



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

JAIRO SOARES COSTA

APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE SENSORIAMENTO REMOTO  
PARA MAPEAMENTO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO  
PERMANENTE (APP) DO LAGO DA USINA ITAIPU

---

LONDRINA  
2012

JAIRO SOARES COSTA

APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE SENSORIAMENTO REMOTO  
PARA MAPEAMENTO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO  
PERMANENTE (APP) DO LAGO DA USINA ITAIPU

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Departamento de Geociências da Universidade  
Estadual de Londrina para obtenção do grau de  
Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Coelho Pereira Neto.

LONDRINA  
2012

JAIRO SOARES COSTA

APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE SENSORIAMENTO REMOTO  
PARA MAPEAMENTO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO  
PERMANENTE (APP) DO LAGO DA USINA ITAIPU

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Departamento de Geociências da Universidade  
Estadual de Londrina para obtenção do grau de  
Bacharel em Geografia.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Osvaldo Coelho Pereira Neto  
Universidade Estadual de Londrina

---

Prof. Dra. Nilza Aparecida Freres Stipp  
Universidade Estadual de Londrina

---

Prof. Dr. Rigoberto Lázaro Prieto Cainzós  
Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 18 de junho de 2012.

**Dedico esse trabalho primeiramente a Jesus  
Cristo Senhor Nosso, à sua Mãe Maria  
Santíssima e aos homens de todos os  
séculos que influenciaram a minha  
formação**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof<sup>o</sup> Osvaldo Coelho que me orientou com paciência e dedicação.

À minha noiva pela paciência e companherismo.

Aos meus familiares que sempre estão prontos para ajudar e atrapalhar.

E a todos os amigos cujos nomes e feitos encheriam essa folha, portanto, por questão de preguiça, generalizo suas atuações na palavra “amigos” que eles sabem muito bem o que significa.

**“A vida sem amor é pior do que a morte”  
São Padre Pio**

COSTA, Jairo Soares. Aplicação de métodos de sensoriamento remoto para mapeamento da Área de Preservação Permanente (APP) do lago da usina Itaipu. 2012. 30p.. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Bacharel em Geografia) – Centro de Ciências Exatas – Departamento de Geociências - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

## RESUMO

Com a intensa ocupação dos espaços pela urbanização e pela agricultura, surgiu a necessidade de criar maneiras de compatibilizar a relação entre o homem e seu ambiente natural. Uma das formas e critérios adotados para estabelecer essa relação é a legislação ambiental. Utilizando-se de métodos de aplicação do Sensoriamento Remoto e de imagens de satélites é possível fazer estudos para organizar essas relações. Portanto, o trabalho consistiu em mapear a Área de Preservação Permanente (APP) do lago da Usina Hidrelétrica – Itaipu Binacional confrontando os dados com a legislação vigente, analisando-se o cumprimento das normas e critérios estabelecidos pela Legislação Ambiental. A metodologia adotada consistiu em fazer o *download* das imagens do Satélite Landsat 5 no site do INPE (imagens de 2011), importando-as para o *software* SPRING. Fez-se aumento linear de contraste, classificação digital Maxver para estabelecer o uso do solo, mapa de distâncias configurado de acordo com as distâncias das APP's exigida por lei, os cruzamentos dos dados relativos ao uso do solo e as cotas de distâncias para verificar o cumprimento da legislação e a quantidade de APP no entorno do lago. Ao aplicar os métodos referidos foi possível verificar todas as localidades do entorno do lago que as APP's estavam sobressalentes e também aquelas que tinham menos que o exigido por lei. Portanto, essa metodologia mostrou-se precisa e eficaz nos estudos ambientais e no monitoramento para verificar o cumprimento da legislação ambiental brasileira.

**Palavras-chave:** Geografia Física. Sensoriamento Remoto. Mapeamento de APP. SPRING. Legislação Ambiental.

COSTA, Jairo Soares. Application of remote sensing methods for mapping the Permanent Preservation Area (PPA) of Itaipu Lake power plant. 2012. 30p.. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Bacharel em Geografia) – Centro de Ciências Exatas – Departamento de Geociências - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

## ABSTRACT

With the intense occupation of space by urbanization and agriculture, the need arose to create ways to reconcile the relationship between man and his natural environment. One of the ways and criteria to establish this relationship is environmental legislation. Using methods application of Remote Sensing and Satellite images can be made to organize these relations studies. Therefore, the work consisted of mapping the Permanent Preservation Areas (APP) of Lake Hydroelectric Plant – Itaipu comparing the data with current legislation, we analyzed the performance standards and criteria established by the Environmental Law. The methodology adopted was to download the images from the Landsat 5 satellite on the site of INPE (2011 images), importing them into the software SPRING became linear contrast, digital classification Maxver to establish the land use map distances set according to the distances of the APP's required by law, the intersections of data on land use and quotas distances to verify compliance with the legislation and the amount of APP in the vicinity of the lake. By applying these methods was possible to check all locations around the lake that the APP's parts and were also those who had less than required by law. Therefore, this methodology proved to be efficient in environmental studies and monitoring for compliance with legislation veréficar.

**Key words:** Physical Geography. Remote Sensing. Mapping of APP. SPRING. Environmental Legislation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Localização do lago de Itaipu em relação ao estado do Paraná .....	26
<b>Figura 2</b> – Delimitação da área de estudo, que se estende da cidade de Foz do Iguaçu até a cidade de Guaíra, ao longo do rio Paraná .....	27
<b>Figura 3</b> – Ilustração das marcações feitas no processo de delimitação das APP's de acordo com a largura do lago.....	29
<b>Figura 4</b> – Composição Colorida 345-BGR da Imagem Landsat 5: Recorte da Área Estudada.....	30
<b>Figura 5</b> – Mapa de Uso do Solo (Classificação Maxver) .....	32
<b>Figura 6</b> – Mapa de Distância sem Corte .....	34
<b>Figura 7</b> – Mapa de Distância com Corte .....	34
<b>Figura 8</b> – Mapa de Uso do Solo com a APP em Destaque.....	36

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Desempenho Médio e Confusão Média geral da Classificação .....	31
<b>Tabela 2</b> – Cálculo da utilização do solo por Hectare .....	31
<b>Tabela 3</b> – Cálculo da área dos mapas de distância com e sem corte .....	33
<b>Tabela 4</b> – Cálculo das Áreas de Uso do Solo com relação às cotas de APP's .....	35
<b>Tabela 5</b> – Uso do Solo com relação à cota de APP com mais de 500m .....	35

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP – Área de Preservação Permanente

BDG - Banco de Dados Georreferenciados

GPS – *Global Positioning System*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MAXVER – Máxima Verossimilhança

MSS - *Multispectral Scanner*

RNA – Redes Neurais Artificiais

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SPRING - Sistema de Processamento de Informação Georreferenciada

SUDAM - Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia

TM - *Thematic Mapper*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....</b>	<b>13</b>
2.1 – Localização e aspectos físicos da área de estudo .....	25
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>29</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os debates a respeito da conservação ambiental e da manutenção dos ecossistemas ganharam destaque nas últimas décadas. Com a intensa ocupação dos espaços pela urbanização e pela agricultura, surgiu a necessidade de criar maneiras de compatibilizar a ocupação com o meio ambiente, ou mesmo, equilibrar a forma e a relação estabelecida entre o homem e seu ambiente natural. Por conta disso, a discussão e os estudos a respeito do meio ambiente e conservação ambiental tem tomado relevo na atualidade.

Uma das formas de monitorar e estabelecer critérios para a manutenção dos ambientes naturais é a legislação ambiental. Esta é composta pelo Código Florestal de 1934, pelo novo código florestal de 1965, dentre várias outras resoluções e decretos que estabelecem regras e normas para equilibrar e tornar viável a ocupação. A legislação busca estabelecer regras para direcionar a ocupação com o propósito de não comprometer os recursos naturais e diminuir a degradação dos mesmos.

Levando em conta o cenário atual de conservação ambiental, além do avanço da legislação para ordenar a ocupação e compatibilizá-la com a atividade humana, há diversos estudos espaciais sendo desenvolvidos. A utilização da tecnologia tornou-se comum e abundante para fornecer maneiras eficazes para o estudo da superfície terrestre. Um desses estudos é o Sensoriamento Remoto, que se mostrou eficaz nas últimas décadas para o trabalho de monitoramento e mapeamento da superfície; essa ferramenta possibilita a organização e planejamento dos espaços por tornar possível o tratamento de imagens de satélites que abrangem grandes áreas do globo, dando uma visão de conjunto que permite diversos estudos.

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi o de utilizar os métodos de aplicação do Sensoriamento Remoto para mapear a Área de Preservação Permanente (APP) do lago da Usina Hidrelétrica - Itaipu Binacional. A Itaipu localiza-se a oeste do Estado do Paraná, especificamente no rio Paraná, em um trecho de fronteira entre Brasil e Paraguai.

Além do mapeamento da APP do lago da Itaipu também confrontou-se os dados mapeados com a legislação vigente, averiguando, dessa maneira, o cumprimento das normas e critérios estabelecidos pela Lei, assim como a eficácia

da utilização das imagens de satélite (Landsat – 5) para o monitoramento e mapeamento da superfície, proporcionando a verificação das áreas de preservação.

## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

As análises desenvolvidas nas últimas décadas utilizando-se de dados adquiridos a partir do Sensoriamento Remoto tem-se ampliado largamente. Além da caracterização de bacias hidrográficas e de vários outros estudos e análises espaciais, o Sensoriamento Remoto tem sido utilizado amplamente para a verificação do cumprimento da legislação ambiental, tornando-se, dessa forma, uma importante ferramenta para acompanhar e monitorar a preservação do meio ambiente e dos recursos hídricos.

