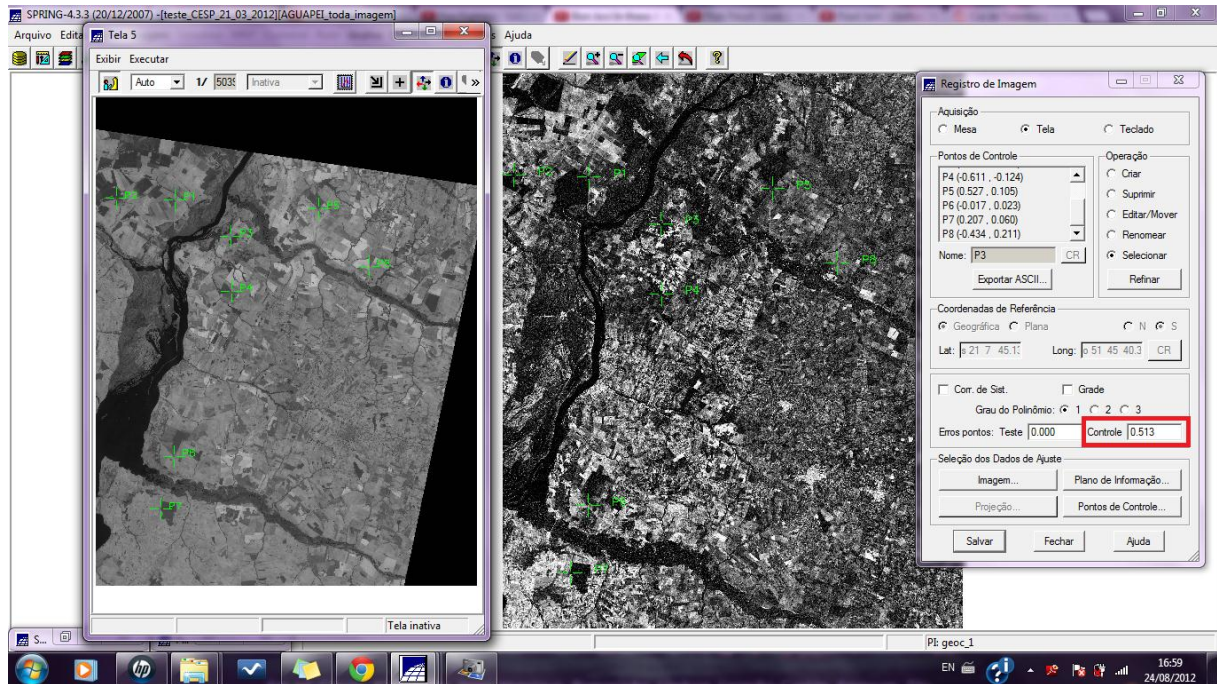


Figura 6 - Georreferenciamento das imagens do período seco.

As imagens registradas foram importadas para o Spring em um novo projeto, e as mesmas foram recortadas novamente, mas agora utilizando uma nova máscara (Figura 8) para que abrangesse somente a área de estudo. Essa máscara foi criada utilizando a opção “edição vetorial”.

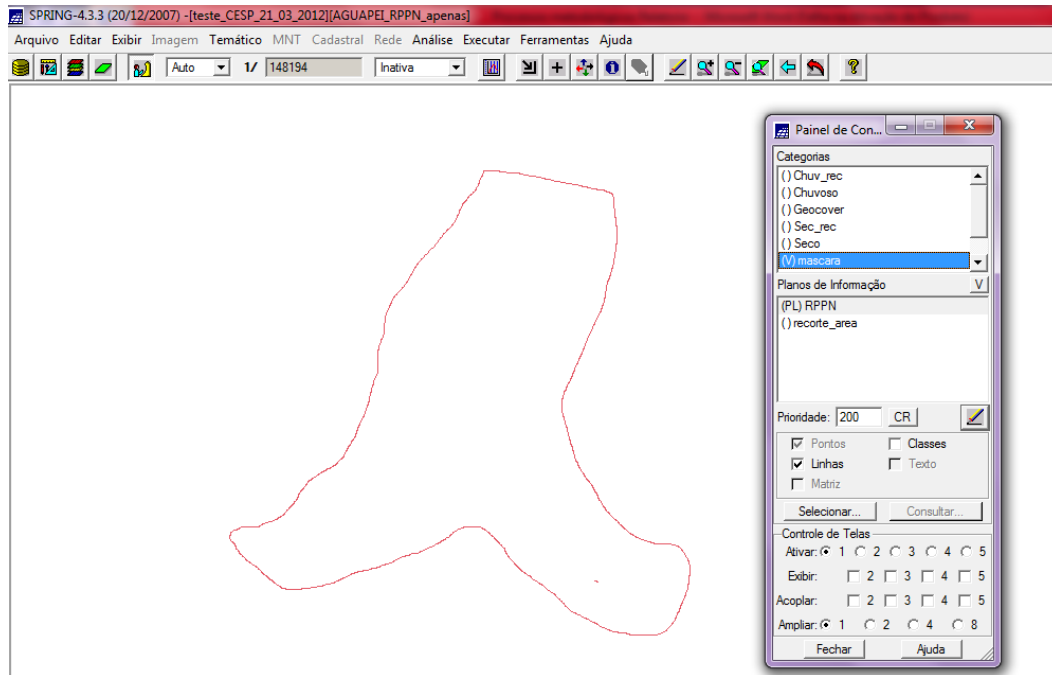


Figura 7 - Máscara abrangendo a área da RPPN em estudo.

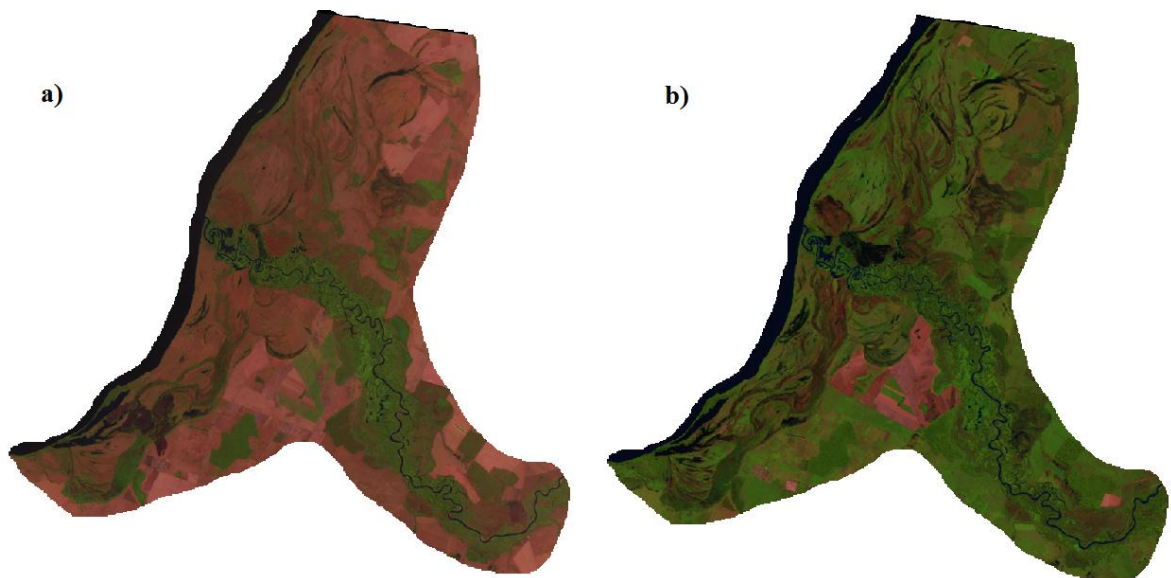


Figura 8 – Recorte das imagens: a) Período Seco; b): Período Chuvoso). Representação espectral 5R – 4G – 3B.

É perceptível o crescimento da vegetação no período chuvoso (coloração esverdeada na Figura 8 - b), e ao se comparar, boa parte desta cresce sobre as regiões de áreas abertas,

pastagens (coloração amarronzada na Figura 8 - a), o que se pode concluir que são predominantemente gramíneas.

#### 4.3. Classes de Interesse

De acordo com o mapa do IBGE de vegetação do Brasil, na escala de 1:5.000.000, a área se encontra dentro da região fitoecológica da Floresta Estacional Semidecidual. Na reserva, são encontradas duas subcategorias da Floresta Estacional Semidecidual, são elas: Aluvial e Submontana. A primeira por sua vez se subdivide em outras 2 classes: Agrupamentos situados em solos altamente hidromórficos, e Agrupamentos em áreas sobre diques aluviais. Completando o quadro de classes vegetais tem-se: Formações não florestais. Por fim, este trabalho aborda também mais 4 classes complementares, são elas: Água, Área antropizada, Área Úmida e Queimada (ocorrida no mesmo período de aquisição da imagem). Logo, este estudo adota o total de 8 classes (Tabela 1). A classe “Área Úmida” a princípio não fazia parte do projeto, porém, ao se analisar algumas áreas da reserva, percebeu-se ser muito comum sua ocorrência na região, logo, surgiu a importância de enquadrá-la como uma das classes.

Tabela 1 – Classes contidas no projeto.

|                                  |            |                                                        |
|----------------------------------|------------|--------------------------------------------------------|
| Floresta Estacional Semidecidual | Aluvial    | Agrupamentos situados em solos altamente hidromórficos |
|                                  |            | Agrupamentos em áreas sobre diques aluviais            |
|                                  | Submontana |                                                        |
| Formações Não Florestais         |            |                                                        |
| Água                             |            |                                                        |
| Área úmida                       |            |                                                        |
| Área aberta, pastagens           |            |                                                        |
| Queimada                         |            |                                                        |

#### 4.4. Mapa Altimétrico

A CESP disponibilizou os dados de altitude da região. O processamento destes dados seguiu a seguinte ordem:

- i) importação no SPRING dos dados em formato .spr, entidade “Grade Regular/Matriz” em um PI de categoria MNT (Figura 9);
- ii) o PI foi recortado para abranger apenas a área de estudo utilizando a máscara da RPPN (Figura 7);
- iii) fatiamento do PI MNT para geração de um mapa temático de altitude (Figura 10).

O fatiamento foi realizado com o intuito de entender melhor a relação entre a altitude e a vegetação local. Nota-se que a menor altitude é próxima de 250 e a maior de 290, então, para o fatiamento, utilizou-se um intervalo de 2 metros de 250 até 270, gerando um total de 10 classes, intervalo de 5 metros de 270 a 275, e intervalo de 15 metros de 275 a 290, totalizando 12 classes. A escolha destes valores se deu após uma análise criteriosa dos valores de altitude, observando assim uma pequena variação na altura dos terrenos dentro da planície, e um aumento fora dela. O valor observado fora da planície foi maior ou igual a 270, e como a variação a partir deste valor não é significativo para este trabalho, adotaram-se variações altas se comparadas com as adotadas dentro da planície, que foram intervalos de 2 metros. A adoção do intervalo de 2 metros dentro das planícies foi necessária e importante, pois permitiu entender melhor a relação de altitude com a vegetação. Vale ressaltar que o que contribuiu bastante para o entendimento desta relação foram as imagens do Google Earth.

|   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| + | +     | +     | +     | +     | +     | +     | +     | 253.6 | +     | +     | +     | +     | +     |
| + | +     | +     | +     | +     | +     | +     | 257.6 | 265.3 | 268.8 | 265.8 | 267.2 | +     | +     |
| + | +     | +     | +     | +     | +     | +     | 259.7 | 283.6 | 263.2 | 267.0 | 267.0 | +     | +     |
| + | +     | +     | +     | +     | +     | 261.6 | 259.7 | 264.2 | 265.3 | 270.1 | 280.6 | +     | +     |
| + | +     | +     | +     | +     | 261.1 | 263.0 | 261.3 | 262.4 | 263.1 | 272.4 | 270.9 | +     | +     |
| + | +     | +     | +     | +     | 262.5 | 259.8 | 259.9 | 263.7 | 264.4 | 271.6 | +     | +     | +     |
| + | +     | +     | +     | +     | 259.9 | 256.6 | 257.2 | 259.0 | 263.1 | 283.4 | +     | +     | +     |
| + | +     | +     | +     | +     | 260.7 | 258.4 | 260.5 | 260.5 | 259.2 | +     | +     | +     | +     |
| + | +     | +     | +     | 260.5 | 259.9 | 261.6 | 263.0 | 261.1 | 271.7 | 274.6 | +     | +     | +     |
| + | +     | +     | +     | 259.1 | 259.7 | 274.0 | 274.0 | 274.4 | 268.3 | 275.9 | +     | +     | +     |
| + | +     | 260.1 | 257.5 | 259.9 | 265.0 | 272.9 | 273.9 | 274.8 | 261.9 | 262.9 | 267.9 | +     | +     |
| + | 273.6 | 282.4 | 261.9 | 272.2 | 277.4 | 275.1 | +     | 273.0 | 263.7 | 263.9 | 275.9 | +     | +     |
| + | 267.9 | 259.3 | 266.9 | 272.5 | +     | +     | +     | +     | 275.0 | 273.2 | 265.1 | 283.1 | 267.3 |
| + | +     | +     | +     | +     | +     | +     | +     | +     | +     | 277.1 | 285.0 | 266.1 | 272.4 |
| + | +     | +     | +     | +     | +     | +     | +     | +     | +     | +     | +     | 276.2 | 282.7 |

Figura 9 - Grade Regular de Altitude na área da RPPN.



