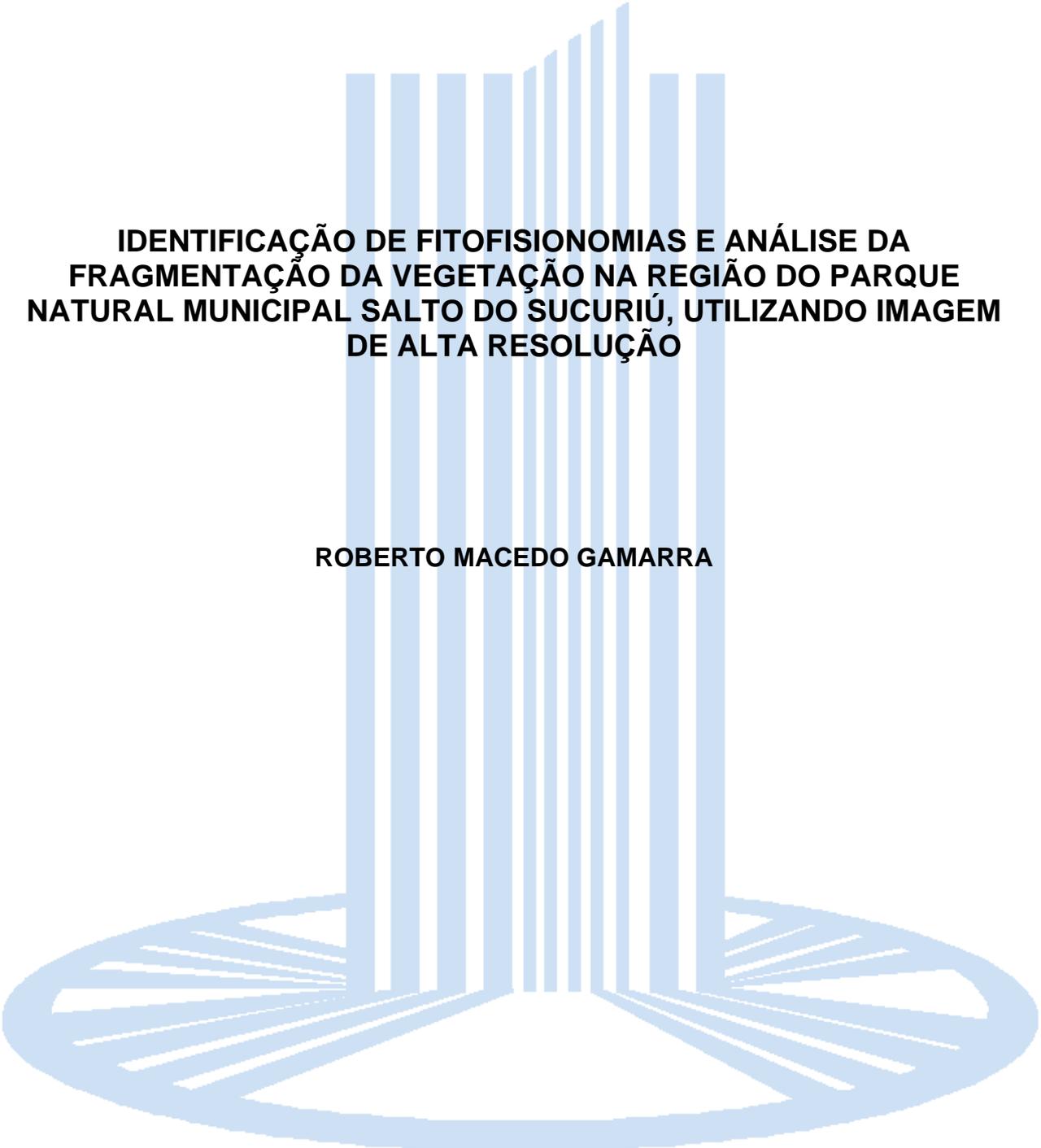


UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO



**IDENTIFICAÇÃO DE FITOFISIONOMIAS E ANÁLISE DA  
FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO NA REGIÃO DO PARQUE  
NATURAL MUNICIPAL SALTO DO SUCURIÚ, UTILIZANDO IMAGEM  
DE ALTA RESOLUÇÃO**