Prado, Boin e Meneguette (2007), desenvolveram um trabalho no estado de São Paulo com o intuito de usar imagens de sensoriamento remoto (Landsat 5 TM) como ferramenta na análise do cumprimento da legislação ambiental. A partir desta, assegura-se uma maior eficácia e eficiência na emissão de pareceres técnicos para manutenção e recuperação das áreas de APP do Estado, principalmente a área do Pontal do Paranapanema, extremo oeste do Estado, onde, segundo os autores, é uma área de atuação do Ministério Público do Estado de São Paulo. Para desenvolver a metodologia proposta pelos autores, os mesmos recortaram uma área de estudo correspondente à fazenda Nova Damasco, que se localiza no município de Nanduba – SP. As áreas de APP da fazenda em questão foram identificadas com base na legislação e mapeadas.

Os dados coletados para desenvolver trabalhos como estes são possíveis através das imagens obtidas a partir de sensores acoplados em satélites que captam as ondas eletromagnéticas refletidas pela superfície.

Segundo Vrieling e Liu (2006), um dos satélites utilizados para esse tipo de obtenção de dados é o Landsat; um dos motivos desse satélite ser muito usado é por ter uma grande série temporal de dados. Uma série de satélites Landsat foi sendo lançado ao decorrer dos anos; os primeiros satélites dessa “família Landsat” utilizava como equipamento o MSS (*Multispectral Scanner*) com resolução de 80m e quatro bandas. Posteriormente veio somar a série Landsat o Landsat 4 e 5 que tinham o sensor TM (*Thematic Mapper*) como novidade. Foi precisamente no dia 1 de março de 1984 que o Landsat 5 foi lançado; este satélite continua ativo e seu

objetivo é gerar imagens da superfície com média resolução espacial através da utilização de seus sensores multiespectrais (VRIELING; LIU, 2006 apud CUNHA, 2009, p.7).

Os dados obtidos através do Sensoriamento Remoto para essa espécie de estudos são coletados a partir de dois tipos de “imageamentos”. Segundo Cunha (2009), um desses tipos de imageamento é feito pelos “Satélites de órbita polar ou solar sincronizado (de órbita sincronizada com o Sol) – estes satélites ficam circulando de pólo a pólo, cruzando o plano da linha do equador”. (CUNHA, 2009, p.6)

Cunha (2009) elaborou mapas de uso do solo utilizando imagens do satélite Landsat TM-5 ao desenvolver seu trabalho para mapear a suscetibilidade à erosão dos solos na região de Primavera do Leste – MT.

Os sensores TM do Landsat 5 fornecem resolução espacial de 30m, excetuando a banda 6 que é termal e têm como resolução 120m; esses sensores captam imagens com fidelidade geométrica aperfeiçoada, com melhor definição das bandas espectrais do que as do sensor MSS, além de detalhes radiométricos e uma órbita circular desses sensores, quase polar, sincronizada com o sol e a 705 km de altitude. (CUNHA, 2009, p.8)

Para desenvolver o trabalho, Cunha (2009) utilizou os classificadores Ioseg, Bhattacharya e Maxver disponíveis no SPRING. Os classificadores apresentaram resultados convincentes para a finalidade do estudo proposto, sendo que a imagem que gerou melhor classificação foi do Landsat TM-5 do mês de maio de 2008 com o algoritmo Maxver.

Há várias técnicas e formas de tratar os dados adquiridos por sensoriamento que acompanham os estudos espaciais, como é o caso do trabalho desenvolvido por Reis et al (2009). Eles mapearam o uso da cobertura da superfície a partir de imagens CBERS e LANDSAT e a base vetorial cartográfica de hidrografia na escala de 1:50.000 do IBGE, esta que foi previamente complementada com as imagens de satélite e formatada com o software ArcGIS. Como os autores mapearam a Área de Proteção Ambiental e as várias APPs (nascentes, topo de morros, de lagos e etc) correspondente aos rios em questão, os mesmos estabeleceram cruzamentos de várias técnicas de geoprocessamento como SIG (Sistema de Informação Geográfica), Sensoriamento Remoto, Cartografia, etc, sempre confrontando os resultados com a legislação ambiental.

Como se pode perceber, o Sensoriamento Remoto vem acompanhado por várias técnicas e ferramentas, pelo fato do mesmo ser definido como a utilização conjunta de modernos sensores, de equipamentos para processamento de dados, equipamentos para transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, entre outros; todo esse conjunto tem por finalidade estudar o ambiente terrestre a partir do registro e da análise das interações do planeta Terra em suas manifestações diversas. (NOVO, 1998, p.2)

Sendo assim, segundo Novo (1998), o Sensoriamento Remoto funciona através de modernos sistemas de sensores acoplados em satélites que orbitam em torno do planeta. O sensor é um equipamento capaz de transformar energia eletromagnética em sinal passível de ser convertido em informação sobre o ambiente terrestre. Portanto, o Sensoriamento Remoto pode ser considerado uma ciência que transforma dados de radiância de uma cena da superfície terrestre em informações sobre os objetos que compõem a paisagem dessa cena. (NOVO, 1998, p. 205)

Tendo isso em mente, pode-se dizer a respeito do sensoriamento remoto que a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre ambos é sua definição mesma. Dessa forma “os sensores seriam os equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações”. (NOVO, 1998, p.1)

Além de coletar os dados da forma referida para aproveitar as informações houve o desenvolvimento, no decorrer do tempo, de técnicas específicas de análises. Primeiramente foram desenvolvidas para a análise de informações de fotografias aéreas, que, segundo Novo (1998) foi a forma pioneira de coleta de dados através de sistemas sensores, possibilitando várias técnicas de análise que sempre tiveram em vista a extração de informações sobre a superfície terrestre.

Deste modo, o Sensoriamento Remoto é incorporado por um conjunto de técnicas e processamentos de informações, sendo parte integrante do chamado Geoprocessamento de dados.

Uma das definições do geoprocessamento é de que ele é um conjunto de tecnologias que utilizam técnicas computacionais e matemáticas para a manipulação e tratamento de informações espaciais. Estas tecnologias são

“categorizadas em coleta (cartografia, sensoriamento remoto, GPS, topografia, etc), armazenamento (banco de dados) e análise dos objetos e fenômenos onde a posição geográfica é importante.” (ARONOFF, 1989)

Como é possível notar, o Geoprocessamento é dividido em conjuntos de tecnologias, como frisado por Aronoff (1989); estes são basicamente dois grandes conjuntos: o primeiro voltado para as formas de coletas de dados e o segundo para a forma de armazenamento dos mesmos, através de bancos de dados e *software* para tratamento e análises desses dados.

A partir dessas duas grandes divisões, o Sensoriamento Remoto se insere na primeira como sendo uma tecnologia de coleta e tratamento de informações; já os SIG's (Sistema de Informação Geográfica) estão inseridos no segundo grande grupo de tecnologias como forma de armazenamento e tratamento de dados georreferenciados, como é o caso do *software* Spring utilizado por Cunha (2009), ou o ArcGIS utilizado por Reis et al (2009).

Portanto, levando em conta a interação entre a coleta, o armazenamento e a análise dos dados obtidos da superfície terrestre, Texeira, Moretti e Christofolletti (1992) afirmam que, num contexto amplo, os chamados SIG's fazem parte do ambiente tecnológico que se convencionou chamar de geoprocessamento.

A área de atuação do geoprocessamento envolve no processo a coleta e tratamento da informação espacial, assim como o desenvolvimento de novos sistemas de aplicações. Está ligado ao processo o desenvolvimento de equipamentos e programas, *hardware* e *software* respectivamente, além de sofisticação em vários níveis para implementação de sistemas com fins de pesquisa acadêmica, com fins didáticos, ou mesmo com fins de aplicação profissional e científicas em variados ramos das geociências. (TEXEIRA, MORETTI e CHRISTOFOLETTI, 1992, p.12)

Ademais, Silva (2001) afirma que o geoprocessamento é o agrupamento de várias técnicas que operam sobre bases de dados informatizados e georreferenciados. Não obstante, para transformar dados em informações relevantes à análise, o autor salienta a necessidade de apoiar-se em estruturas de percepção ambiental, proporcionando o máximo de eficiência na transformação de um dado da superfície em uma informação relevante; ou seja, o dado só é capaz de transmitir

algo se acrescido de conhecimento após a coleta, para assim se tornar uma informação.

Texeira, Moretti e Christofolletti (1992), frisam a constituição dos SIG's como sendo uma série de programas e processos de análise com a característica principal focalizada no relacionamento de determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial. Para estes autores um sistema de informação geográfica utiliza-se de uma base de dados informatizada que contém informações espaciais; portanto, baseia-se em uma tecnologia de armazenamento, tratamento de dados espaciais, análise, dados não-espaciais e temporais e na geração de informações correlatas, relacionadas entre si. (TEXEIRA; MORETTI; CHRISTOFOLETTI, 1992, p.11)

Silva (2001, p.41) afirma que o SIG é “exatamente uma estrutura especificamente destinada a operar sobre dados de diferentes origens e produzir ganho de conhecimento – informação – sobre as relações espaciais neles eventualmente identificáveis.”