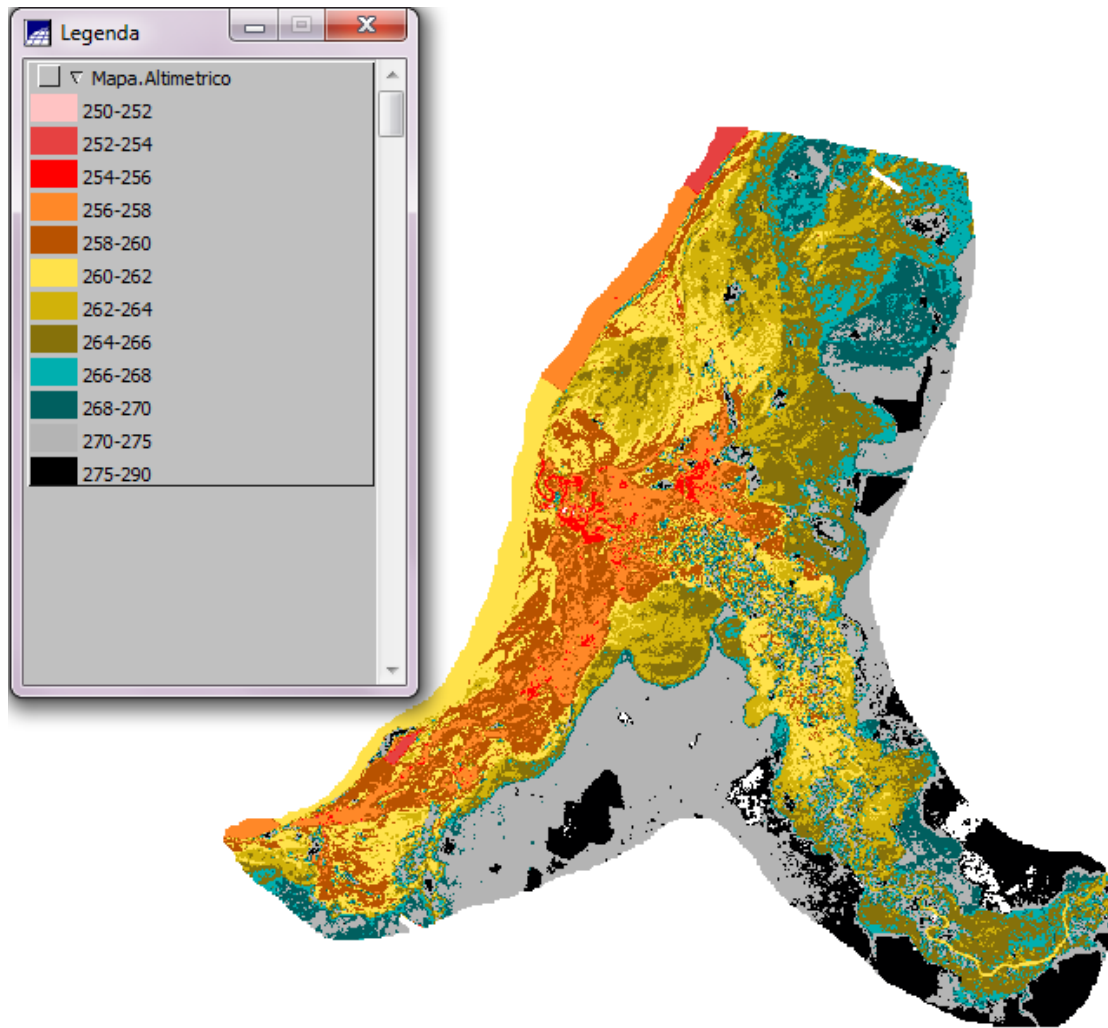


Figura 10 - Mapa Temático de altitude da RPPN.

#### 4.5. Treinamento do classificador do tipo Bhattacharya

Neste tipo de classificador é preciso informar previamente algumas informações para que as classes de interesse sejam criadas. A figura abaixo mostra as regiões relacionadas com cada classe. Ela representa o treinamento do classificador do tipo Bhattacharya, método supervisionado por regiões.



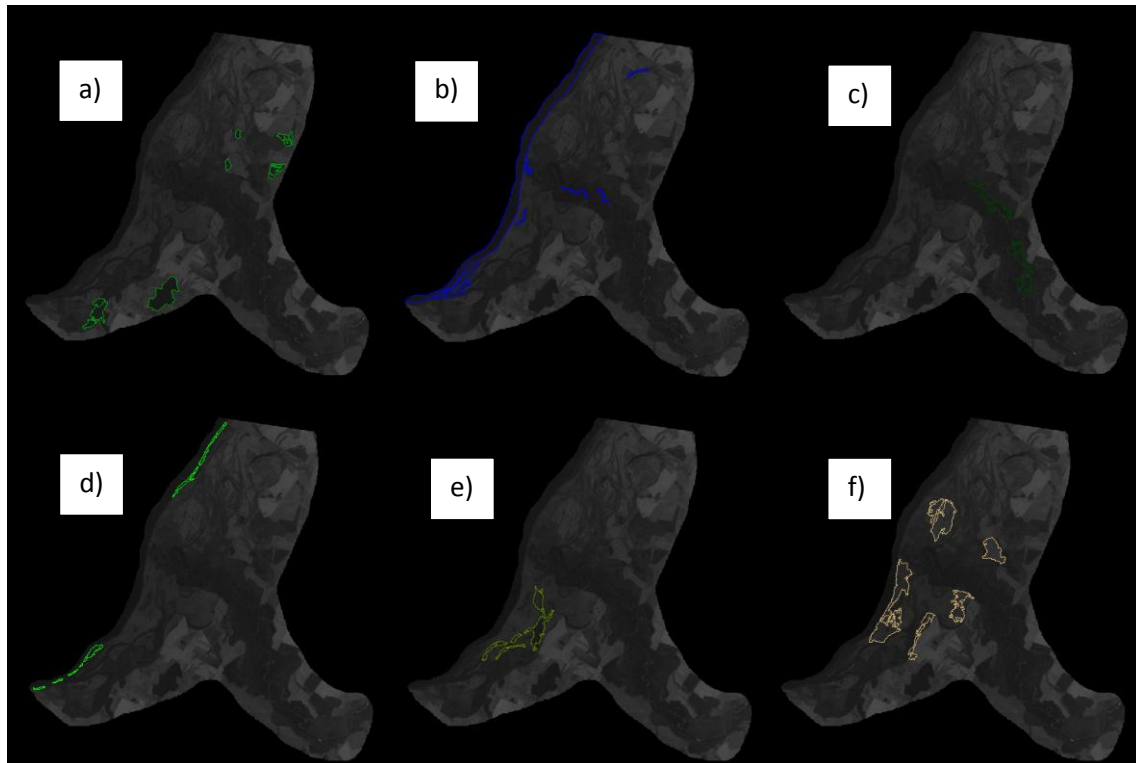


Figura 11 - Treinamento do classificador de Bhattacharya (áreas com contorno): a) Vegetação Submontana; b) água; c) Vegetação em solos altamente; d) Vegetação em diques aluviais; e) formações não florestais; f) áreas abertas, antropizadas, pastagens.

Foram realizados testes com limiar de aceitação acima de 95%, porém, para preservar o maior rigor da classificação, optou-se em adotar o limiar como sendo 95%, obtivendo o resultado mostrado na Figura 20. Outro cuidado tomado foi quanto ao número de amostras selecionadas em cada classe, preservando a realidade dos dados ao serem selecionadas as regiões e o número escolhido das mesmas.

Escolhida a classificação mais satisfatória, a do tipo Bhattacharya, deu-se continuidade ao trabalho.

Foi necessário transformar a imagem em um mapa temático utilizando a opção “Imagem” na barra de ferramentas e em seguida a opção “Mapeamento de Classes para Imagem Temática”.

#### 4.6. Criação das Classes de Ajuda

Para facilitar o estabelecimento das regras booleanas, foram criadas algumas classes com base nas informações geomorfológicas e de informações passadas por membros da CESP, conhecidas neste trabalho como “Classes de Ajuda”. Abaixo seguem as classes e um detalhamento de cada uma. São elas:

a) Planície.Aguapei: região em torno no rio Aguapeí, facilmente identificada com a marca deixada com o período de cheia do mesmo (Figura 2 e 13);

b) Diques.Rio.Paraná: região à margem do rio Paraná, na qual apresenta uma altitude maior se comparadas com as áreas adjacentes, e abriga a vegetação sobre diques aluviais;

c) Queimada: contorno da área onde ocorreu uma queimada no ano de 2011 e que coincidiu de ser no mesmo período de aquisição da imagem do período seco (Figura 15);

d) Fora.Planície Aguapeí: toda a área não compreendida pelas demais (Figura 16), e este nome se deu pois a informação mais importante é que está fora da Planície Aguapeí.

Posteriormente foi preciso transformar as classes vetoriais criadas em classes matriciais para que pudessem ser utilizadas na programação.

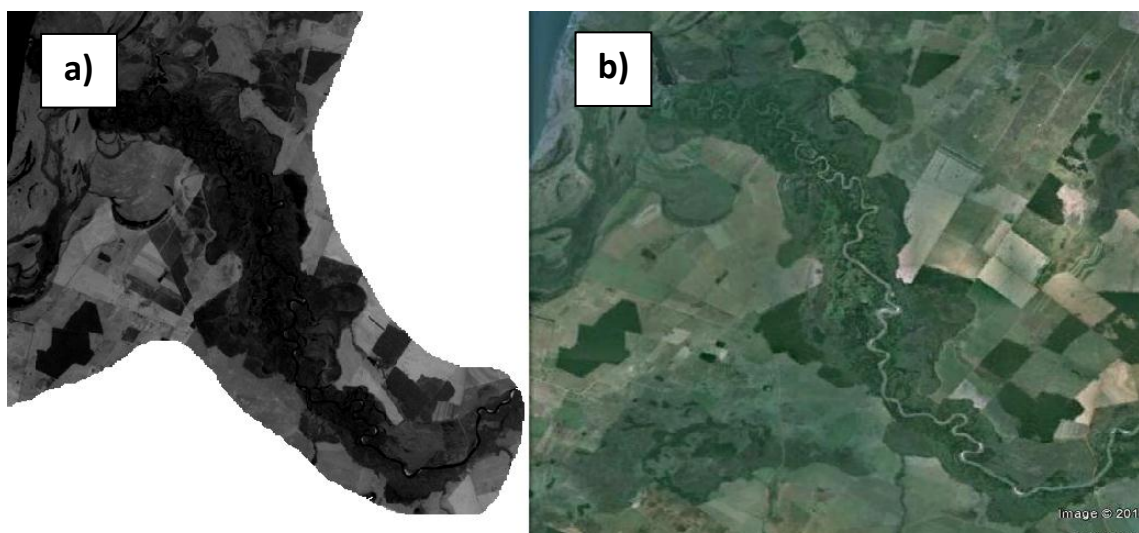


Figura 12- Planície Aguapeí: a) banda 5 seco/monocromático; b) google Earth.

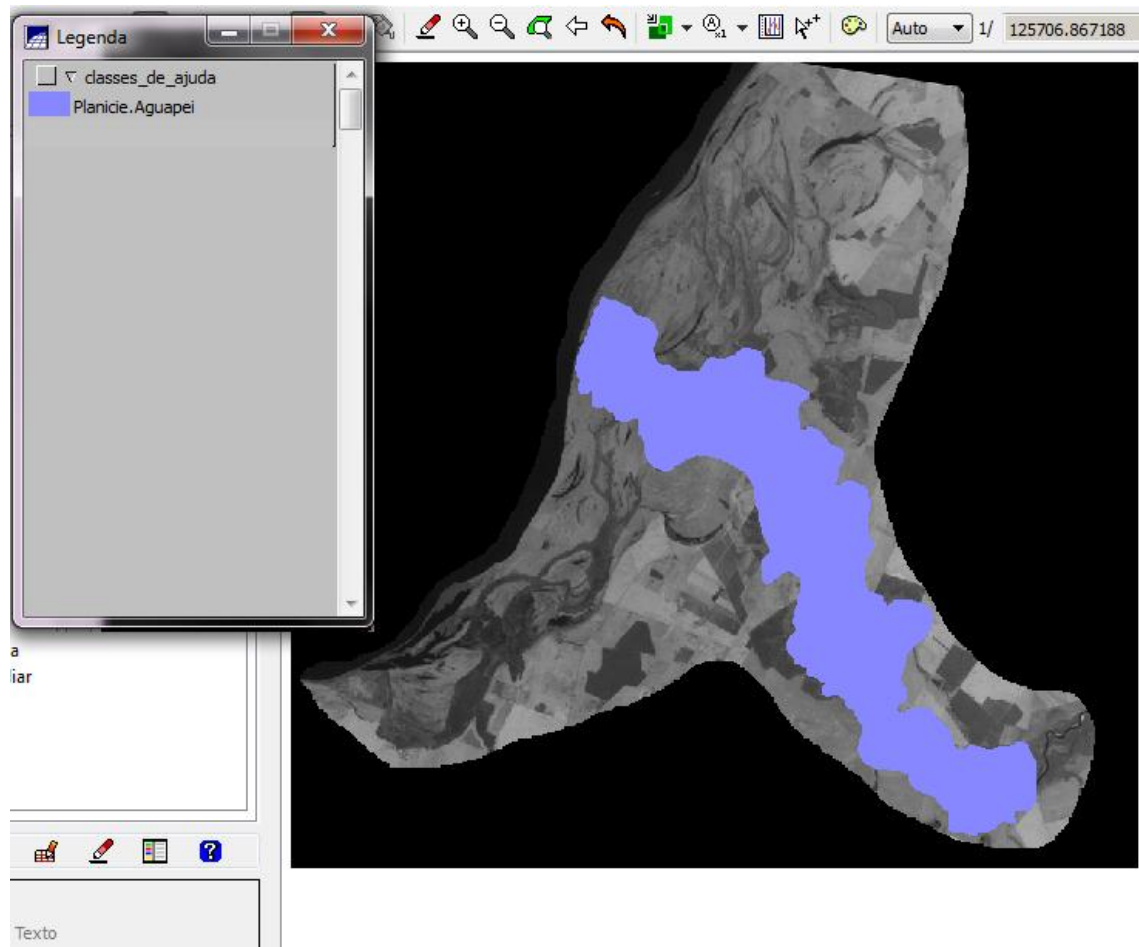


Figura 13 - Planície do rio Aguapeí.