**ROBERTO MACEDO GAMARRA**

**U.F.M.S.**

CAMPO GRANDE – MS  
FEVEREIRO DE 2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

**IDENTIFICAÇÃO DE FITOFISIONOMIAS E ANÁLISE DA  
FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO NA REGIÃO DO PARQUE  
NATURAL MUNICIPAL SALTO DO SUCURIÚ, UTILIZANDO IMAGEM  
DE ALTA RESOLUÇÃO**

**ROBERTO MACEDO GAMARRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho

CAMPO GRANDE – MS  
FEVEREIRO DE 2008

## ÍNDICE

<b>RESUMO .....</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
3.1. ÁREA DE ESTUDO .....	14
3.2. CLASSES ESPECTRAIS DE COBERTURA DO SOLO / FITOFISIONOMIAS .....	17
3.3. CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO.....	18
3.4. ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO .....	25
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
4.1. CLASSES ESPECTRAIS DE COBERTURA DO SOLO .....	30
4.2. CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETOS .....	43
4.3. ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO .....	46
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>56</b>
5.1. CLASSES ESPECTRAIS DE COBERTURA DO SOLO .....	56
5.2. CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETOS .....	57
5.3. ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO .....	57
<b>6. AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>60</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>61</b>

**IDENTIFICAÇÃO DE FITOFISIONOMIAS E ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO DA  
VEGETAÇÃO NA REGIÃO DO PARQUE NATURAL MUNICIPAL SALTO DO  
SUCURIÚ, UTILIZANDO IMAGEM DE ALTA RESOLUÇÃO**

Roberto Macedo Gamarra<sup>(1)</sup>

Antonio Conceição Paranhos Filho<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação – PPGEC

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – CCBS

Departamento de Biologia – DBI

rmgamarra@gmail.com

<sup>(2)</sup>Professor Orientador

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia – CCET

Departamento de Hidráulica e Transportes – DHT

paranhos@nin.ufms.br

<sup>(1)</sup> e <sup>(2)</sup> Campus Universitário, s/nº, Caixa Postal, 549; CEP: 79070-090; Campo  
Grande –MS. Fone: (67) 3345-7495

# **IDENTIFICAÇÃO DE FITOFISIONOMIAS E ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO NA REGIÃO DO PARQUE NATURAL MUNICIPAL SALTO DO SUCURIÚ, UTILIZANDO IMAGEM DE ALTA RESOLUÇÃO**

## **RESUMO**

O Cerrado no Estado de Mato Grosso do Sul encontra-se devastado e os poucos remanescentes de vegetação nativa encontram-se somente em áreas protegidas. Dessa maneira é prioritário o estudo dos remanescentes de vegetação do Cerrado no intuito de protegê-lo. O objetivo do presente trabalho foi de identificar diferentes fitofisionomias de acordo com a chave de identificação proposta por RIBEIRO & WALTER (1998), relacionando-as com as assinaturas espectrais de uma imagem do satélite de alta resolução IKONOS II. Além de gerar uma Carta de Avaliação por Índice de Borda dos fragmentos de vegetação arbórea, detalhando a técnica utilizada para que se possa estabelecer uma rotina de trabalho com este tipo de imagem e com estas técnicas de processamento, permitindo o seu uso em outros trabalhos. A área de estudo é a região do Parque Natural Municipal Salto do Sucuriú (toda área da imagem IKONOS) no Município de Costa Rica – MS. Os programas utilizados para o processamento da imagem foram o Definiens Ecognition para classificação orientada a objetos e geração da carta de cobertura do solo e o PCI Geomatica para construção do SIG utilizado na análise da fragmentação, pois são programas capacitados para processar imagens com 11 bits (2048 níveis de cinza) de resolução radiométrica. Foram produzidas 11 pranchas relacionando as assinaturas espectrais da referida imagem e a cobertura do solo. Os fragmentos de vegetação foram classificados pelo índice de borda e pela área. O estudo permite recomendar que o Parque Natural Municipal Salto do Sucuriú deve ter sua área de proteção expandida, abrangendo todas as áreas de proteção permanente a sua volta e incorporar alguns fragmentos próximos, para que os representantes da diversidade do bioma Cerrado sejam resguardados, assim como os importantes mananciais para o bioma e áreas limítrofes.