Sendo assim, Portes et al (2011, p.577) afirma que os SIG's (Sistemas de Informações Geográficas) tem contribuído para auxiliar vários estudos que tem como finalidade tomar decisões e intervir no espaço geográfico, devido a ampla capacidade de integração de dados convencionais e georreferenciados que esse sistema disponibiliza, principalmente através do BDG (Banco de Dados Georreferenciados). Junto com os SIG's, “os produtos do Sensoriamento Remoto, como as imagens de satélite proporcionam uma rica fonte de dados variados da superfície terrestre que podem ser extraídos, como o uso e cobertura do solo através da classificação automática.”

Portanto, como salientado por Reis et al (2009) essas ferramentas do SIG são eficientes na automatização das extrações de informações sobre as APPs e no cruzamento com o uso e cobertura do solo, permitindo mapear diversas categorias de APP e gerar informações de extrema importância que podem subsidiar a fiscalização dessas áreas, principalmente no sentido do cumprimento da legislação, que é o objetivo principal do presente trabalho, levando em conta a utilização das imagens obtidas através do Sensoriamento Remoto e a análise de dados tratadas no *software* Spring. Este disponibiliza formas de classificações automáticas eficientes para a extração de informações do uso e cobertura do solo, como frisado por Portes et al (2011).

Assim pode-se perceber que os métodos desenvolvidos nos trabalhos que utilizam o Sensoriamento Remoto (SR) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são, muitas vezes, para mapear áreas de APP (Áreas de Preservação Permanente), assim como para verificar e avaliar o percentual das áreas que estão em desacordo ao Código Florestal. Os mapeamentos de APP's podem ser realizados a partir de classificações visuais ou automáticas; estas classificações podem ser executadas diretamente sobre a entidade da mata ciliar, ou mesmo derivar das mediações da rede hidrográfica a partir da construção de uma zona que possa cobrir essas áreas por meio de um mapa de distância (*buffer*). (TREVISAN, 2009, p.43)

Este tipo de mapeamento, obtido através dos dados de Sensoriamento Remoto e analisados a partir de técnicas de SIG são pautados em dados que, carregados de uma interpretação posterior e de conhecimentos, transformam-se em informações com sentidos precisos. O termo “uso do solo” arremete-se ao sentido de uso da terra, referindo-se a utilização “cultural” da mesma; já o termo “cobertura da terra” refere-se a seu revestimento. Essa diferenciação, por exemplo, é o de áreas florestais, que mesmo sendo de um só tipo, sob o ponto de vista de cobertura, pode ter diferentes usos culturais, como o lazer, a exploração de madeira, etc. (NOVO, 1998, p.276)

Sendo esse uso do solo variado e se configurando de diversas formas e em diversas coberturas, dependendo dos pontos de estudo e das suas características, há a necessidade de desenvolver modelos ambientais para sistematizar o conhecimento dessas realidades.

Sabendo dessa necessidade, Silva (2001) afirma que “os modelos ambientais representam sínteses, que se resolvem segundo a expressão espacial das entidades envolvidas, ou seja, sua distribuição territorial.” As sínteses são compostas a partir de uma visão de conjunto, buscando esclarecer o “jogo” interligado dos fatores físicos, bióticos e sócio-econômicos responsáveis por compor a realidade ambiental. Sendo a realidade composta por esse amálgama de elementos e aspectos, não é possível ao mesmo tempo uma análise conter todos os elementos; portanto, é necessário restringir-se aos eventos e entidades relevantes à mesma. (SILVA, 2001, p.11)

Da mesma forma, o estudo de um “ambiente, de um lugar, em uma determinada ocasião (momento), forçosamente é um corte dirigido das condições

espaciais e temporais assumidas como vigentes e suficientes para retratar os aspectos ambientais julgados de interesse para pesquisa em realização”. (SILVA, 2001, p.21)

Levando em conta esses fatores, Trevisan (2009) desenvolveu uma metodologia de delineamento e mapeamento da cobertura terrestre nas áreas de APP's ao longo dos corpos hídricos, a partir da tecnologia conhecida como videografia aerotransportada. Os dados adquiridos, disponibilizados pelo Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera da Amazônia, são referentes ao sobrevôo da aeronave numa área na região centro-norte de Rondônia, que abarca distintas estruturas fundiárias do entorno da principal rodovia Rondoniense, a BR-364. (TREVISAN, 2009, p. 23)

Dessa forma, a autora procurou avaliar a adequabilidade de imagens do satélite Landsat TM para caracterizar a cobertura da terra em APP's, analisando a evolução do desmatamento nessas áreas no período de 1985-2008 com base numa série temporal de imagens do sensor TM. (TREVISAN, 2009, p.23)

É flagrante no trabalho citado a seleção temporal, espacial e os aspectos que são analisados, sendo uma forma de síntese das características ambientais de determinada cobertura da terra, em determinado período e sua distribuição em um determinado território.

A autora ainda salienta a importância da conservação ambiental; frisa que, em estudos recentes, Ribeiro et al. (2009) constataram que mais de 80% dos fragmentos da Mata Atlântica que ainda restam, possuem menos de 50 ha de área e estão distantes um do outro. Verificaram também que as reservas naturais reúnem em torno de 9% das florestas remanescentes e 1% das originais. Em vista desses resultados, os autores deram sugestões práticas conservacionistas como: priorizar a conservação dos grandes fragmentos florestais; manejar os pequenos fragmentos florestais para uma manutenção de sua funcionalidade ecológica; as áreas intermediárias entre dois fragmentos florestais devem ser manejadas com vista a minimizar os efeitos provocados no contato dessas áreas e aumentar, com isso, a conectividade entre os fragmentos; dentre outros. (TREVISAN, 2009, p. 36)

Levando em conta essa preocupação com os fragmentos florestais, desenvolveram-se nas últimas décadas diversos trabalhos que caracterizam essas áreas; para tanto, são elaborados formas e técnicas para mapeamentos das mesmas.

Portes et al (2011) desenvolveu uma pesquisa no sentido de avaliar o potencial dos classificadores automáticos, utilizando-os no mapeamento do uso da cobertura do solo sob o manejo agroecológico. Os autores buscaram desenvolver uma metodologia eficiente e universal para distinção de padrões heterogêneos de uso do solo para as áreas em estudo. O resultado obtido pelos autores, após analisar e aplicar três tipos de classificadores digitais (MaxVer, RNA e Bhattacharya), foi que o algoritmo por regiões apresentou melhores resultados de acurácia para classificação de uso e cobertura do solo numa bacia hidrográfica que possui padrões distintos na imagem, isto é, classes com uma grande variabilidade espectral. Segundo os autores, o processo de comparação das classificações foi essencial para alcançar um resultado eficiente.

Borges e Silva (2009) também atingiram seus objetivos em seu trabalho, este que foi o de elaborar um mapa de cobertura vegetal e de uso do solo utilizando técnicas de classificação supervisionada de imagem. O trabalho foi desenvolvido na região do município de Mucugê que fica localizado na área compreendida como sendo da Chapada Diamantina no Estado da Bahia. As autoras desenvolveram vários testes e treinamentos para coletar amostra e aplicar a classificação automática de imagens digitais.

Para compreender o que foi desenvolvido nos trabalhos citados a respeito das classificações digitais, necessário para sistematizar os dados obtidos a partir de imagens de Sensoriamento Remoto, é forçoso compreender o que são essas técnicas de tratamento de imagens.

O processamento de informações adquiridas pelas imagens de satélite passa por um tratamento que só é possível através de algumas técnicas computacionais; para tanto, é necessário utilizar *softwares* próprios para essas atividades.

Cunha (2009) ressalta que o Sistema de Processamento de Informação Georreferenciada (SPRING) é um exemplo de *software* livre desenvolvido para trabalhar com geoprocessamento; este une em si um SIG e gera diretamente um plano de informação, uma carta temática, possibilitando, dessa maneira, acessar, superpor e integrar às imagens analisadas, vários dados armazenados no sistema, a exemplo, dados de hidrografia, arruamento, mapas temáticos, etc.

Portanto, a partir do processamento de informações disponibilizados no software em destaque é possível superpor e integrar informações às imagens analisadas. Para tanto, há procedimentos necessários para análise e tratamento das informações, como é o caso dos classificadores.

Segundo Novo (1998, p.277), um dado importante para a utilização e aplicação de mapeamentos do uso da terra utilizando-se de imagens do Sensoriamento Remoto é a definição do sistema de classificação. A autora afirma que “a função do sistema de classificação é fornecer um quadro de referência para a organização e hierarquização de informação”, ficando clara com essa afirmação a função da classificação; contudo, não transparece o que é, especificamente, a chamada “classificação digital”.

A classificação digital, segundo a mesma autora, são técnicas que implicam em execuções de processos de decisão que o computador vem a atribuir certo conjunto ou grupos de pontos da imagem (pixels) a uma determinada classe. Essas técnicas teriam, dessa maneira, a finalidade de tornar o processo de reconhecimento de características ou mapeamento da superfície terrestre menos subjetivo e, assim, aumentar o potencial de repetição em determinadas situações subseqüentes. (NOVO, 1998, p. 235)

Sendo assim, a classificação tem como finalidade associar conjuntos de pontos a uma determinada especificidade, ou classe, que torna o processo de mapeamento mais objetivo e sistematizado.