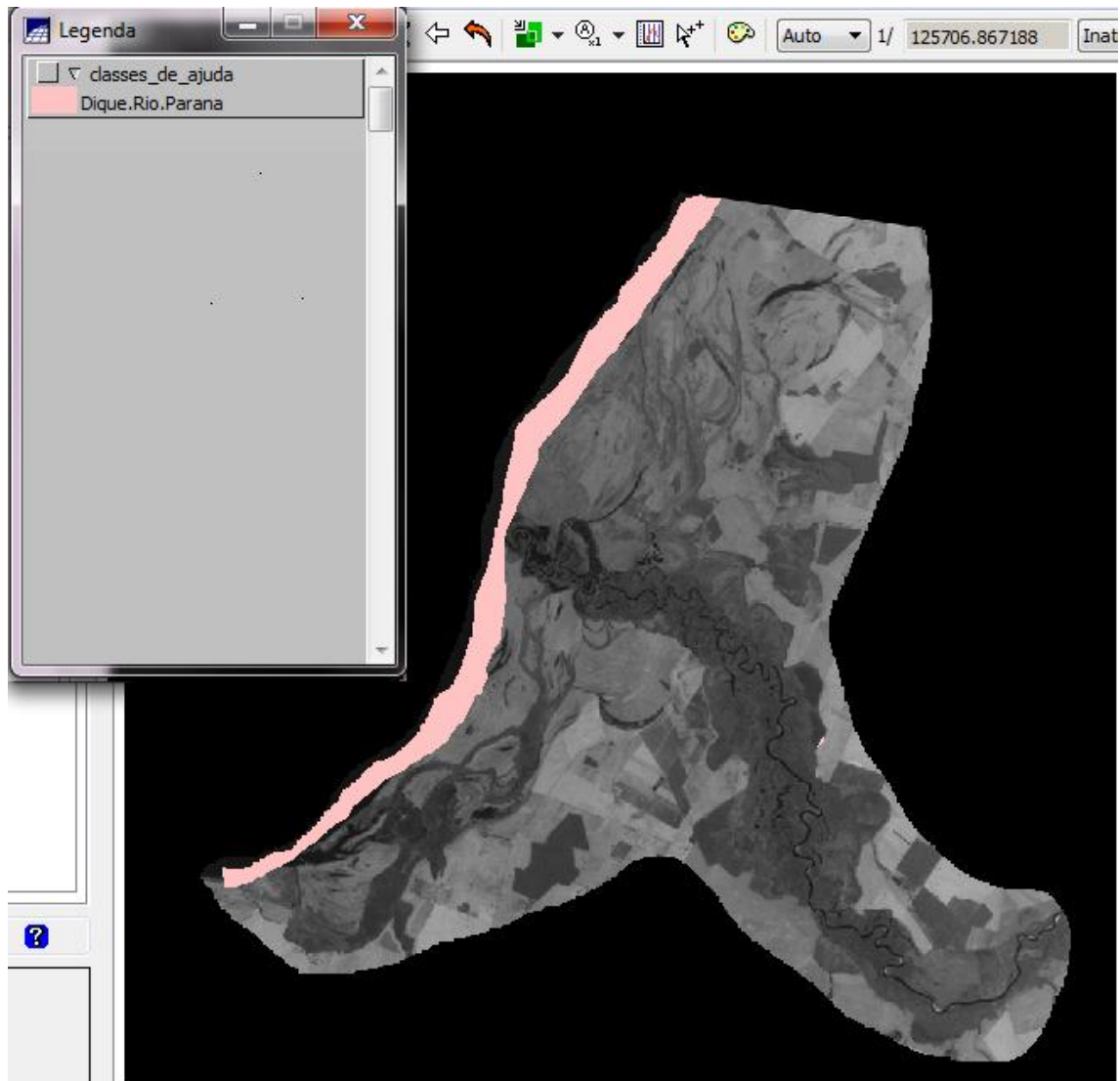


Figura 14 - Dique aluvial do rio Paraná.

A classe de ajuda “Área Queimada” não aparece na Tabela 2, pois ela foi criada apenas para discriminar a área de queimada com a água, uma vez que, a queimada foi classificada como sendo água (Figura 20).

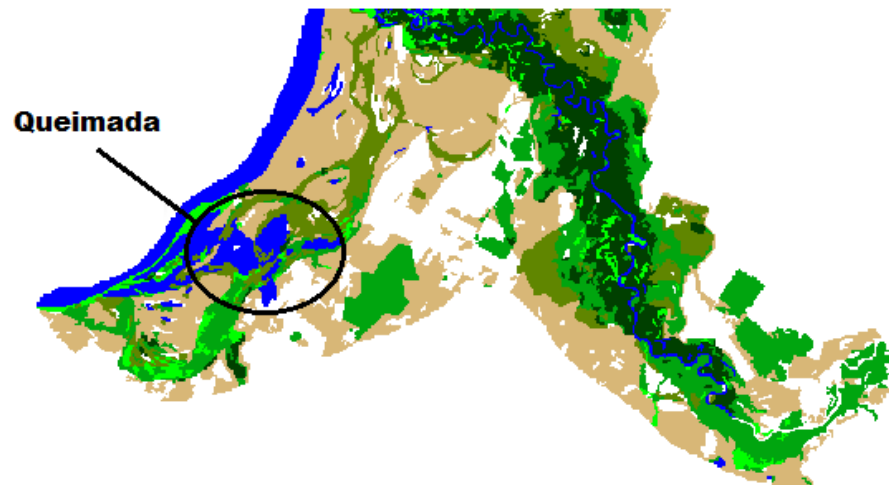


Figura 15 - Confusão: classificação de área queimada como sendo corpo d'água.

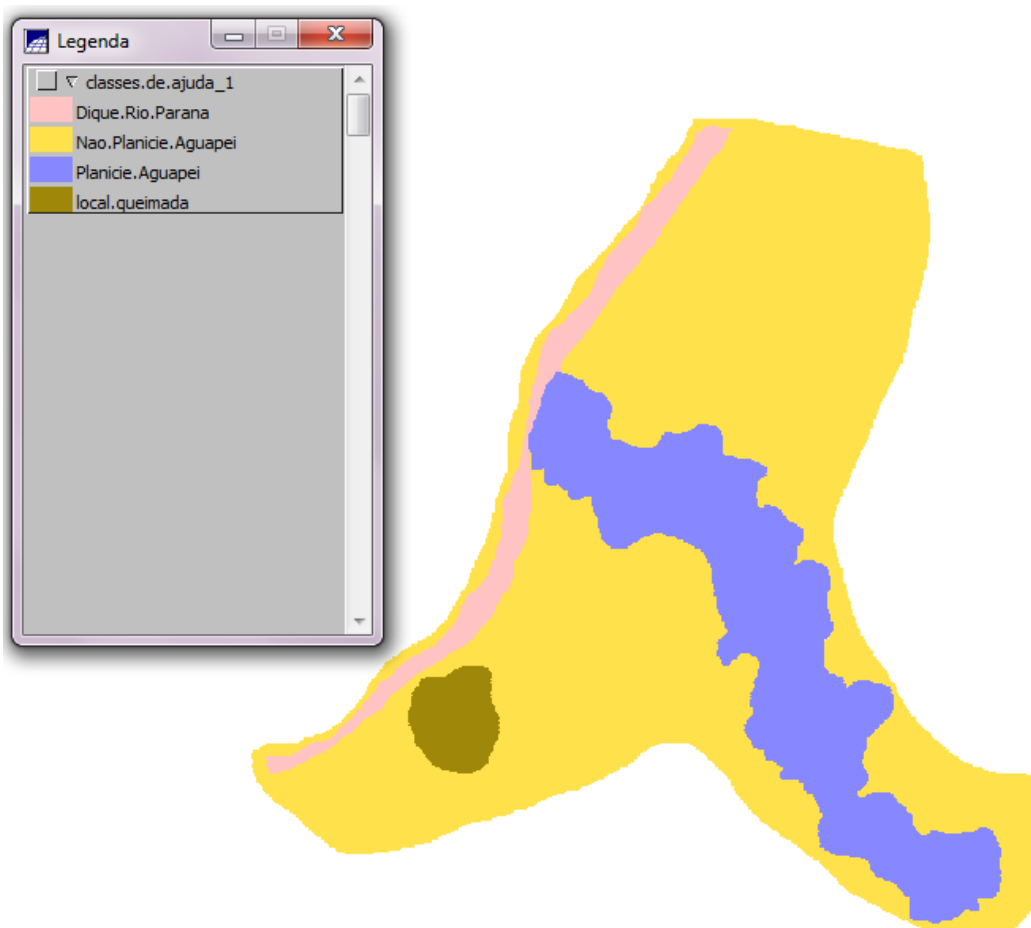


Figura 16 - Classes de Ajuda.

#### 4.7. Criação das Regras Booleanas

A Tabela 2 apresenta um resumo das classes de interesse e as respectivas regras booleanas adotadas nos algoritmos implementados no LEGAL.

Tabela 2 – Cruzamento de informações para gerar as regras booleanas.

|                      |                           | Classes de Ajuda   |                  |                      |                                  |
|----------------------|---------------------------|--------------------|------------------|----------------------|----------------------------------|
|                      |                           | Planície Aguapeí   | Dique Rio Paraná | Não Planície Aguapeí |                                  |
| Classes de interesse | Veget.Sub                 |                    |                  | $h \geq 267$         | Localização altimétrica (metros) |
|                      | Veget.solos.hidromorficos | $h > 266$          |                  |                      |                                  |
|                      | Formações.não.florestais  | $266 > h \geq 250$ |                  | $h \leq 270$         |                                  |
|                      | Veget.sobre.diques        |                    | $h \geq 260$     |                      |                                  |
|                      | área.aberta.pastagem      |                    |                  |                      |                                  |
|                      | Água                      |                    |                  |                      |                                  |

De acordo com a tabela acima é possível estabelecer as regras booleanas adotadas:

- i) A vegetação do tipo Submontana (classe de interesse “Veget.Sub”) não se encontra na “Planície Aguapeí” e nem no “Dique Rio Paraná”, porém, se encontra na altitude igual ou maior que 267 metros;
- ii) A vegetação de solos altamente hidromórficos (classe de interesse “Veget.solos.hidromorficos”) está presente apenas na “Planície Aguapeí” e se encontra acima ou na altitude de 266 metros;

- iii) A vegetação do tipo formações não florestais (classe de interesse “Formações.nao.florestais”) está presente na “Planície Aguapeí” entre as altitudes de 266 e 250, e na “Não Planície Aguapeí” abaixo de 270 metros de altitude;
- iv) A área aberta, que corresponde às pastagens e áreas antropizadas foram classificadas com poucos erros. Algumas regiões dessa classe que não foram classificadas corretamente estão incluídas nas áreas em branco, ou seja, não foram reconhecidas em nenhuma classe (Figura 20);
- v) A classe “Água” apresentou algumas confusões, pois, incluiu a área queimada pertencente a esta classe.

#### 4.8. Aquisição de elementos amostrais para a Análise Kappa

Para a aquisição das coordenadas de forma aleatória, foram realizados os seguintes passos:

- a) Englobamento do mapa final no menor retângulo envolvente (MRE), com o canto superior esquerdo de coordenada plana:  $X_1$ : 412356,610546 e  $Y_1$ : 7680659,948310; inferior direito de coordenada plana:  $X_2$ : 435442,041642 e  $Y_2$ : 7657392,787637.
- b) Divisão do MRE em 20 células regulares, do seguinte modo: divisão do menor lado em 4 partes e do maior em 5, o produto cartesiano forma as 20 células.
- c) Cálculo do número de elementos amostrais necessários em cada célula. Congalton (1988b) sugere que o número de elementos amostrais para uma área de estudo menor que um milhão de hectares e com menos de 12 classes seja 50 elementos por classe. Adotou-se, neste projeto, 8 classes, e a reserva possui 8.885 hectares, logo, foi necessária a aquisição de 400 pontos.
- d) Os elementos, em cada célula, foram encontrados a partir da ferramenta “aleatórioentre” do Excel. Utilizaram-se as coordenadas do canto superior esquerdo ( $X_1$ ;  $Y_1$ ) e inferior direito ( $X_2$ ;  $Y_2$ ) para delimitar cada. Em seguida, foram sorteados aleatoriamente valores entre  $X_1$  e  $X_2$ , e  $Y_1$  e  $Y_2$ . O primeiro valor aleatório encontrado para a Longitude foi combinado com o primeiro para a

Latitude, formando a primeira coordenada aleatória e assim sucessivamente, até atingir o valor necessário de elementos amostrais.

- e) Elementos que caíram nas regiões brancas (que não fazem parte do mapa) foram descartados e não foram incluídos na avaliação.