**PALAVRAS-CHAVE:** IKONOS II, sensoriamento remoto, sistema de informações geográficas, classificação orientada a objetos, cerrado, ecologia e conservação.

## ABSTRACT

### PHYTOPHYSIOGNOMIC FORMS IDENTIFICATION AND FRAGMENTATION ANALYSIS ON "PARQUE NATURAL MUNICIPAL SALTO DO SUCURIÚ" USING HIGH RESOLUTION IMAGE

The Cerrado in the Mato Grosso do Sul state is devastated and the few remnants of native vegetation are only found in protected areas. In this way, becomes priority the study of the remnants of vegetation in the Cerrado, looking for its protection. This work objective was to identify different phytophysognomic forms, based on the identification key proposed by RIBEIRO & WALTER (1998) and to establish a relationship with the spectral signatures of an IKONOS II high-resolution satellite image. And besides this to produce a Map of the Edge Index Evaluation of the arboreal fragments, detailing the used technique to establish a working routine with this kind of image and these processing techniques, making possible its utilization in other works. The study area is the region of the "Parque Natural Municipal Salto Sucuriú" (the total area of the IKONOS image) in the city of Costa Rica - MS. The software used for the image processing were the Definiens Ecognition, to the object oriented classification and to the land cover map generation and PCI Geomatica for the construction of the GIS used in the fragmentation analysis, because these are software suitable to process 11 bits radiometric resolution images (2048 gray levels). It has been produced 11 boards linking the image spectral signatures and the land cover. The vegetation fragments were classified by the edge index and area. The study allows to advice that the "Parque Natural Municipal Salto Sucuriú" must have expanded its protection area, covering all surrounding areas of permanent protection and to incorporate some close fragments, so that the representatives of the Cerrado diversity can be protected and so some important springs of the Cerrado and the neighboring areas.

**KEY-WORDS:** IKONOS II, Remote Sensing, Geographic Information System, Object Oriented Classification, Cerrado, Ecology and Conservation.

## 1. INTRODUÇÃO

O Cerrado localiza-se predominantemente no Planalto Central do Brasil, ocupando cerca de 1,8 milhão de km<sup>2</sup> (23% do território nacional). Possui grande diversidade de fitofisionomias que compreendem formações florestais, savânicas e campestres (RIBEIRO & WALTER, 1998). Apresenta alta riqueza de espécies, representando cerca de 5% da diversidade da fauna e flora mundiais e 1/3 da biota brasileira (ALHO & MARTINS, 1995), com estimativas de cerca de 7.000 espécies de plantas e altos níveis de endemismo. A diversidade de aves, peixes, répteis, anfíbios e insetos são igualmente altas (KLINK & MACHADO, 2005). Além disso, no Cerrado estão presentes as maiores bacias hidrográficas da América do Sul (PAGOTTO *et al.*, 2006). É um dos biomas brasileiros mais modificados pelo homem. Extensas áreas têm sido substituídas por pastagens, campos de agricultura ou por monoculturas florestais exóticas. Isto gera um mosaico de fragmentos de vegetação de diferentes tamanhos e grau de conservação (SILVANO *et al.*, 2005), como é o caso do Estado de Mato Grosso do Sul.

Nas últimas décadas cerca de 50% da área original do Cerrado foi convertida em áreas antropizadas devido às atividades agropecuárias, extrativismo mineral, aumento populacional e construção de estradas e barragens para hidrelétricas (ALHO & MARTINS, 1995; MITTERMEIER *et al.*, 1999). Este fato é agravado pelo baixo número de áreas protegidas por unidades de conservação, apenas 4,1%, e pela distribuição restrita de muitas espécies da fauna e flora (FELFILI, 2002; FELFILI *et al.*, 2002).

No Mato Grosso do Sul, cuja área é de aproximadamente 358.159 Km<sup>2</sup>, o Cerrado ocupa cerca de 65,5% da área total do Estado (COSTA *et al.*, 2003). Em 1985, 41,6% do Cerrado no Mato Grosso do Sul estava ocupada por áreas destinadas às atividades agropecuárias, sendo intensificada a ocupação destas áreas na década de 90 (POTT & POTT, 2003). Atualmente, a área encontra-se bem mais reduzida e em muitas propriedades não existem os 20% de vegetação natural exigidos por lei (POTT & POTT, 2003; PAGOTTO *et al.*, 2006). Esse quadro é preocupante e já pode haver problemas de conservação em termos de variabilidade

genética (POTT & POTT, 2003), levando à redução, em longo prazo, da diversidade biológica.