Com relação ao mesmo tema, Santos, Peluzio e Saito (2010) afirmam que a classificação de imagens de satélites pode ser entendida como o processo de assinalar pixels às classes. Comumente, cada ponto da imagem digital (pixel) é tratado como uma unidade individual composta de valores em diversas bandas espectrais. Através da comparação de um pixel com demais pixels de identidade conhecida, torna-se possível agrupar aqueles pixels em que as reflectâncias espectrais são semelhantes em classes relativamente homogêneas. A partir dessas classes é possível formar regiões sobre um mapa ou imagem de forma que, após a classificação, a imagem digital vem a ser apresentada como um mosaico de partes uniformes, onde cada uma é identificada por um símbolo ou cor. (SANTOS; PELUZIO; SAITO, 2010, p.96)

Cunha (2009) descreve os procedimentos que são utilizados para desenvolver a classificação digital; segundo a autora há na técnica de classificação

supervisionada a definição das classes a priori; contudo, na classificação não-supervisionada, as classes são definidas a posteriori, sendo estas um resultado da análise.

Pode-se definir a classificação supervisionada como sendo o processo de utilizar amostras de identidade conhecida, como, por exemplo, os pixels que já foram assinalados às classes informacionais, para poder classificar outros pixels de identidade que ainda não foram conhecidas; portanto, esse processo é o de assinar pixels desconhecidos a uma das várias classes informacionais.

Neste tipo de classificação, a localização e a identidade de alguns aspectos da superfície, tais como floresta, urbanização, cursos d'água e agricultura, inicialmente são conhecidas por meio da combinação de trabalhos de campo, análises de fotografias aéreas, dentre outros meios. Mapas e experiência profissional são úteis para analistas localizarem áreas específicas que representam exemplos homogêneos destas feições conhecidas. Sendo assim, essas áreas de feições conhecidas são denominadas de treinamento, pois suas características espectrais são conhecidas e usadas para "treinar" o algoritmo de classificação para o mapeamento das características presentes no restante da imagem. Diversos parâmetros estatísticos são calculados, como média, desvio padrão, matriz de covariância, matriz de correlação, e outros para cada área de treinamento. Portanto, cada pixel da imagem é avaliado estando dentro ou fora das áreas de treinamento e são assinalados às classes às quais eles têm maior probabilidade de pertencer. As áreas de treinamento devem ser as mais homogêneas possíveis, não incluindo limites de transição entre diferentes feições, para que a classificação seja mais eficaz. (SANTOS; PELUZIO; SAITO, 2010, p.98)

Portanto, assim como nos trabalhos citados, o que se desenvolveu no presente trabalho foi a utilização da classificação digital para analisar imagens de satélites e, a partir dessas, extrair os dados da utilização do uso do solo, criando cartas temáticas para verificar a conservação de APP's. A classificação digital utilizada foi a supervisionada com o classificador pixel a pixel Maxver que utiliza parâmetros estatísticos para associar pixels semelhantes em classes homogêneas.

Esse classificador, segundo Cunha (2009), como nas demais classificações digitais utiliza um conjunto de amostras para caracterizar classes temáticas a ser mapeadas; sendo assim, os pixels da imagem que pertencem a

esses conjuntos de amostras são comparados um a um às amostras fornecidas e agrupados às classes temáticas a que pertencem.

Nesse tipo de classificador pixel a pixel, é utilizado no seu processo de classificação as informações espectrais de cada pixel para buscar regiões homogêneas. O método pixel a pixel de classificação digital supervisionada mais utilizado é o Maxver (Máxima Verossimilhança). No treinamento é fornecido ao sistema um conjunto de pixels representativos de cada característica existente na superfície na imagem a ser classificada. O método resume-se em classificar a imagem ponto a ponto utilizando-se o critério da máxima verossimilhança a partir de classes disponibilizadas pelo usuário, considerando a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes utilizando parâmetros estatísticos. (CUNHA, 2009, p.49)

Como é de se esperar, essas técnicas de classificação supervisionada automática de imagens de satélite tem sido muito utilizadas na comunidade científica com a finalidade de mapear o uso e cobertura do solo de variados ambientes.

No trabalho desenvolvido por Portes et al (2011), os autores descreveram os procedimentos adotados utilizando vários tipos de classificadores, dentre eles o Maxver. Ao fazerem uma avaliação do potencial de classificadores automáticos para mapeamento de uso e cobertura do solo utilizaram amostras para treinamento e validação adquirida *in locu*. Detectaram 17 classes ao longo da área de estudo, estas que serviram de parâmetro para a avaliação pretendida. Ao verificar o desempenho do classificador Maxver os autores chegaram à conclusão de que este teve um resultado excelente ao mapear áreas onde as classes apresentavam menor heterogeneidade espectral intra-classe, como é o caso da Cana, da Água e da Pastagem. (PORTES. et al, 2011, p. 581)

Enfim, esses procedimentos são amplamente utilizados para trabalhos de mapeamento e monitoramento do uso e ocupação da superfície, tendo em vista que os mesmos se demonstraram eficientes para várias finalidades de estudos.

Sabendo que uma das áreas de grande aplicação dos recursos disponibilizados através das técnicas de Sensoriamento Remoto no Brasil é o monitoramento da vegetação, a SUDAM (Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia), no ano de 1974, desenvolveu um programa de pesquisa que buscou

testar a utilização de dados do satélite Landsat para o monitoramento da cobertura vegetal da Amazônia. Portanto, em 1975 foi levantado cerca de 350.000 km<sup>2</sup> de cobertura vegetal na região nordeste do Mato Grosso, a partir do exame visual de imagens do Landsat – MSS na escala de 1:1.000.000 e de 1:250.000. Além de levantar dados de cobertura vegetal foram, também, levantados dados do sistema viário regional e do sistema hidrográfico. Estimaram-se a partir de técnicas digitais as áreas desmatadas por projeto agropecuário financiado pelo Governo Federal. Os resultados dos estudos deram a possibilidade de afirmar que os dados orbitais são eficientes em uma política de fiscalização dos incentivos federais para ocupação da Amazônia. (SANTOS; NOVO, 1977 apud NOVO, 1998, p. 290)

Como no exemplo dos trabalhos mencionados e das técnicas digitais salientadas, o que se executou no presente trabalho foi o mapeamento das margens do Lago da Usina Hidrelétrica Itaipu, utilizando-se de imagens do Satélite Landsat 5, do sistema de informações geográficas Spring e do classificador digital supervisionado pixel a pixel Maxver. Como é possível observar, esses procedimentos e técnicas vêm sendo amplamente utilizados nos trabalhos e estudos espaciais, servindo como ferramenta essencial para a verificação e o monitoramento do cumprimento da legislação ambiental, sendo esse último fator a finalidade do mapeamento da APP do referido lago, para verificar se está de acordo com o previsto por lei.

#### Segundo o Código Florestal:

Art. 2º Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima será:

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

2 – de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenha de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

3 – de 100 (cem) metros para todos os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura.

4 – de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura.

5 – de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais; (BRASIL, 1965)

Há respaldado na medida Provisória nº 2.166-67 de 24 de agosto de 2001, que altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acrescenta dispositivos à Lei nº 4.711, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, uma contribuição a respeito da definição das APP's que era apenas determinada e não definida, portanto, de acordo com essa Medida Provisória:

Art. 1º...

§ 2º Para os efeitos deste código, entende-se por:

II – área de preservação permanente: área protegida nos termos dos artigos 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. (BRASIL, 2001)

Estabelecido o que é definido por lei como Área de Preservação Permanente (APP) e as suas distâncias proporcionais ao tamanho dos cursos d'água, ficam delimitados os critérios para a análise pretendida.

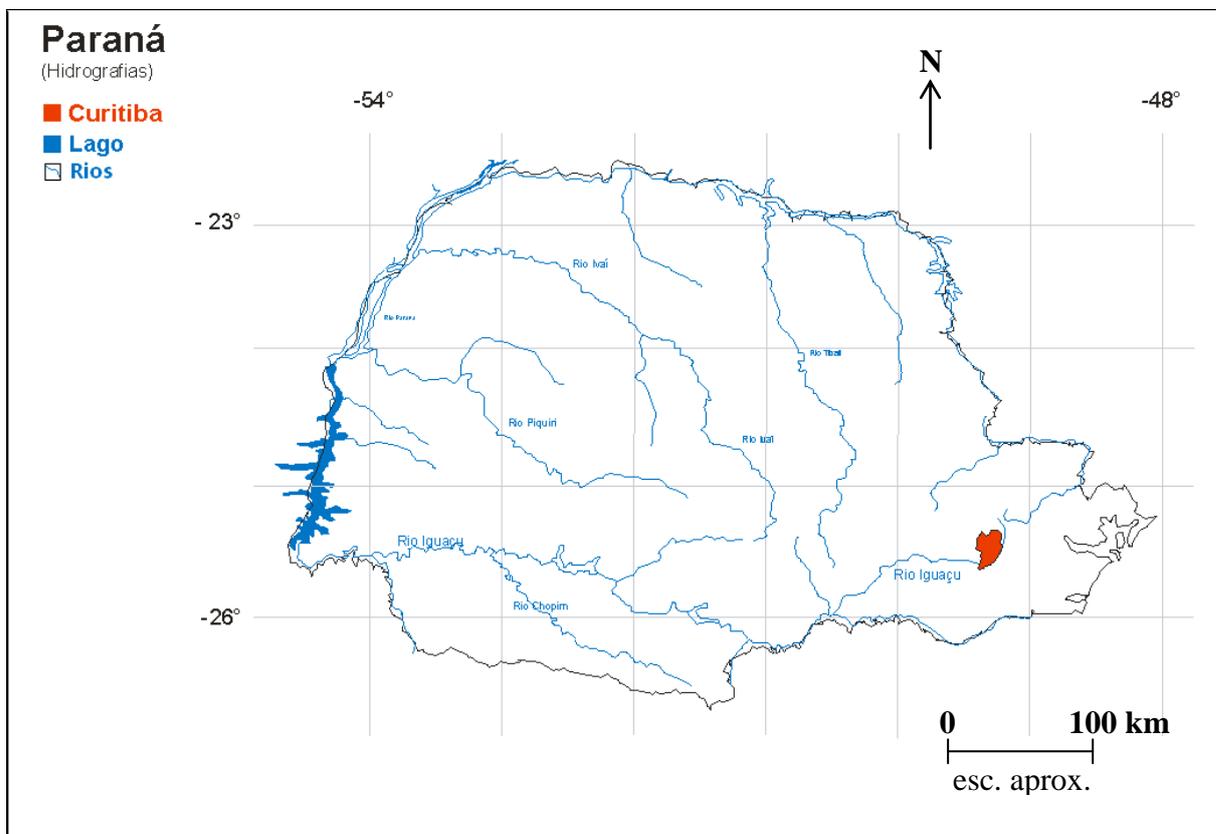
## 2.1 – Localização e aspectos físicos da área de estudo.