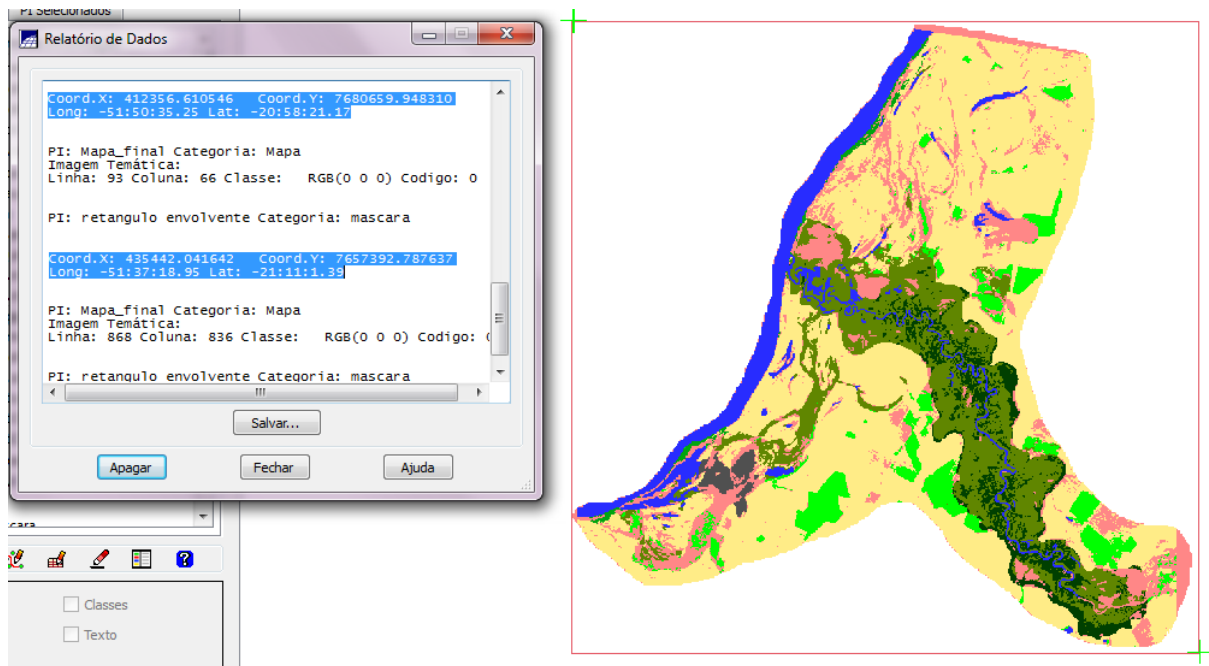


Figura 17 - MRE e suas coordenadas.

## 5. Resultados e discussões

### 5.1. Classificação do tipo K-MEDIA

Utilizou-se para o número de temas o valor 8 e o de iterações 10. E os resultados estão apresentados na figura abaixo.



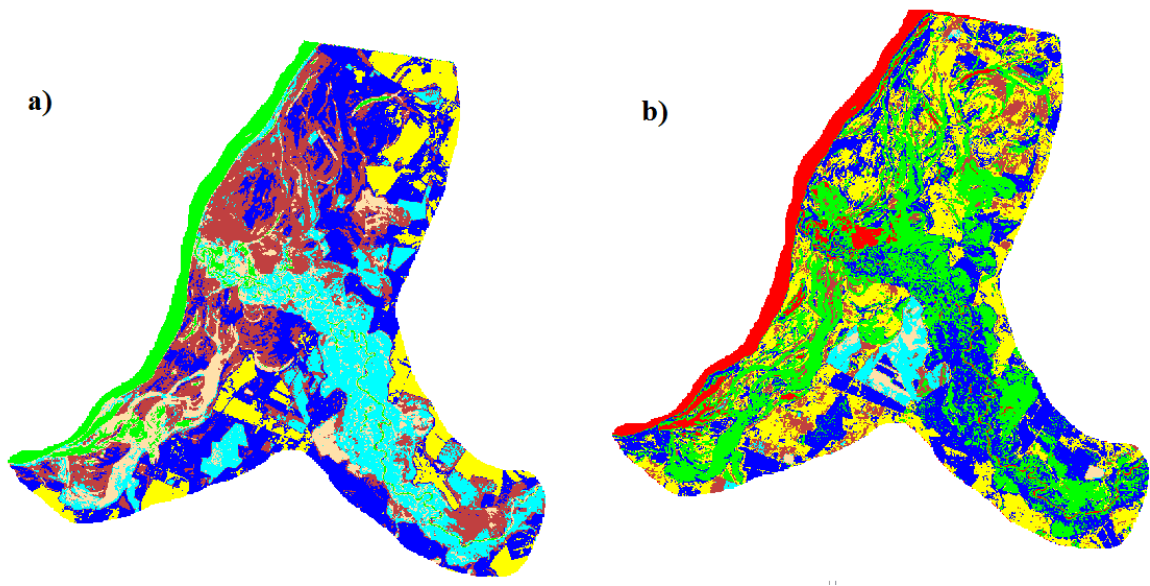


Figura 18 - Classificação não supervisionada por regiões, do tipo K-MEDIAS, 8 classes: período seco (a) e chuvoso (b).

Observações quanto à classificação por K-MEDIAS:

- Confusão entre as classes em ambos os períodos.
- Não produziu o resultado esperado, ou seja, não discriminou as classes de forma satisfatória.
- Confusão maior para o período chuvoso (Figura 18 - b) → sensibilidade elevada à umidade da banda 5 do TM/Lansat 5.

## 5.2. Classificação do tipo ISOSEG

Utilizou-se um limiar de aceitação de 95% e número de iterações 5. Este tipo de classificador não é possível informar o número de classes desejado, é criada uma quantidade de classes que o classificador acredita ser suficiente para não perder informações da imagem. Os resultados estão apresentados na figura abaixo.

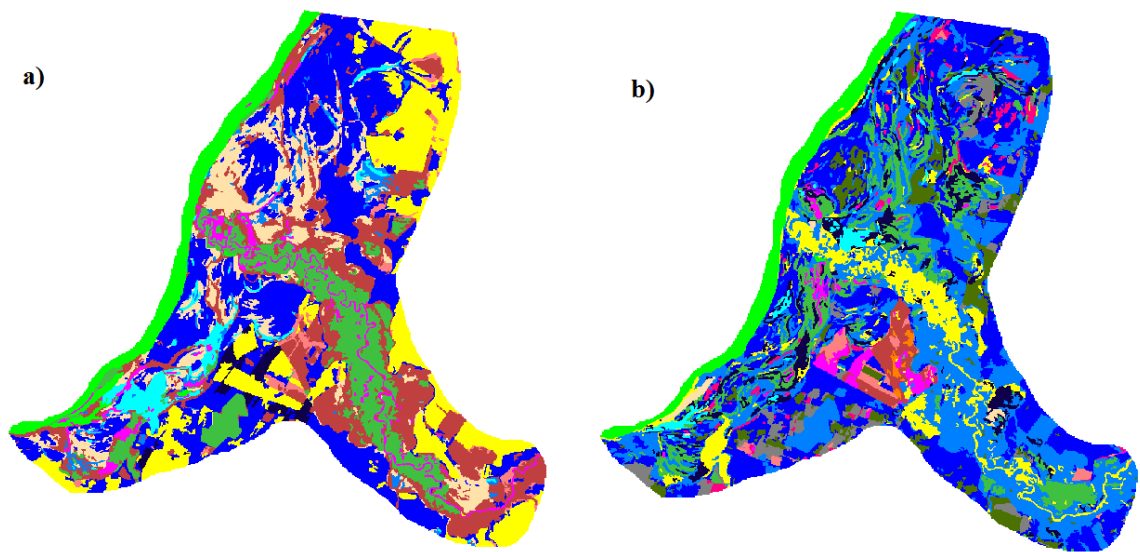


Figura 19 - Classificação não supervisionada por pixel, do tipo Isoseg: período seco (a) e chuvoso (b).

Observações quanto à classificação por Isoseg:

- Criação de um maior número de classes em relação à realidade da área de estudo (8 classes);
- Alta confusão entre as classes;
- Maior confusão para o período chuvoso (Figura 19 - b) e um maior número de classes criadas (18 no total);

### 5.3. Classificação do tipo Bhattacharya

Este tipo de classificação foi a mais adequada, ou seja, apresentou uma maior relação com a realidade. As visitas a campo com membros da CESP e as imagens do Google Earth proporcionaram um entendimento claro das classes existentes na reserva, em especial das suas localizações, fazendo com que regiões referentes às suas respectivas classes pudessem ser informadas corretamente nesta etapa, diminuindo consideravelmente a confusão entre elas.

Testes foram aplicados apenas para as imagens do período Seco, uma vez que, nas classificações abordadas em tópicos anteriores, imagens do período chuvoso não apresentaram resultados satisfatórios.

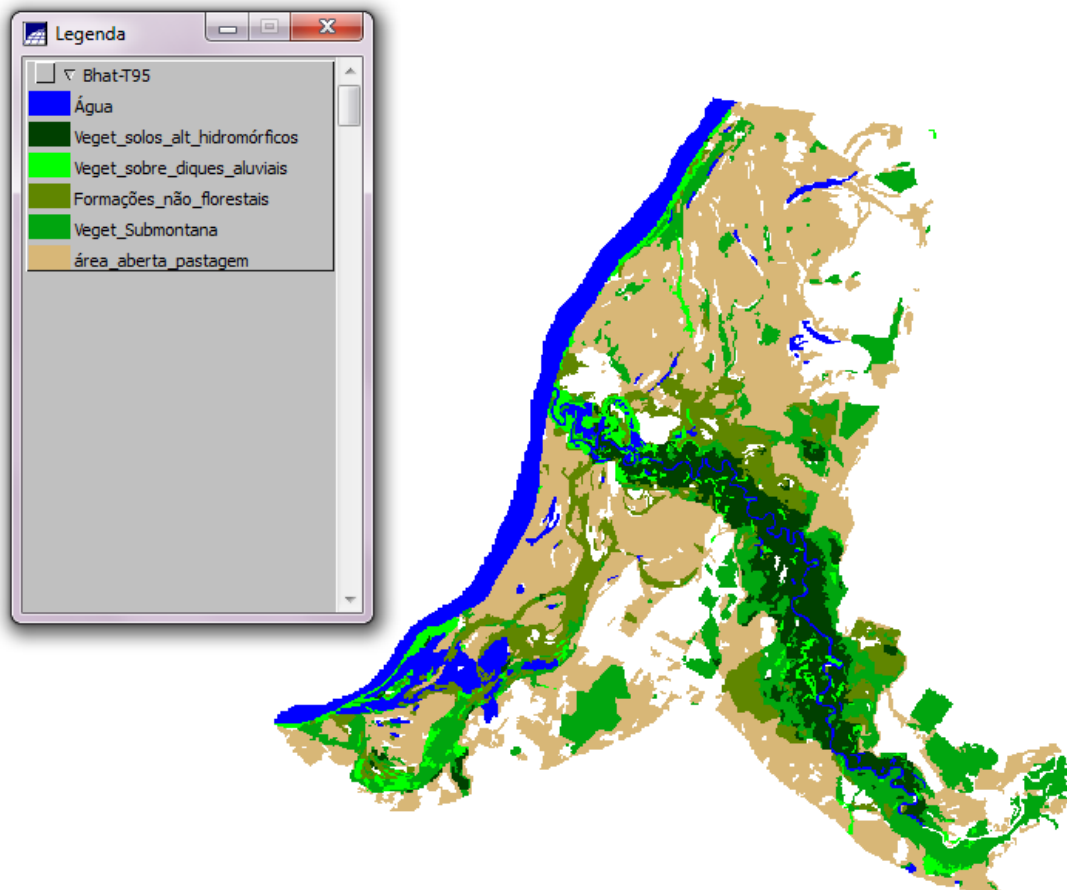


Figura 20 - Imagem classificada com o método de Bhattacharya, limiar de aceitação 95%.

Como foi priorizado o rigor da classificação e utilizado um limiar de 95%, algumas regiões apareceram sem informação, ou seja, no produto desta classificação estas apareceram em branco. Ao se analisar essas regiões, notou-se que grande parte pertencia a áreas de pastagens, antropizadas e/ou solo exposto com ou sem vegetação rasteira, e uma parcela menor, notou-se que pertencia a classe de área úmida. Para sanar este problema foi feito um fatiamento da banda 5 do período seco, pois essa banda discrimina de maneira satisfatória as áreas com elevado valor de resposta em regiões de solo exposto, e a escolha do período seco

foi pelo fato de neste período haver um maior contraste da resposta deste alvo em relação a sua vizinhança.

Para realizar o fatiamento foi realizada uma análise dos valores de pixel nas regiões de pastagem e nas regiões que não eram pastagem, obtendo os valores: regiões de pastagem valores de pixel maiores que 91, e as demais regiões valores de pixel menores que 90 (Figura 19).



Figura 21 - Mapa gerado a partir do fatiamento da Banda 5.

O resultado obtido a partir deste fatiamento foi além do esperado, pois foi observado, com a ajuda de imagens do Google Earth, que toda a área classificada como “Area.aberta.pastagem” condiz de maneira satisfatória com a realidade. As regiões em branco representam a vegetação, a área úmida e a água.

#### 5.4. Aplicação das regras booleanas e geração das classes

A execução dos algoritmos criados em LEGAL gerou os PI's abaixo e suas respectivas classes.

- 1) Formação Não Florestal gerado pelo algoritmo em ANEXO I:

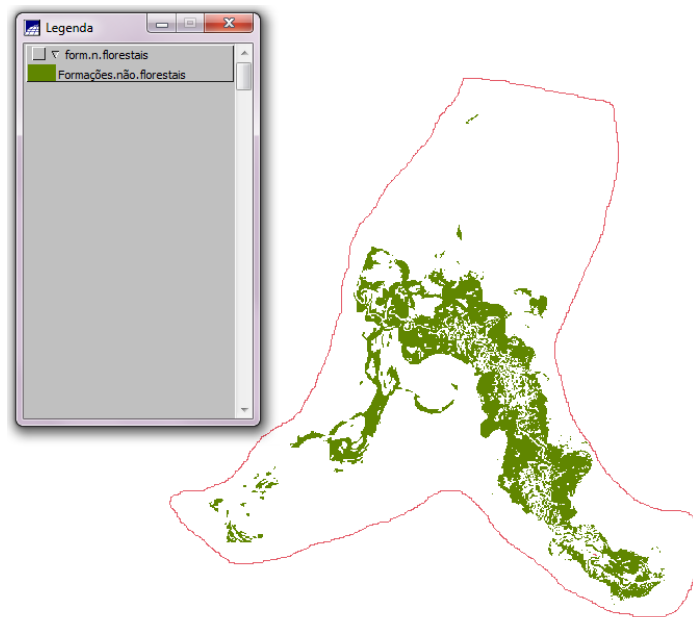


Figura 22 - Classe: Formações.não.florestais.

2) Vegetação Submontana gerado pelo algoritmo em ANEXO II:



Figura 23 - Classe: Veget.Sub.

3) Vegetação Sobre Diques gerado pelo algoritmo em ANEXO III:

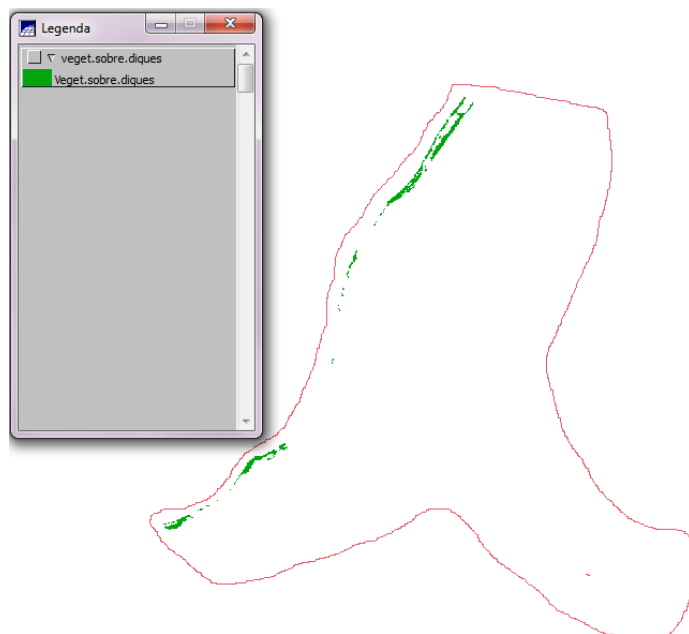


Figura 24 – Classe: Veget.sobre.diques.

4) Vegetação em solo altamente hidromórfico gerado pelo algoritmo em ANEXO IV:

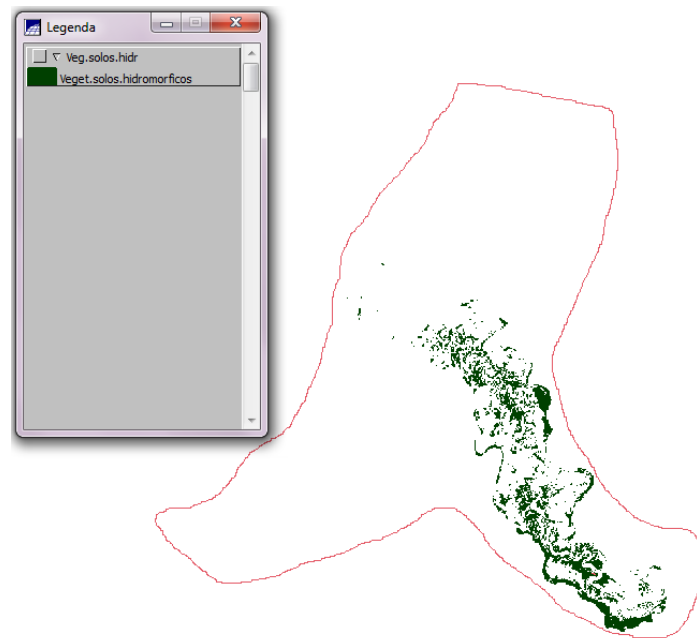


Figura 25 - Classe: Veget.solos.hidromorficos.

5) Água gerado pelo algoritmo em ANEXO V:

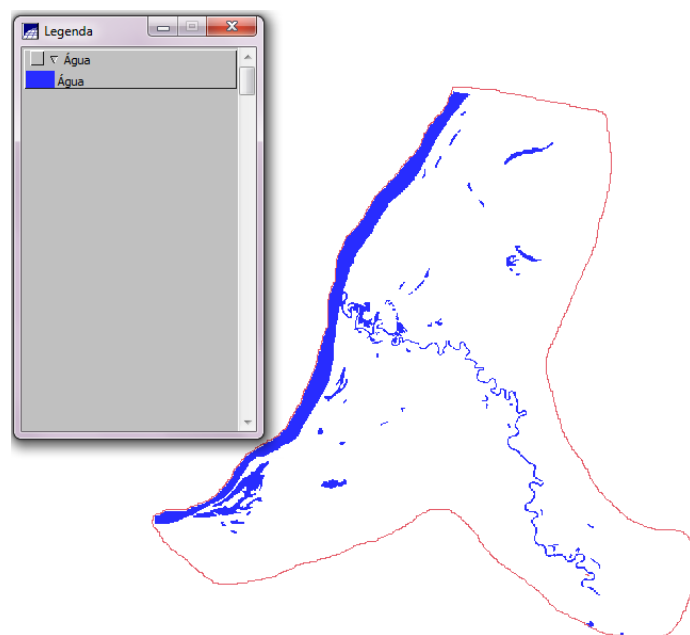


Figura 26 - Classe: Água.

6) Área aberta, pastagens gerado pelo algoritmo em ANEXO VI:

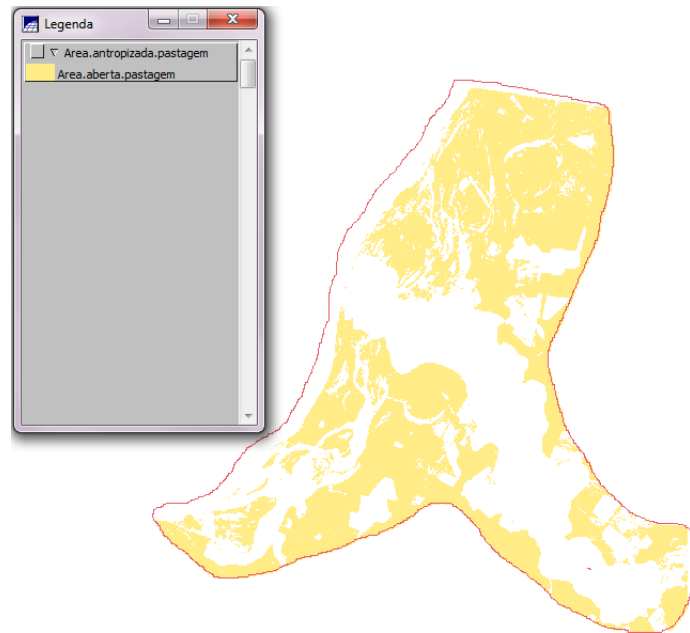


Figura 27 - Classe: Area.aberta.pastagem.

7) Queimada gerado pelo algoritmo em ANEXO VII:

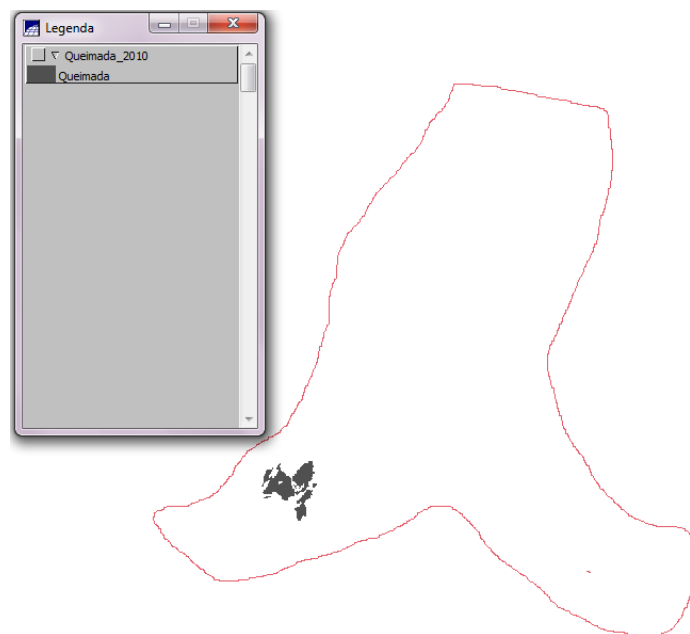


Figura 28 - Classe: Queimada.



Nota-se que as classes foram criada em PI's diferentes, porém todas na mesma Categoria. Para juntar todas as informações destes 7 PI's em um só, foi preciso utilizar a ferramenta “Mosaico”, clicando na opção “Editar” da barra de ferramentas. O que ocorre ao se utilizar essa ferramenta são sobreposições das informações dos PI's. O resultado pode ser visualizado na Figura 29.

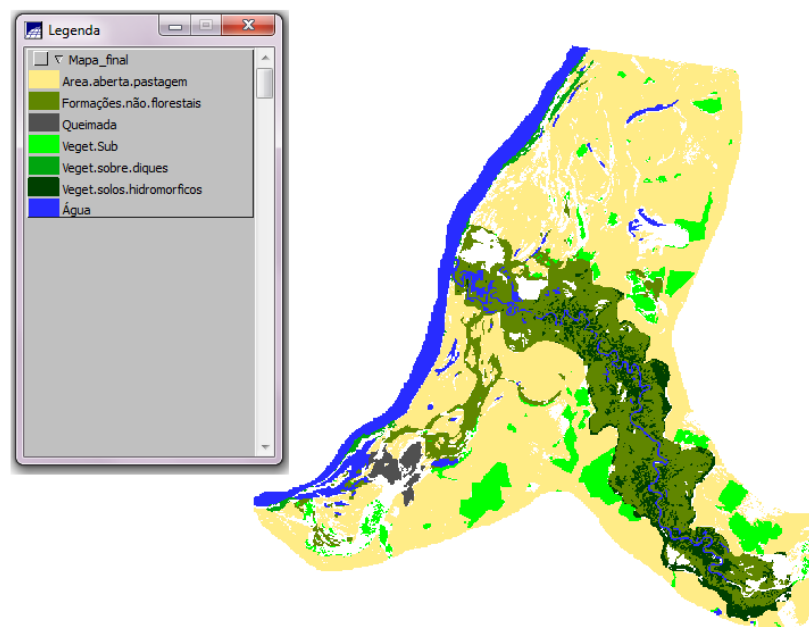


Figura 29 - Mapa com sete classes, exceto a de Solo Úmido.

A imagem acima apresenta algumas áreas em branco, nas quais, ao se fazer uma análise mais detalhada, representam as regiões da classe “Area.Umida”.

Uma maneira de incluir esta classe com as demais foi criando outro PI abrangendo e preenchendo toda a área da RPPN (Figura 30). Em seguida, realizar o mosaico novamente para o PI “Area.Umida” sobre o mapa da Figura 29, e dessa forma, as regiões em branco foram preenchidas com a classe “Area.Umida”.

8) PI que deu origem à classe “Area.Umida”:

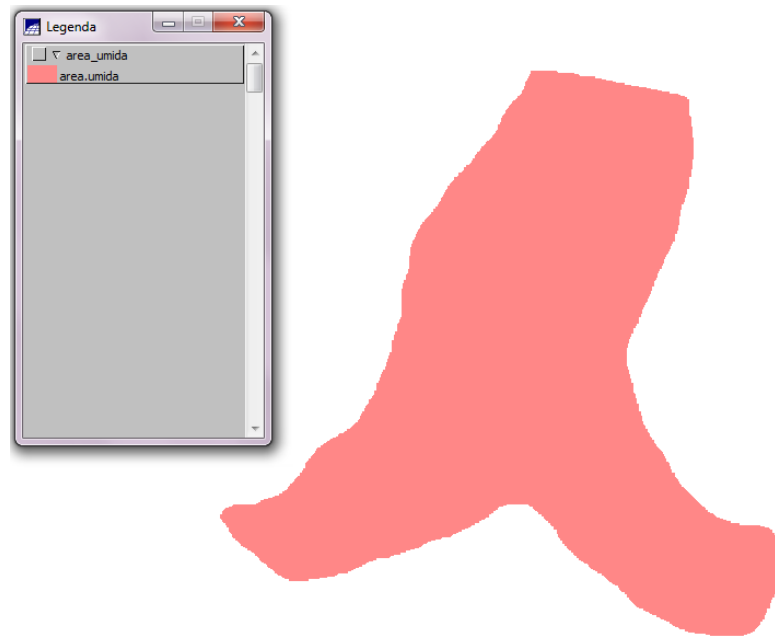


Figura 30 - Classe: Area.Umida.

O resultado após a nova realização do mosaico é visto na figura abaixo (Figura 31). Esta figura também já representa o produto final de todas as etapas descritas até o momento.

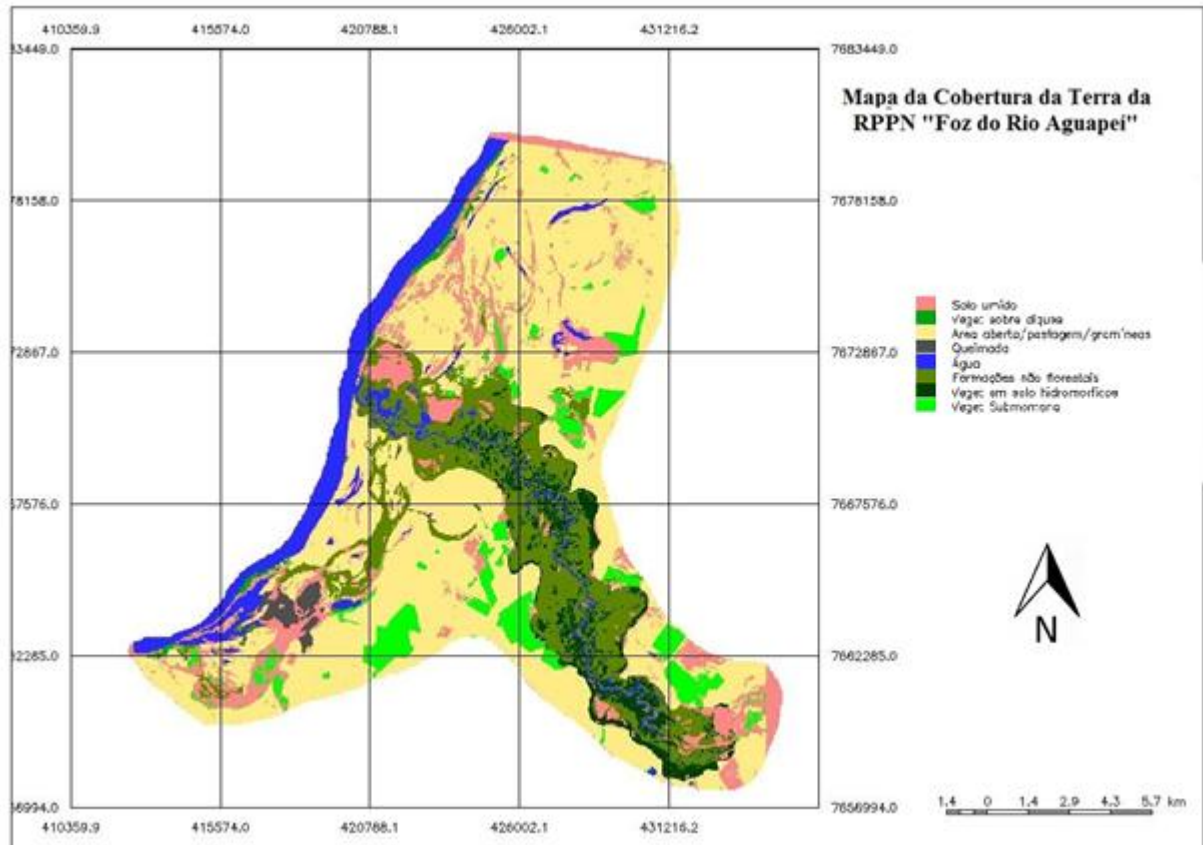


Figura 31 - Mapa Final da cobertura da terra da RPPN “Foz do Rio Aguapeí”.