A criação do lago da Itaipu foi consequência direta do surgimento da Usina Hidrelétrica Itaipu Binacional. A Usina teve sua construção iniciada na década de 1960, mas só foi finalizada na década de 1970 com parceria entre Brasil e Paraguai; portanto, sua localização é na fronteira entre esses respectivos países, na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná, a oeste do Estado do Paraná. (figura 1)

A região onde se localiza o lago formado após a criação da barragem da Usina Hidrelétrica Itaipu Binacional, segundo Maack (1981), está situada no terceiro planalto ou planalto de Trapp do Paraná, conhecido também como Planalto de Guarapuava. (MAACK, 1981, p. 84)

Este planalto representa o plano de declive que forma a encosta da escarpa da Serra Geral do Paraná, sendo denominada Serra da Boa Esperança, ou escarpa mesozóica. Esta escarpa é constituída por estratos do arenito Botucatu, com grandes derramamentos de lavas básicas compactas do “trapp” do estado do Paraná. Defronte a escarpa há espessuras de 50 a 200m, chegando a 1750m, caracterizando, dessa forma, o relevo e a geologia da região oeste do estado do Paraná. (MAACK, 1981, p.419)

**Figura 1** - Localização do lago de Itaipu em relação ao estado do Paraná.

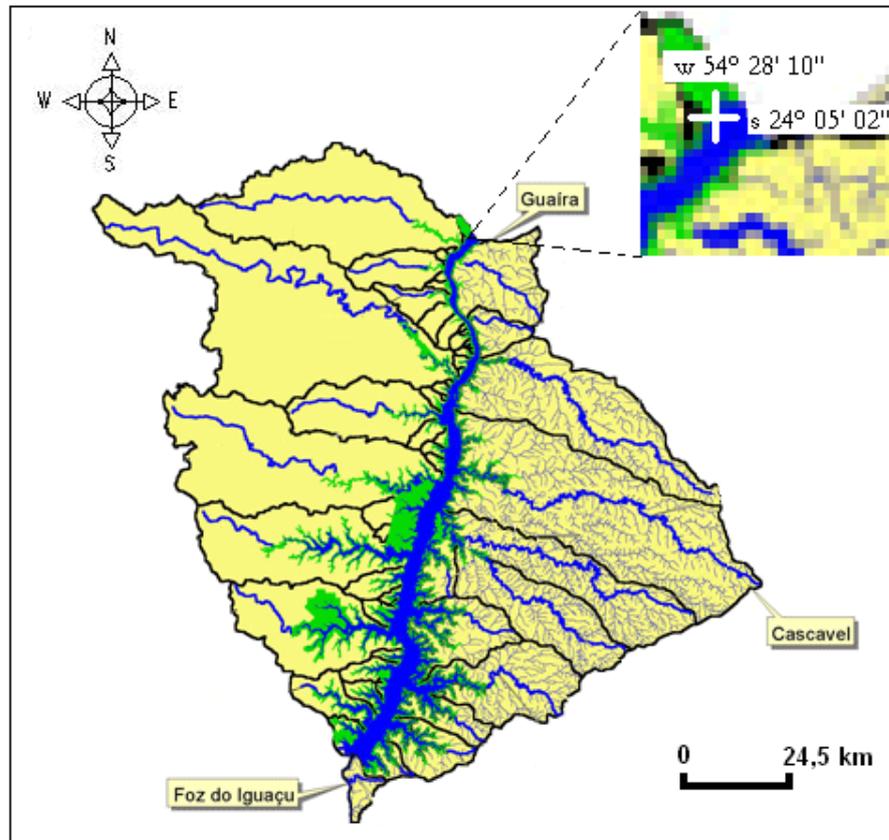


Fonte: IBGE, 2011.

O clima da região é do tipo Cfa – zona subtropical úmida, com mata pluvial e mata de araucária acima de 500m; esse clima caracteriza-se como sendo chuvoso, temperado, quente, sempre úmido e com chuvas suficientes em todos os meses, com 1000 mm anual. A temperatura média do mês mais quente é de 22°C e as precipitações médias anuais são de 1800-2000 mm. (MAACK, 1981, p. 198)

Próximo à região da barragem da Usina Hidrelétrica Itaipu está situada a cidade de Foz do Iguçu; esta cidade encontra-se a 83 e 121m acima do nível médio das águas do Rio Paraná, a 7,5 km ao norte da embocadura do Rio Iguçu, a 162m de altitude sobre o nível do mar; no outro extremo onde foi delimitada a área de estudo, localiza-se a cidade de Guaíra, situada imediatamente acima donde havia o Salto das sete Quedas no Alto Rio Paraná, (MAACK, 1981, p.130) como pode-se observar na figura 2.

**Figura 2:** - Delimitação da área de estudo, que se estende da cidade de Foz do Iguaçu até a cidade de Guaíra, ao longo do rio Paraná.



Fonte: ITAIPU, 2012.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O passo inicial para o desenvolvimento do trabalho foi uma pesquisa de disponibilidade das imagens de satélite no site do INPE; após verificar o banco de imagens disponível, foi feito *download* das bandas 3, 4 e 5 da imagem do satélite Landsat 5 – TM de 02/11/2011 correspondentes à área de estudo. As bandas 3, 4 e 5 correspondem às radiações vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio, respectivamente, e são as mais utilizadas na literatura para a diferenciação de áreas com e sem vegetação. Pelo fato das imagens já virem georreferenciadas, não houve a necessidade de fazê-lo.

Após o *download* as imagens foram importadas para o software SPRING e feito o aumento linear de contraste para melhor visualização e interpretação dos dados. Executou-se, após o aumento de contraste, o desenho vetorial do contorno da represa sobre a imagem de satélite na composição colorida 345-BGR; usou-se como ponto limite para delimitar a área de estudo a ponte a

montante do lago que fica nas proximidades do Município de Guaíra, como ilustrado na figura 2.

Foi feito um mapa de distância de 2.000 m a partir das margens da represa com o objetivo de recortar a imagem de satélite e delimitar a área do entorno da represa. A área foi delimitada e recortada para proceder à classificação digital do uso do solo; o classificador utilizado foi o Maxver. Optou-se por esse classificador por ser o classificador “pixel-a-pixel” mais utilizado pela literatura. A escolha de um classificador “pixel-a-pixel” deu-se pelo fato da fina espessura da APP no entorno dos cursos d’água em algumas localidades e o tamanho do pixel (30 metros), o que poderia comprometer a segmentação de regiões para classificadores deste tipo, inferindo que o classificador “por região” poderia não classificar essas áreas muito delgadas.