### 5.5. Controle de Qualidade: Índice Kappa

Dimensionamento da grade de células para o controle de qualidade: Cálculo das dimensões das células no eixo das abscissas e no eixo das ordenadas.

$$(X_1 - X_2) \div 4 = (412356,610546 - 435442,041642) \div 4 = X_M = 5771,36$$

$$(Y_1 - Y_2) \div 5 = (7680659,94831 - 7657392,7876370) \div 5 = Y_M = 4653,432$$

A posição das células obtidas do produto cartesiano dessa divisão é apresentado na tabela em ANEXO VIII.

O resultado da divisão do mapa a partir das células descritas no ANEXO VIII pode ser melhor visualizada na Figura 32.

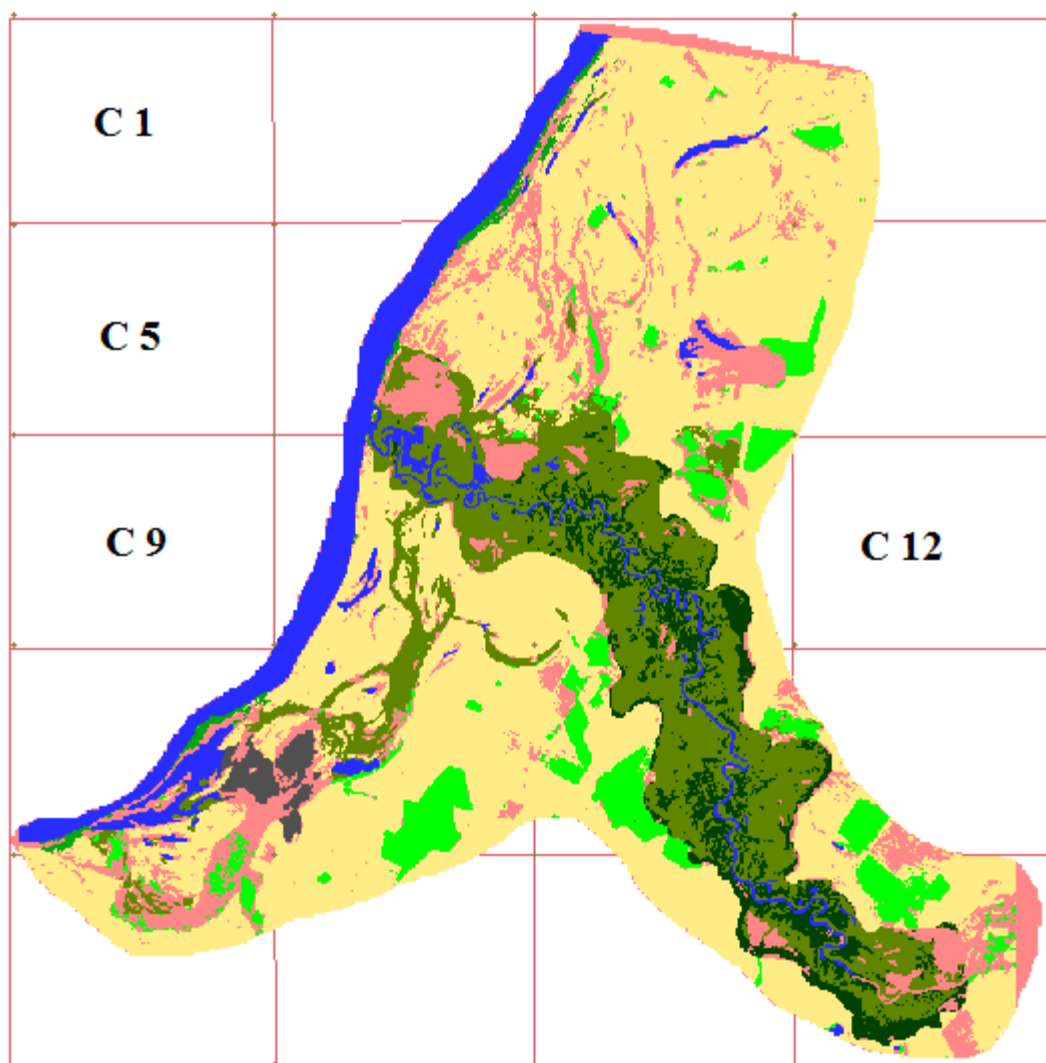


Figura 32 - Células criadas. Destaque para as células 1, 5, 9 e 12 que não estão na área da reserva.

Nota-se que algumas células não estão dentro da área da RPPN. E por isso, optou-se, em descartá-las e redistribuir os seus 20 elementos amostrais para as demais células. Logo, as células 1, 5, 9 e 12, foram descartadas, enquanto nas demais foram adicionados 5 elementos amostrais, ou seja, para cada célula foram coletados 25 elementos.

Os valores aleatórios foram encontrados para cada quadrante, como é possível visualizar na Figura 33, onde todas as 16 células contêm os 25 elementos amostrais.

É possível observar que alguns elementos estão sobre áreas sem informações, ou seja, não estão na área deste trabalho (Figura 33). Estes pontos foram descartados e não foram utilizados para a criação da matriz de confusão.

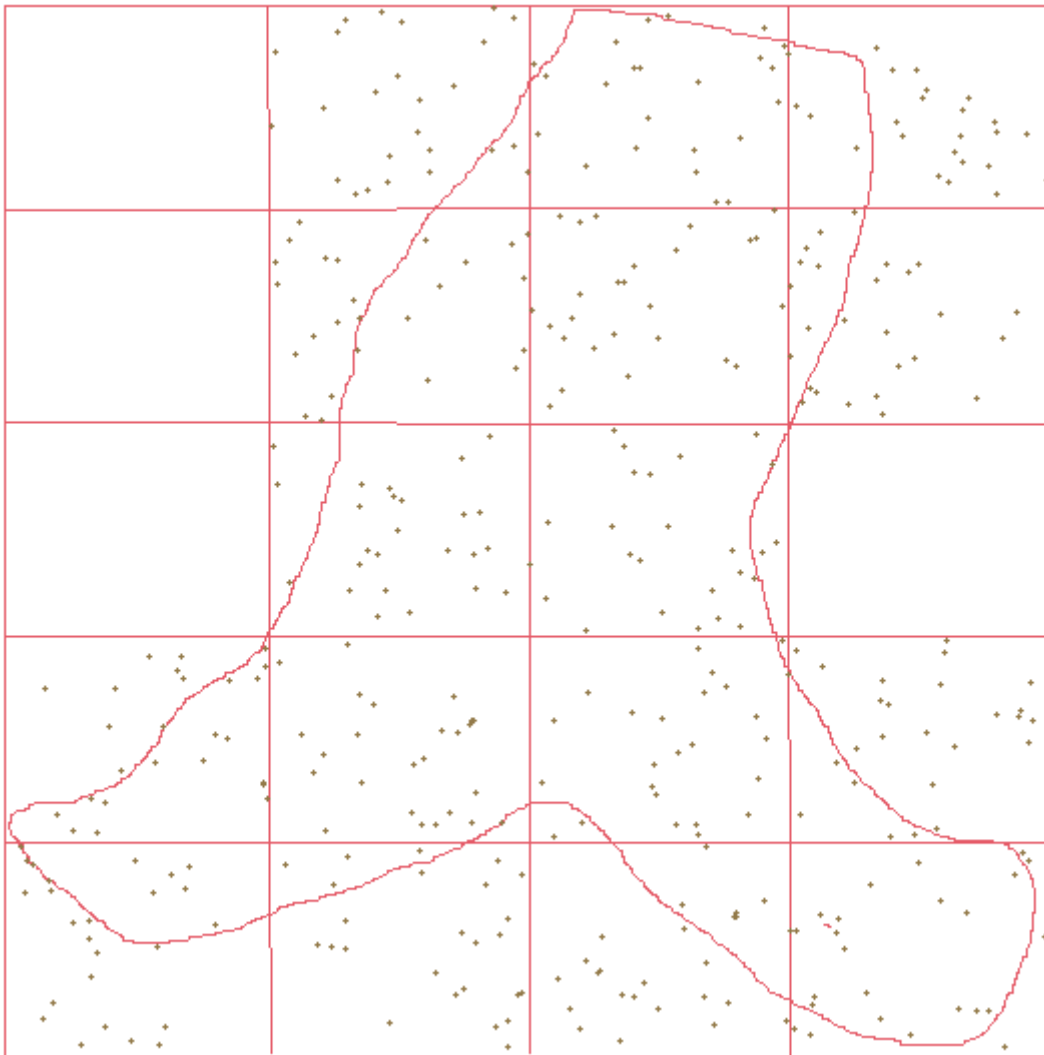


Figura 33 - Elementos amostrais.

Os pontos amostrais foram importados pelo Spring como entidade “pontos”, formato .spr, em um Plano de Informação Temático, e o resultado pode ser visto na Figura 34. Os mesmos pontos foram exportados em formato .kml para que pudessem ser importados no Google Earth e, deste modo, iniciar as comparações entre as coordenadas e criar a matriz de confusão.

Tabela 4 – Matriz de confusão. (1) Area aberta/pastagem/gramíneas, (2) Solo úmido, (3) Veget em solo hidromorficos, (4) Água, (5) Formações não florestais, (6) Veget Submontana, (7) Queimada, (8) Veget sobre diques.

| Classificação     | Verdade Terrestre |          |          |          |          |          |          |          | Total nas linhas |          |
|-------------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------|----------|
|                   | 1                 | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        |                  |          |
| 1                 | 74                | 11       |          |          |          |          |          |          | 85               | $X_{1+}$ |
| 2                 | 5                 | 11       |          |          |          | 1        |          |          | 17               | $X_{2+}$ |
| 3                 |                   |          | 5        |          | 3        |          |          |          | 8                | $X_{3+}$ |
| 4                 |                   | 1        |          | 15       |          |          |          |          | 16               | $X_{4+}$ |
| 5                 |                   |          | 3        |          | 22       |          |          |          | 25               | $X_{5+}$ |
| 6                 | 3                 |          |          |          |          | 7        |          |          | 10               | $X_{6+}$ |
| 7                 |                   |          |          |          |          |          | 3        |          | 3                | $X_{7+}$ |
| 8                 |                   |          |          |          |          |          |          | 1        | 1                | $X_{8+}$ |
| Total nas colunas | 82                | 23       | 8        | 15       | 25       | 8        | 3        | 1        |                  |          |
|                   | $X_{+1}$          | $X_{+2}$ | $X_{+3}$ | $X_{+4}$ | $X_{+5}$ | $X_{+6}$ | $X_{+7}$ | $X_{+8}$ |                  |          |

$$K = 0,764 \rightarrow 0,6 < K < 0,8$$

De acordo com o índice, a classificação é considerada como sendo muito boa.

## 5.6. Comparações do Mapa Final com imagens do Google Earth

É possível observar nas imagens abaixo alguns exemplos das classes temáticas e suas respectivas localizações no Google Earth. Através desses exemplos nota-se a acurácia da abordagem tida neste trabalho. As formas dos elementos contidas nas imagens do Spring são muito semelhantes com a realidade, produzindo um mapa final da cobertura da terra de grande utilidade para a empresa CESP.

### i) Formação não florestal:

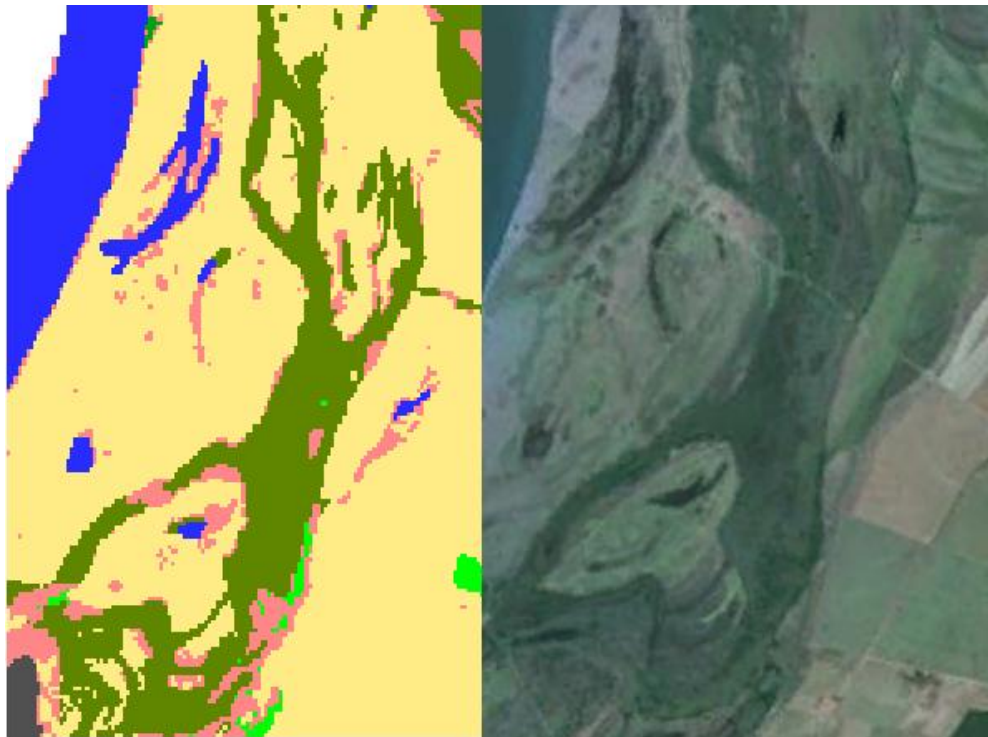


Figura 34 – a) Região da classe “Formacao nao florestal” no Spring; b) Região da mesma classe no Google Earth.

**ii) Vegetação Submontana:**

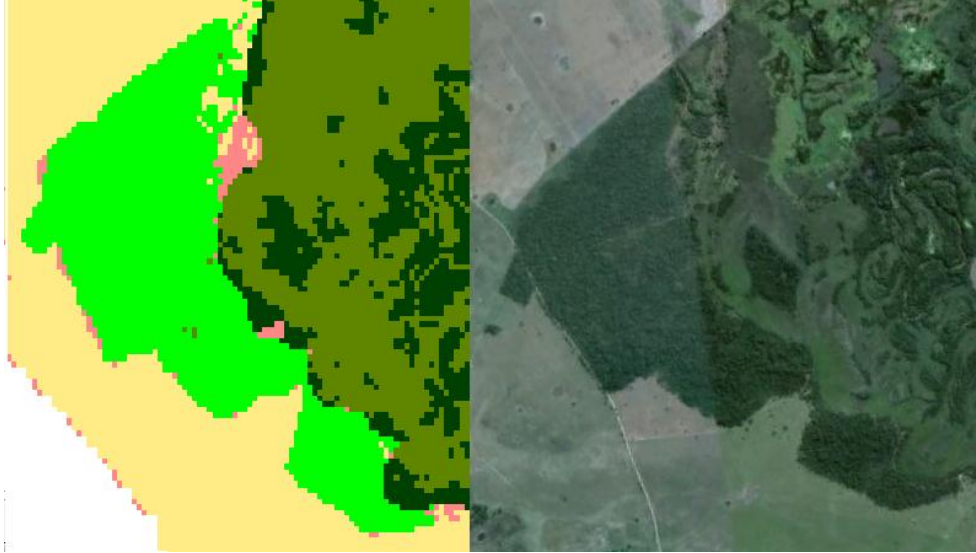


Figura 35 - a) Região da classe “Veget. Submontana” no Spring; b) Região da mesma classe no Google Earth.

**iii) Vegetação sobre diques:**

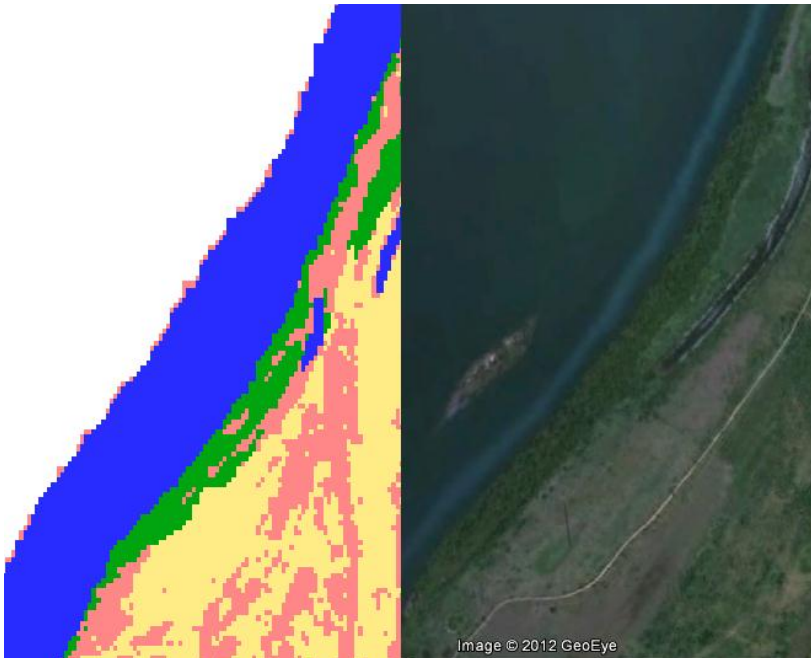


Figura 36 - a) Região da classe “Veget. sobre diques” no Spring; b) Região da mesma classe no Google Earth.



**iv) Vegetação em solo altamente hidromórfico:**



Figura 37 - a) Região da classe “Veget. em solo hidromórfico” no Spring; b) Região da mesma classe no Google Earth.

**v) Água:**



Figura 38 - a) Região da classe “Água” no Spring; b) Região da mesma classe no Google Earth.

**vi) Área aberta, pastagem:**

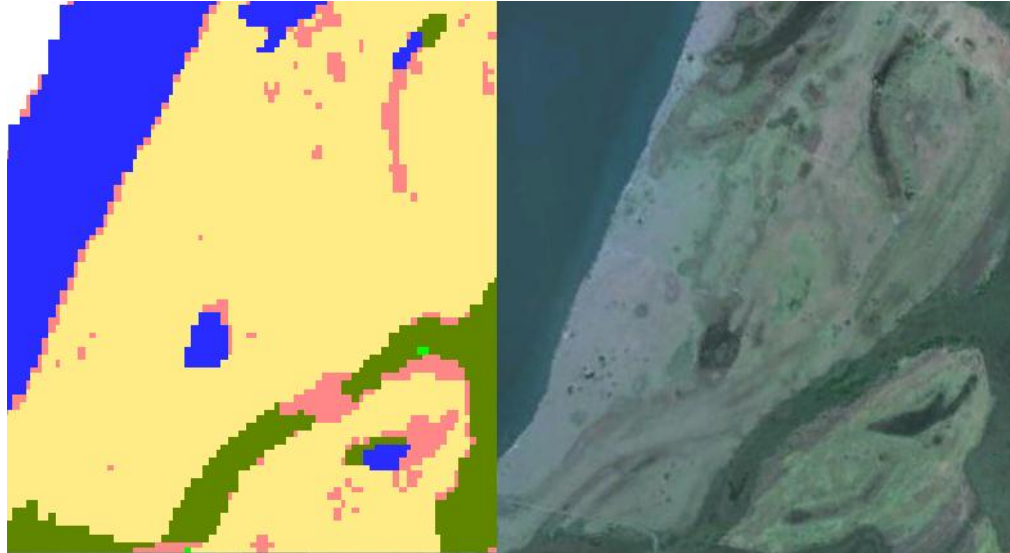


Figura 39 - a) Região da classe “Area aberta/pastagens/gramíneas” no Spring; b) Região da mesma classe no Google Earth.

**vii) Queimada:**

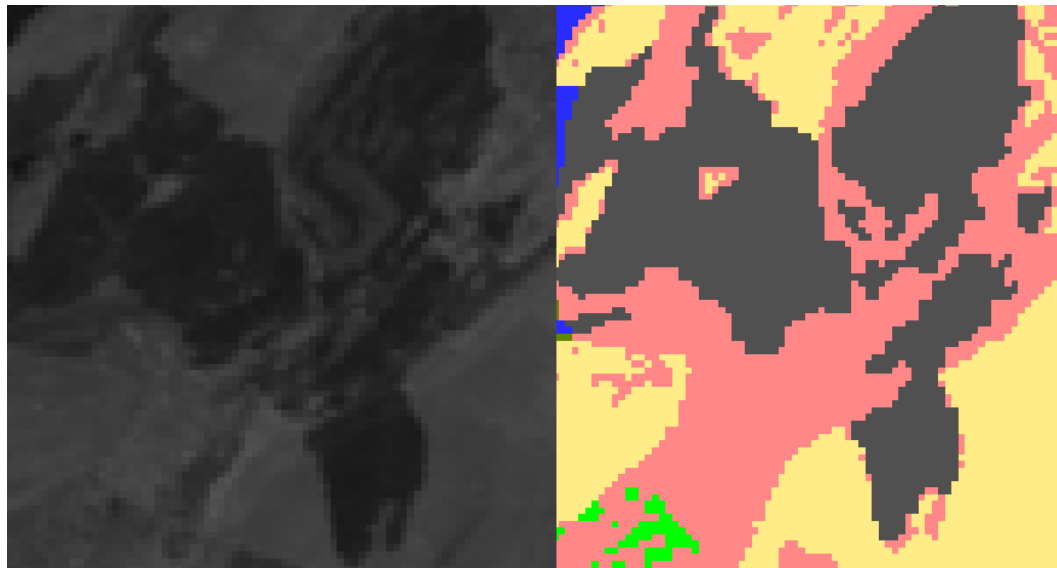


Figura 40 - a) Região da classe Queimada no Spring (Banda 5 no monocromático; b) Região da mesma classe também no Spring já no produto final.

**viii) Área Úmida:**

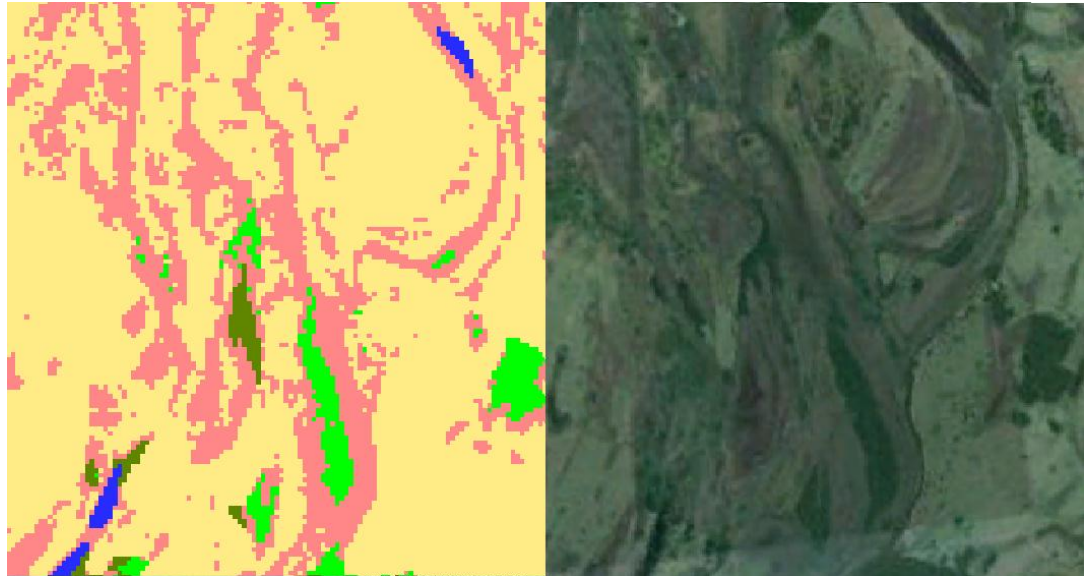


Figura 41 - a) Região da classe “Area.Umida” no Spring; b) Região da mesma classe no Google Earth.

## **6. Considerações Finais**

A área da RPPN “Foz do Rio Aguapeí” mostrou ser uma área bastante complexa. A influência das cheias e da água dos lençóis freáticos na reserva a tornam uma região com bastantes ambientes diferentes entre si. Logo, a abordagem apenas com classificadores supervisionados e não supervisionados, não foi capaz de gerar mapas fiéis.

Ao se notar que a altitude e a informação geomorfológica da área influenciavam nos tipos das classes, optou-se em inclui-las no trabalho, uma vez que, apenas com os valores espectrais de uma imagem de média resolução (TM/Landsat) não eram satisfatórios.

O objetivo deste trabalho, que foi de gerar um mapa da cobertura da terra útil para a criação e execução do plano de manejo da reserva, foi atingido. O produto final apresentou alta semelhança com a realidade, obtendo um Índice Kappa que caracteriza o mapa como sendo muito bom. A integração dos dados altimétricos e geomorfológicos com o produto da classificação do tipo Bhattacharya, a partir de regras booleanas, mostrou apresentar alto

potencial de discriminação das classes. Essa integração de informações foi possível a partir do entendimento contextual dos diferentes ambientes presentes na reserva.

As imagens do Google Earth, visitas a campo, os contatos com membros da CESP e com pessoas de outras áreas tiveram grande contribuição para o sucesso deste trabalho.

## 7. Referências Bibliográficas

ALFAYA, F. A. V. S. et al.. **Mapping amazon river floodplain reach with srtm-dem using the hand descriptor and object based image analysis**. Proceedings of the 4th GEOBIA. 2012. RJ, Brazil. p.137.

ARAÚJO, E.P. **Utilização de técnicas de sensoriamento remoto na delimitação dos sistemas ambientais nas microrregiões dos gerais de Balsas e Chapada das Mangabeiras**. São Luis, UFMA, 1997. 39p. (Monografia de Geografia).

BRASIL. Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

BRASIL. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, SP. Resolução SMA nº 117, de 2010. Publicada no DOE, de 2010. Seção I p. 63-65.

CAMARA G. et al.. "SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

CENTENO, J. A. S.. **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais**. Curitiba: Ed. Curso de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná. 2004. 219p.

CONGALTON, R. G.. **A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data**. Remote Sensing of Environment. 1991, v. 49 n. 12, p. 1671-1678.