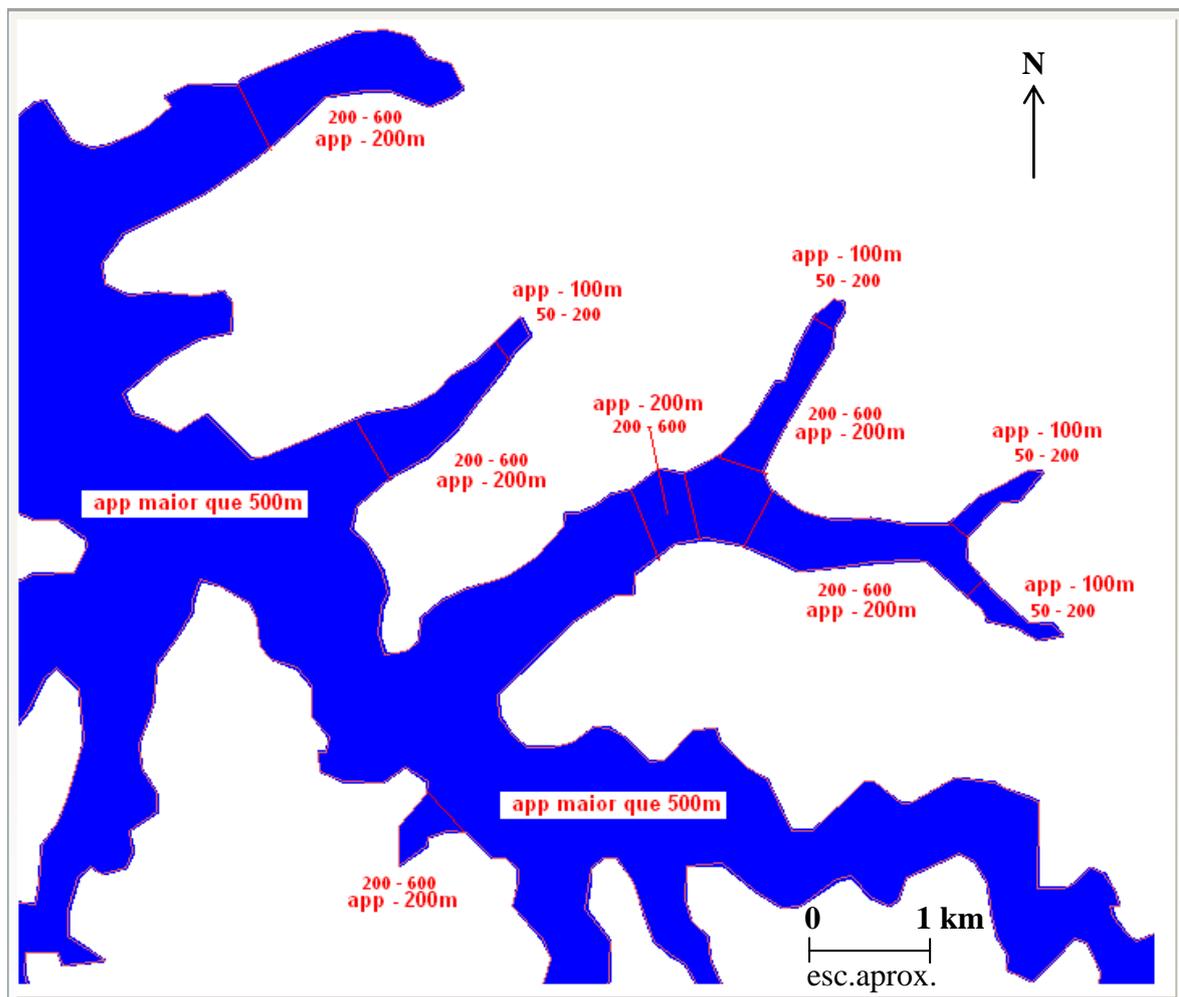
Dando continuidade ao processo, foi feito outro mapa de distâncias com base nas normas estabelecidas por lei para delimitação das áreas de APP, ou seja, a partir da largura que as APP’s devem ter dependendo da distância de uma margem a outra dos cursos d’águas. A primeira cota de distância é a de 30 m de APP para cursos d’água com a largura menor que 10 m, de 50 m de APP para cursos d’água com 10 a 50 m de largura, de 100 m de APP para cursos d’água com 50 a 100 m de largura.

Em seguida, a partir da ferramenta “operações métricas” disponível no Spring, todos os afluentes do lago, assim como seu corpo principal, foram medidos e marcados. Dessa forma, ficou estabelecido onde as distâncias de margem a margem passavam da largura necessária para alteração do tamanho das APP’s (figura 3). Com isso, foi possível modelar o mapa de distância gerado anteriormente para delimitar as cotas de APP’s de acordo com as larguras dos cursos d’águas.

O procedimento seguinte foi transformar a classificação Maxver em imagem temática para, a partir daí, fazer uma tabulação cruzada entre os dados de uso do solo e o mapa de distância das APP’s.

Após esse processo obteve-se a medida da área das classes de uso do solo por intervalo de APP. Fez-se, então, uma avaliação da quantidade de área com ausência de mata ciliar e quais os locais onde essa mata está ausente.

**Figura 3** – Ilustração das marcações feitas no processo de delimitação das APP's de acordo com a largura do lago.



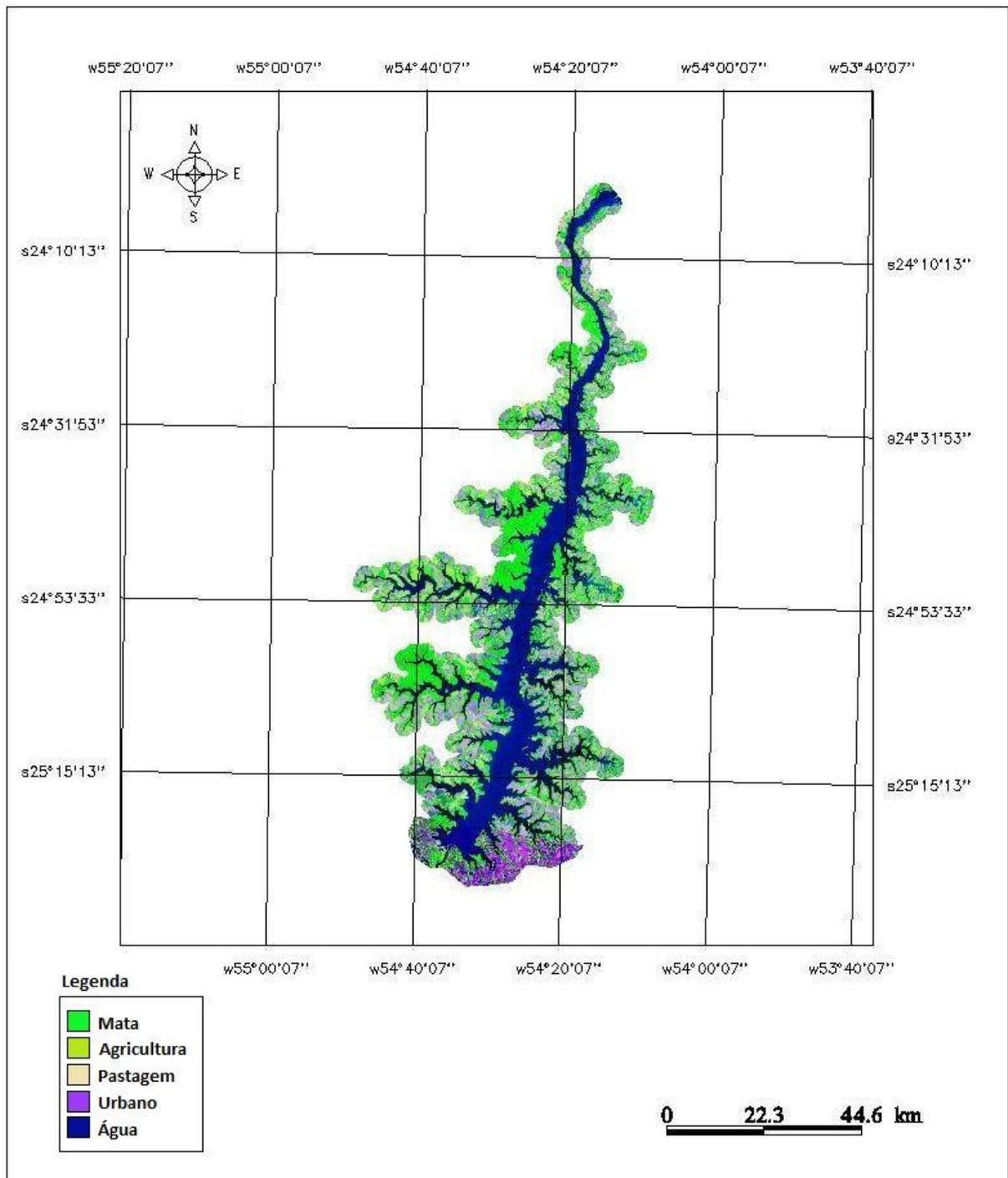
#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para os resultados obtidos foi necessário delimitar a área de estudo do entorno do lago, como já frisado anteriormente, a uma distância de 2000 metros a partir de suas margens, dessa maneira retirou-se da imagem de satélite toda a parte que transpunha essa distância. (Figura 4)

Com a classificação digital Maxver (pixel a pixel), da respectiva área do entorno do lago, obteve-se um excelente desempenho médio (tabela 1), assim como os dados do uso do solo (Figura 5) necessário para os objetivos do trabalho.

Apesar de que legalmente é mister haver um predomínio de APP no entorno dos cursos d'água, foi possível notar uma quantidade relevante de atividade agrícola na área estudada. (Tabela 2)

**Figura 4** – Composição colorida 345-BGR da imagem Landsat 5: recorte da área estudada.



Dessa forma, evidenciou-se que na área em questão há uma quantidade de 76.505,31 ha de pasto, 20.858,40 ha de cultura agrícola e 96.444,00 ha de solo nu, quantidades expressivas se consideradas com relação à quantidade

de mata que é de 110.867,85 ha. Ao diminuir a quantidade de mata pelas outras variáveis somadas, a diferença é de 82.939,86 ha a mais para as variáveis.