CONGALTON, R. G.. **A comparison of sampling schemes used in generating error matrices for assessing the accuracy of maps generated from remotely sensed data**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1988b. Vol. 54, No. 5, pp. 593–600.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo. Ed: Edgard Blücher LTDA, 1981. v. 1, p. 163 – 165.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. IG/UNICAMP. Campinas, SP. 1992.

DANSON, F. M.. **“Teaching the Physical Principles of Vegetation Canopy Reflectance Using the SAIL Model,”** Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. 1998. 64(8):8010-812. Disponível em: <  
[http://www.asprs.org/a/publications/pers/98journal/august/1998\\_aug\\_809-812.pdf](http://www.asprs.org/a/publications/pers/98journal/august/1998_aug_809-812.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2011.

DUDA, R. O.; HART, P. E.. **Pattern classification and scene analysis.** Wiley, New York. 1973.

FRANCISCO, C. F.. **Análise Ambiental e Consequências do Desmatamento no Município de Presidente Prudente no Período de 1917 a 1986.** Rio Claro, il: Mestrado (Dep. Geografia), IGGE. 1989.

FRAZIER, P. et al.. **Relating wetland inundation to river flow using Landsat TM data.** International Journal of Remote Sensing. London, UK. Ed: Taylor & Francis. 2003.

FREITAS R. M. et al.. **Mapeamento de Ecossistemas Alagáveis do Rio Amazonas a partir do Mosaico Digital Tm-Landsat - Escala Regional.** Anais XI SBSR. BH, MG. 2003. INPE, p. 2745 - 2752.

FREITAS S. R.; CRUZ C. B. M.. **Análise de Componentes Principais e Modelo Linear de Mistura na discriminação de classes de vegetação na Mata Atlântica.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, GO. 2005, INPE. p. 1529-1536.

GONZALES, R. C.; WOODS, R. E.. **Recognition and Interpretation.** In: Digital Image Processing. Reading, Addison-Wesley. 1993.

HAYAKAWA, E. H. et al.. **Avaliação multitemporal da planície de inundação do Alto Rio Paraná (região de Porto Rico – PR) através de classificação supervisionada e não supervisionada de imagens Landsat-5/TM.** Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil. 2009. INPE, p. 5865-5872.

Informação Geográfica: Aplicações na Agricultura. Brasília: DF. Embrapa –SPI/Embrapa-CPAC, 1998. P 351-371.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Manual do Usuário SPRING Tutorial de Geoprocessamento. Brasília, 2002. Disponível em: <  
[http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao\\_geo.html](http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html)>. Acesso em: 20 mai. 2011.

JENSEN, J. R.. Sensoriamento Remoto do Ambiente: **Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**; tradução José Carlos Neves Epiphanyo (coordenador) et al. São José dos Campos, SP: Ed. Parêntese, 2011.

LEÃO, C. ET AL.. **Avaliação de métodos de classificação em imagens TM/Landsat e CCD/CBERS para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região costeira do extremo sul da Bahia**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, Brasil. 2007, INPE. p. 939-946.

KÖPPEN, W.. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica. México. 1948. 479p.

LYON, J. G. et al.. **“A Change Detection Experiment Using Vegetation Indices,”** Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. 1998. 64(2):143-150.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005. 307 p.

Novo, E.M.L.M. et al.. **Assessment of Amazon Floodplain Habitats Using TM/Landsat Data**. Ciencia e Cultura. , 1997. 49(4): 280-284.

RAMSAR, Wetlands and climate change – background paper from IUCN. 2008. (<http://www.ramsar.org/>) – acessado em 08/08/2012.

RICHARDS, J. A.. **Remote Sensing Digital Image Analysis: Na Introduction**. New York, Springer Verlag, 1986.

RICHARDS, J. A. **Remote Sensing Digital image Analysis – an introduction**. Springer Verlag, Austrália, 1993, 340p.

RICHARDS, J. A. **Remote Sensing Digital image Analysis – an introduction**. Springer Verlag, Austrália, 2006, 248p.

ROCHA, C.H.B. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar**. Juíz de Fora: Ed do Autor, 2000. 220p.

ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia Depto de Geografia FFLCH-USP/Laboratório de Cartografia

Geotécnica - Geologia Aplicada - IPT/FAPESP, 1997. 63p. Disponível em: <<http://www.abagrp.cnpm.embrapa.br/areas/geomorfologia.htm>>. Acesso em: 24 abr 2012.

SCHOWENGERDT R. A.. **Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing**. Ed. Elsevier. San Diego, CA. 2007. p. 193.

SUAREZ A. F.; CANDEIAS A. L. B.. **Avaliação de Acurácia da Classificação de Dados de Sensoriamento Remoto para o Município de Maragogipe**. IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife, PE. 2012.

VENTURIERI, A.; SANTOS, J. R. **Técnicas de Classificação de Imagens para Análise de Cobertura Vegetal**. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E., eds. Sistema de Informação Geográfica: Aplicações na Agricultura. Brasília: DF. Embrapa –SPI/Embrapa-CPAC, 1998. P 351-371.

SUIZU, T. M.. **Levantamento Geomorfológico do Terreno**. Relatório Apresentado na 3ª Reunião do Plano de Manejo da RPPN Foz do Rio Aguapei, nos dias 26 e 27 de abril de 2012.



## **ANEXOS**

## ANEXO I

**Programa: Geração do PI contendo a classe “Formações.não.florestais”.**

```
{

// Declaracao
Tematico bhat ("tem");
Tematico nflor ("Mapa");
Tematico ajuda ("mascara");
Numerico alt ("Altimetria");

// Instanciacao
bhat = Recupere (Nome = "bhat-T");
alt = Recupere (Nome = "altitude_1");
nflor = Novo (Nome = "form.n.florestais", ResX=30, ResY=30);
ajuda = Recupere (Nome = "classes.de.ajuda");

// Operacao
nflor = Atribua
{"Formações.não.florestais" : (((bhat.Classe != "Água")
&& (ajuda.Classe == "Planicie.Aguapei" ) && (alt >= 250 && alt <= 266))|| (bhat.Classe ==
"Formações.não.florestais" && ajuda.Classe == "Nao.Planicie.Aguapei" && alt <= 270))};

}
```

## ANEXO II

**Programa: Geração do PI contendo a classe “Veget.Sub”.**

```
{

// Declaracao
Tematico bhat ("tem");
Tematico sub ("Mapa");
Tematico ajuda ("mascara");
Numerico alt ("Altimetria");

// Instanciacao
bhat = Recupere (Nome = "bhat-T");
ajuda = Recupere (Nome = "classes.de.ajuda");
alt = Recupere (Nome = "altitude_1");
sub = Novo (Nome = "Veget.Submontana", ResX=30, ResY=30);

// Operacao
sub = Atribua
{  "Veget.Sub"   :  ((bhat.Classe  ==  "Veget.solos.hidromorficos"  ||  bhat.Classe
=="Veget.sobre.diques"  ||  bhat.Classe  == "Formações.não.florestais"  ||  bhat.Classe  ==
"Veget.Submontana") && (ajuda.Classe == "Nao.Planicie.Aguapei") && (alt >= 267));

}
```

### ANEXO III

**Programa: Geração do PI contendo a classe “Veget.sobre.diques”.**

```
{

// Declaracao
Tematico bhat ("tem");
Tematico diq ("Mapa");
Numerico alt ("Altimetria");
Tematico ajuda ("mascara");

// Instanciacao
bhat = Recupere (Nome = "bhat-T");
alt = Recupere (Nome = "altitude_1");
diq = Novo (Nome = "veget.sobre.diques", ResX=30, ResY=30);
ajuda = Recupere (Nome = "classes.de.ajuda");

// Operacao
diq = Atribua
{"Veget.sobre.diques" : ((bhat.Classe == "Veget.solos.hidromorficos" || bhat.Classe
=="Veget.sobre.diques" || bhat.Classe == "Veget.Submontana" ) && (ajuda.Classe ==
"Dique.Rio.Parana") && (alt >= 260 ))((bhat.Classe
=="Veget.Submontana")&&(ajuda.Classe == "Dique.Rio.Parana"))});

}
```

## ANEXO IV

**Programa: Geração do PI contendo a classe “Veget.solos.hidromorficos”.**

```
{

// Declaracao
Tematico bhat ("tem");
Tematico sub ("Mapa");
Numerico alt ("Altimetria");
Tematico ajuda ("mascara");

// Instanciacao
bhat = Recupere (Nome = "bhat-T");
alt = Recupere (Nome = "altitude_1");
sub = Novo (Nome = "Veg.solos.hidr", ResX=30, ResY=30);
ajuda = Recupere (Nome = "classes.de.ajuda");

// Operacao
sub = Atribua
{"Veget.solos.hidromorficos" : ((bhat.Classe == "Veget.solos.hidromorficos" || bhat.Classe
=="Veget.sobre.diques" || bhat.Classe == "Formações.não.florestais" || bhat.Classe
=="Veget.Submontana" || bhat.Classe == "área.aberta.pastagem" ) && (ajuda.Classe ==
"Planície.Aguapei") && (alt >= 266))};

}
```

## ANEXO V

**Programa: Geração do PI contendo a classe “Água”.**

```
{  
  
    // Declaracao  
    Tematico bhat ("tem");  
    Tematico sub ("Mapa");  
    Tematico alt ("tem");  
    Tematico ajuda ("mascara");  
  
    // Instanciacao  
    ajuda = Recupere (Nome = "classes.de.ajuda");  
    bhat = Recupere (Nome = "bhat-T");  
    alt = Recupere (Nome = "fat_novo");  
    sub = Novo (Nome = "Água", ResX=30, ResY=30);  
  
    // Operacao  
    sub = Atribua  
    {"Água" : (bhat.Classe == "Água" && ajuda.Classe != "Queimada" )};  
  
}
```

## ANEXO VI

**Programa: Geração do PI contendo a classe “Area.aberta.pastagem”.**

```
{

// Declaracao
Tematico antrop ("Mapa");
Tematico fatb5 ("mascara");
Tematico ajuda ("mascara");

// Instanciacao
fatb5 = Recuperar (Nome = "fatramento_b5_areaumida");
ajuda = Recuperar (Nome = "classes.de.ajuda");
antrop = Novo (Nome = "2Area.antropizada.pastagem", ResX=30, ResY=30);

// Operacao
antrop = Atribua
{ "Area.aberta.pastagem" : (fatb5.Classe == "regiao.seca" && ajuda.Classe !=
"Planicie.Aguapei") };

}
```

**ANEXO VII****Programa: Geração do PI contendo a classe “Queimada”.**

```
{  
  
// Declaracao  
Tematico bhat ("tem");  
Tematico queim ("Mapa");  
Tematico queimada ("mascara");  
  
// Instanciacao  
bhat = Recupere (Nome = "bhat-T");  
queimada = Recupere (Nome = "classes.de.ajuda");  
queim = Novo (Nome = "Queimada_2010", ResX=30, ResY=30);  
  
// Operacao  
queim = Atribua  
{ "Queimada" :((bhat.Classe == "Água") && (queimada.Classe == "Queimada"))};  
  
}
```



## ANEXO VIII

**Tabela: Coordenadas planas dos quadrantes (Sup. Esq. = Canto superior esquerdo; Inf. Dir. = Canto inferior direito).**

|           | Célula 1   |             | Célula 2   |             | Célula 3   |             | Célula 4   |             |
|-----------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
|           | X          | Y           | X          | Y           | X          | Y           | X          | Y           |
| Sup. Esq. | 412356,611 | 7680659,948 | 418127,971 | 7680659,948 | 423899,331 | 7680659,948 | 429670,691 | 7680659,948 |
| Inf. Dir. | 418127,971 | 7676006,516 | 423899,331 | 7676006,516 | 429670,691 | 7676006,516 | 435442,051 | 7676006,516 |
|           | Célula 5   |             | Célula 6   |             | Célula 7   |             | Célula 8   |             |
|           | X          | Y           | X          | Y           | X          | Y           | X          | Y           |
| Sup. Esq. | 412356,611 | 7676006,516 | 418127,971 | 7676006,516 | 423899,331 | 7676006,516 | 429670,691 | 7676006,516 |
| Inf. Dir. | 418127,971 | 7671353,084 | 423899,331 | 7671353,084 | 429670,691 | 7671353,084 | 435442,051 | 7671353,084 |
|           | Célula 9   |             | Célula 10  |             | Célula 11  |             | Célula 12  |             |
|           | X          | Y           | X          | Y           | X          | Y           | X          | Y           |
| Sup. Esq. | 412356,611 | 7671353,084 | 418127,971 | 7671353,084 | 423899,331 | 7671353,084 | 429670,691 | 7671353,084 |
| Inf. Dir. | 418127,971 | 7666699,652 | 423899,331 | 7666699,652 | 429670,691 | 7666699,652 | 435442,051 | 7666699,652 |
|           | Célula 13  |             | Célula 14  |             | Célula 15  |             | Célula 16  |             |
|           | X          | Y           | X          | Y           | X          | Y           | X          | Y           |
| Sup. Esq. | 412356,611 | 7666699,652 | 418127,971 | 7666699,652 | 423899,331 | 7666699,652 | 429670,691 | 7666699,652 |
| Inf. Dir. | 418127,971 | 7662046,220 | 423899,331 | 7662046,220 | 429670,691 | 7662046,220 | 435442,051 | 7662046,220 |
|           | Célula 17  |             | Célula 18  |             | Célula 19  |             | Célula 20  |             |
|           | X          | Y           | X          | Y           | X          | Y           | X          | Y           |
| Sup. Esq. | 412356,611 | 7662046,220 | 418127,971 | 7662046,220 | 423899,331 | 7662046,220 | 429670,691 | 7662046,220 |
| Inf. Dir. | 418127,971 | 7657392,788 | 423899,331 | 7657392,788 | 429670,691 | 7657392,788 | 435442,051 | 7657392,788 |