**Tabela 1** – Desempenho Médio e Confusão Média geral da Classificação.

<b>Imagem Landsat 2011</b>	<b>Desempenho Médio (%)</b>	<b>Confusão Média (%)</b>
	97,75	2,25

**Tabela 2** – Cálculo da utilização do solo por Hectare.

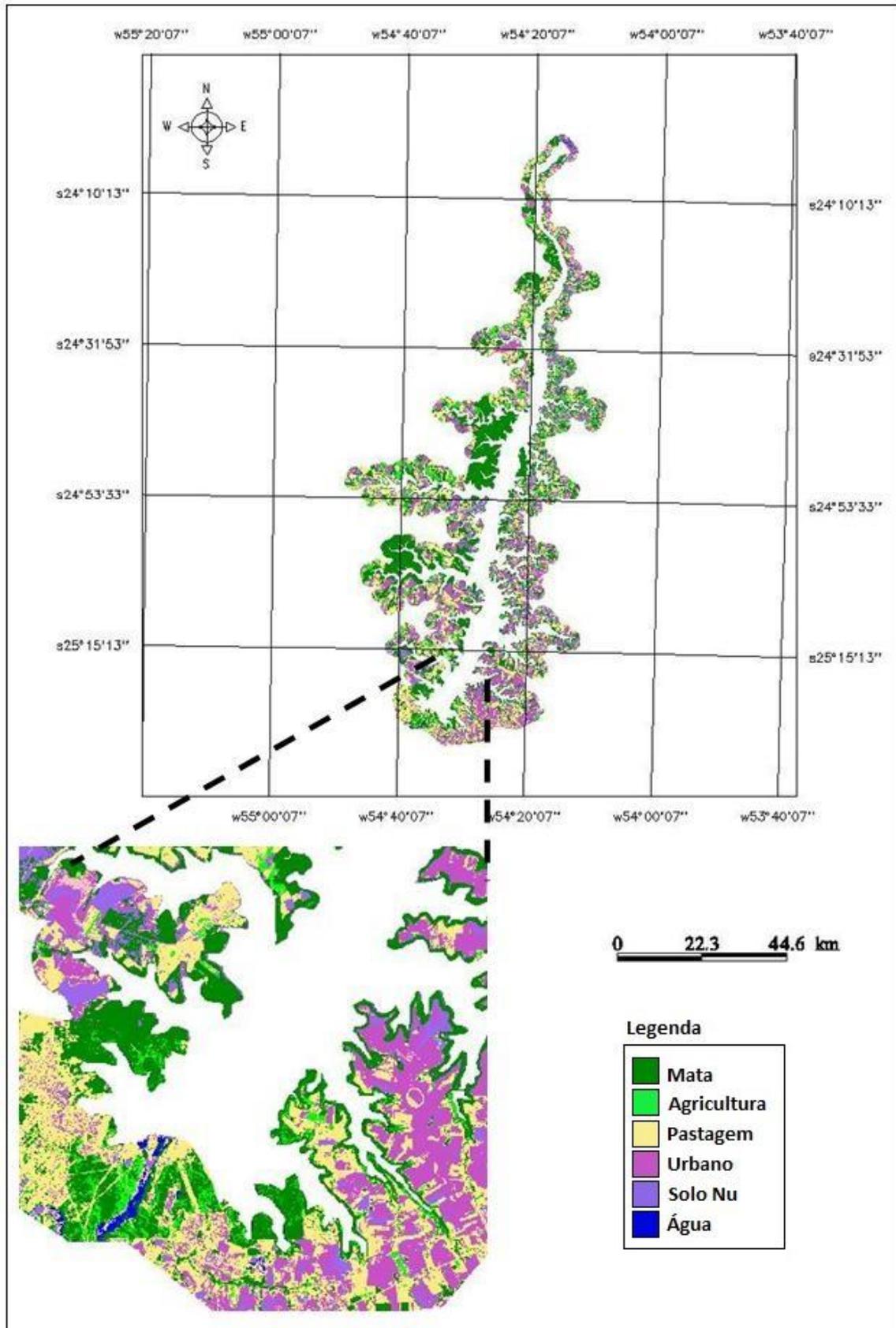
<b>Solo nu</b>	96.444,00 ha
<b>Mata</b>	110.867,85 ha
<b>Cultura Agrícola</b>	20.858,40 ha
<b>Pasto</b>	76.505,31 ha
<b>Total</b>	304.675,56 ha

Para obter os dados relativos a quantidade de APP que a legislação exige, foi necessário criar um mapa de distâncias (figura 6) como descrito na metodologia. Com esse mapa foi possível observar o tamanho da área do entorno do lago nas distâncias que vão de 0 à 500 metros, estas que são, respectivamente, as áreas previstas por lei para serem preservadas como APP's.

Como é possível observar na tabela 3 a área total das cotas sem cortes do entorno do lago, desde a margem até 500m, é de 1.044,37 km<sup>2</sup>, estabeleceu-se essas cotas homogeneamente no entorno de todo o lago (figura 6) para posteriormente “recortá-las” de acordo com a variação da largura do lago.

Contudo, para obter exatidão no cumprimento da lei com respeito as APP's, pois ao analisarmos a legislação percebemos que o tamanho das APP's variam de acordo com a largura do leito do rio, foi necessário criar as cotas com corte (tabela 3 – cotas com corte), retirando todas as parte das cotas de distâncias que não eram necessárias pelo fato do leito do rio ter larguras variáveis no decorrer de sua extensão. (cortes nas distâncias – figura 7)

**Figura 5 – Mapa de Uso do Solo (Classificação Maxver).**



**Tabela 3** – Cálculo da área dos mapas de distância com e sem corte.

<b>Cotas sem corte</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>Cotas com corte</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>
<b>0-30 m</b>	73,86	<b>0-30 m</b>	73,86
<b>30-50 m</b>	48,40	<b>30-50 m</b>	48,34
<b>50-100 m</b>	118,32	<b>50-100 m</b>	117,74
<b>100-200 m</b>	225,03	<b>100-200 m</b>	184,97
<b>200-500 m</b>	578,76	<b>200-500 m</b>	212,75
<b>Total</b>	1.044,37	<b>Total</b>	637,66

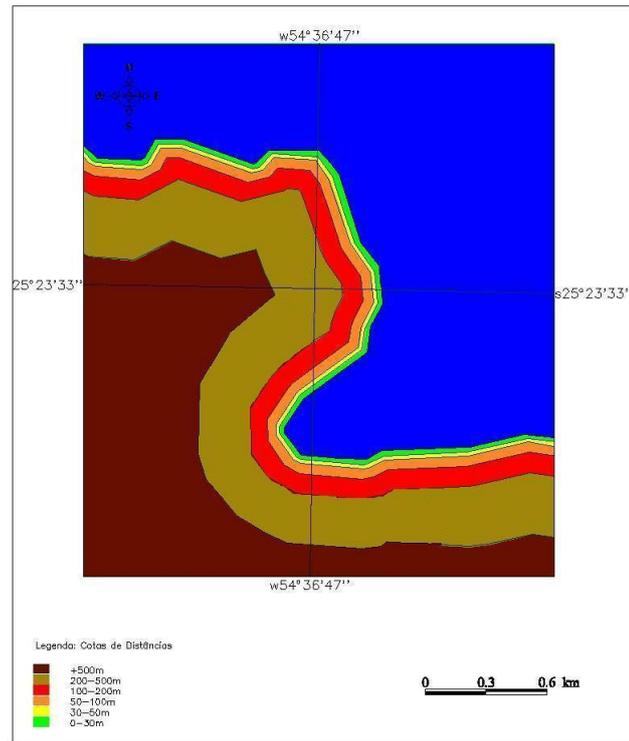
Portanto, quando comparado as cotas de distâncias com e sem corte, verifica-se uma diminuição de 406,71 km<sup>2</sup> nas áreas das cotas com corte, estas que são as que correspondem exatamente com a área que a legislação exige, contudo, essas áreas deveriam ser reservadas para as APP's.

Após preparar o mapa com as cotas de distância seguindo as variações das larguras do lago, fez-se a tabelação cruzada entre o mapa de distância com cortes e a classificação Maxver do uso do solo. (tabela 4)

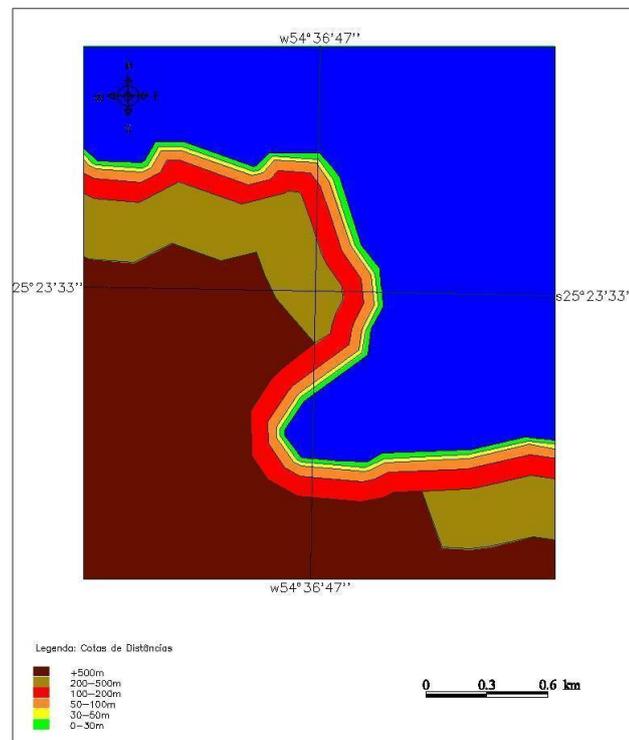
Como o mapa de distância está de acordo com o previsto por lei, ou seja, em todas as partes do lago as cotas do mapa de distância estão marcando exatamente a distância relativa a largura naquele ponto, a cobertura do solo nas cotas “recortadas” devem, segundo a legislação, ser 100% de APP.

Porém, como pode-se verificar na tabela 4, o uso do solo nas áreas previstas por lei como sendo de preservação permanente estão sendo negligenciadas, pelo fato de que há 116,05 km<sup>2</sup> de Solo Nu, 22,53 km<sup>2</sup> de Cultura e 66,27 km<sup>2</sup> de Pastagem, totalizando 204,85 km<sup>2</sup> de áreas que estão irregulares de acordo com a legislação, pois são áreas que deviam ser destinadas para as APP's. A quantidade de mata que estão situadas nas áreas reservadas para APP é de 443,27 km<sup>2</sup>. (ver figura 8 – APP do entorno do lago) Na tabela 5 pode-se verificar uma grande quantidade de matas na cota de distância que ultrapassa os 500m de APP, estas que, muitas vezes, são parte integrante da reserva legal. Lembrando que o recorte feito vai até 2000 metros, portanto, a cota em questão subentendesse um espaço que vai de 500m a partir da margem até 2000m.

**Figura 6 – Mapa de Distância sem Corte.**



**Figura 7 – Mapa de Distância com Corte.**



**Tabela 4** – Cálculo das áreas de uso do solo com relação às cotas de APP (em km²).

Classes	Cota (em metros)					Total
	0 – 30m	30– 50m	50 – 100m	100 – 200m	200 – 500 m	
Solo nu	31,32	6,3720	4,6215	14,6826	59,0616	116,05
Mata	51,8931	39,9042	106,6041	150,2226	94,6683	443,27
Cultura	0,5706	0,7938	2,2752	5,5098	13,4001	22,53
Pasto	0,7443	1,2087	4,2183	14,5269	45,6084	66,27
Água	2,3670	0,0612	0,0270	0,0351	0,0198	2,48
<b>Total</b>	86,88	48,32	117,72	184,95	212,73	

**Tabela 5** – Uso do Solo com relação à cota de APP com mais de 500m

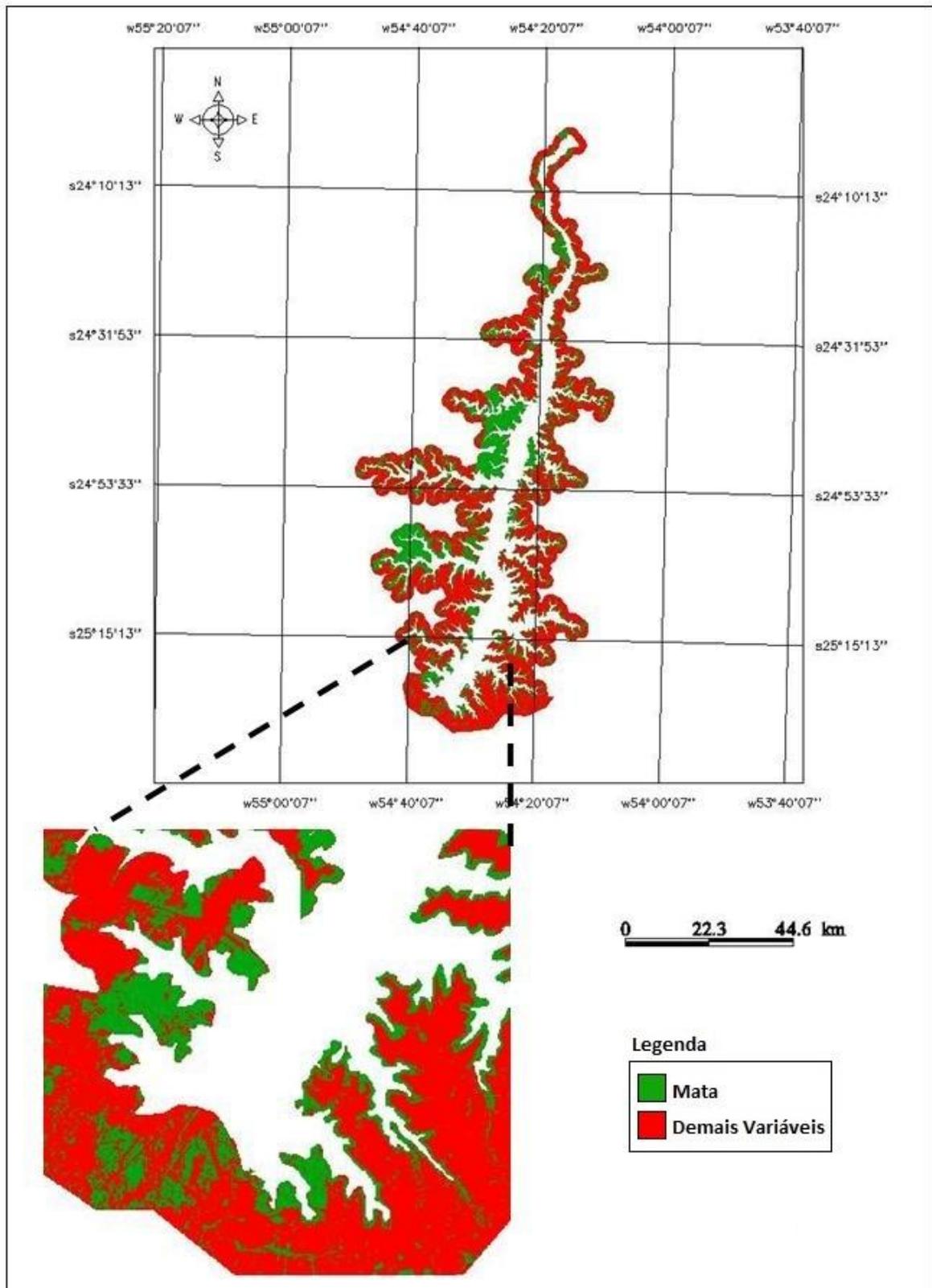
Classe	Cota com mais de 500 metros (em km²)
Solo nu	722,76
Mata	595,35
Cultura	156,00
Pasto	576,74
Água	2,09
Total	2052,96

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os objetivos pretendidos, pode-se afirmar que os métodos de processamento digital de imagens aplicados alcançaram o esperado, pois foi possível fazer o levantamento com uma relativa precisão de toda a área do entorno do lago da Usina Itaipu. Ademais, foi possível verificar o cumprimento da legislação ambiental brasileira (1965) em toda a região estudada através dos dados levantados e dos métodos utilizados.

As imagens do Satélite Landsat 5 e o Sensoriamento Remoto, além de todas as demais técnicas utilizadas, demonstraram uma boa eficácia no estudo de áreas com grande extensão, como é o caso do lago da Itaipu.

**Figura 8 – Mapa de Uso do Solo com a APP em Destaque**



Portanto, verificou-se todas as localidades do entorno do lago que as APP's estavam sobressalentes ao exigido por lei, e, obviamente, aquelas que tinham

menos que o exigido. Sendo assim os estudos relativos na utilização de imagens de satélite são eficazes para a manutenção das matas ciliares, para estudos prévios dirigidos a uma possível recuperação de APP's, para o monitoramento do cumprimento da lei, para a manutenção e preservação dos recursos hídricos, dentre várias outras áreas de atuação e intervenções na relação que estabelecemos com o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

ARONOFF, S. **Geographic Information System: A management perspective**. Ottawa: WDL Publications, 1989.

BORGES, Elane Fiúza; SILVA, Ardemírio de Barros. Técnicas de segmentação de imagens e classificação por região: mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo, Mucugê-BA. **Mercator**, Fortaleza, v. 8, n. 17, p. 209-220, set./dez. 2009.

BRASIL. Lei Nº 4.771 de 15 de setembro 1965. Institui o novo Código Florestal. **Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm). Acesso em: 01 set. 2011.

BRASIL. Medida provisória 2.166-67 de 24 de agosto de 2001. Altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, acresce dispositivos à Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal. **Direito Ambiental**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/mpv/2166-67.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/2166-67.htm). Acesso em: 01 set. 2011.

CUNHA, Karoley Lima. **Uso de imagens dos satélites Landsat e CBERS no mapeamento da suscetibilidade à erosão na região de Primavera do Leste – MT**. 2009. 147 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2009.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/mapas/pr\\_rios.htm](http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/mapas/pr_rios.htm). Acesso em: 13 set. 2011.

ITAIPU. **Projeto Cultivando Água Boa.** Disponível em: <http://www.cultivandoaguaboa.com.br>. Acesso em: 10 jan. 2012.

MAACK, Reinhard. **Geografia Física do Estado do Paraná.** 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. José Olympio, 1981.

NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** 2. ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1998.

PORTES, Raquel de Castro; SCUDELLER, Alice Azevedo; JUSKSCH, Ivo; FERNANDES FILHO, Elpídio Inácio; CARDOSO, Irene Maria; GLERIANI, José Marinaldo. Avaliação do potencial de classificadores automáticos para mapeamento de uso e cobertura do solo sob manejo agroecológico. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011. p. 576-583.

PRADO, Fernanda de Almeida; BOIN, Marcos Norberto; MENEGUETTE, Arlete Aparecida Correia. Uso de imagens de sensoriamento remoto na análise do cumprimento da legislação ambiental. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 4151-4158.

REIS, Rafael Balbi; CARDOSO, Phillipe Valente; CRUZ, Carla Bernadete Madureira; VICENS, Raúl Sánchez. Mapeamento e caracterização das áreas de preservação permanente (APPs) na área de proteção ambiental do rio São João/Mico Leão Dourado. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 5397-5404.

SANTOS, A. P.; NOVO, E. M. L. M. **Uso de dados do LANDSAT-1 na implantação, controle e acompanhamento de projetos agropecuários no Sudeste da Amazônia Legal.** São José dos Campos, INPE, 1977.

SANTOS, Alexandre Rosa dos; PELUZIO, Telma Machado de Oliveira; SAITO, Nathália Suemi. **SPRING 5.1.2: passo a passo**: aplicações práticas. Alegre, ES: CAUFES, 2010.

SILVA, Jorge Xavier da. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro: J. Xavier da Silva, 2001.

TEIXEIRA, Amandio Luís de Almeida; MORETTI, Edmar; CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica**. Rio Claro: Ed. do Autor, 1992.

TREVISAN, Giselle Vanessa. **Análise da cobertura da terra em áreas de preservação permanente em Rondônia: avaliação com imagens de videografia e do sensor TM**. 2009. 150 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2009.