A fragmentação é a divisão em partes de uma dada unidade do ambiente, partes estas que passam a ter condições ambientais diferentes em seu entorno. Em geral, quando se fala em fragmentação pensa-se numa floresta que foi derrubada, mas que partes dela foram deixadas mais ou menos intactas. Entretanto, a fragmentação pode referir-se também às alterações no habitat original, terrestre ou aquático. Neste caso, a fragmentação é o processo no qual um habitat contínuo é dividido em manchas, ou fragmentos mais ou menos isolados (SHAFER, 1990).

Dentre as conseqüências mais importantes do processo de fragmentação florestal, destacam-se a diminuição da diversidade biológica, a extinção de espécies, a modificação na polinização, dispersão de sementes por animais, herbivoria, predação de herbívoros e outros distúrbios do regime hidrológico das bacias hidrográficas, as mudanças climáticas, a degradação dos recursos naturais e a deterioração da qualidade de vida das populações tradicionais (SCARIOT *et al.*, 2005).

Além disso, a fragmentação resulta em remanescentes de vegetação nativa que se avizinham as áreas agrícolas e outras formas de uso, alterando significativamente a água e os nutrientes dos solos (SAUNDERS *et al.*, 1991), reduzindo e isolando as áreas propícias à sobrevivência das populações e provocando mudanças na paisagem como um todo (VALÉRIO FILHO, 1995; METZGER, 1999).

Os fragmentos são afetados por problemas direta e indiretamente relacionados à fragmentação (BIERREGAARD-JR *et al.*, 1992), tal como o efeito da distância entre os fragmentos ou o grau de isolamento, o tamanho e a forma do fragmento, o tipo de matriz circundante e o efeito de borda. O tamanho e a forma do fragmento diferem do habitat original em dois pontos principais:

- 1) os fragmentos apresentam uma alta relação borda/área;
- 2) o centro de cada fragmento é próximo a uma borda (CERQUEIRA *et al.*, 2005).

A área de contato entre o habitat original e o entorno é conhecida como borda, onde podem ocorrer mudanças mais ou menos drásticas conforme a

natureza das interações entre os dois ambientes (LOVEJOY *et al.*, 1986; KAPOS *et al.*, 1997; OLIVEIRA, 1999). Nas florestas tropicais e nos cerrados, grandes áreas estão sendo convertidas em monoculturas agrícolas ou pastagens, fazendo com que os fragmentos de habitat fiquem em contato com áreas abertas e, portanto, expostos aos ventos e à penetração de luz e calor (KAPOS *et al.*, 1997).

Mudanças no microclima, na estrutura e nos processos dinâmicos da vegetação decorrentes da fragmentação, podem tornar o meio inóspito para diversas espécies de organismos, ao mesmo tempo em que podem favorecer o estabelecimento de espécies características de áreas abertas (LOVEJOY *et al.*, 1984; LAURANCE *et al.*, 1998; TABARELLI *et al.*, 1998), capazes de competir com as espécies nativas e alterar as características naturais do ambiente (SCARIOT *et al.*, 2005).

Todos os efeitos relacionados às bordas são particularmente mais intensos em fragmentos pequenos, porém a forma dos fragmentos, e especialmente aqueles muito estreitos e alongados ou com formas muito irregulares, com muitas invaginações, podem permitir que as alterações penetrem em grande parte da área ou mesmo em toda a área do fragmento. Isto faz com que espécies sensíveis a estas alterações sejam excluídas de toda a área do fragmento (KAPOS, 1989; LAURANCE *et al.*, 1998).

O processo global de fragmentação de habitats é, possivelmente, a mais profunda alteração causada pelo homem ao meio ambiente. Muitos habitats naturais que eram quase contínuos foram transformados em paisagens semelhantes a um mosaico, composto por manchas isoladas de habitat original. Intensa fragmentação de habitats vem acontecendo na maioria das regiões tropicais (HARRIS, 1984).

Para HARRISON *et al.* (1988), existem três principais categorias de mudanças que têm se tornando freqüentes nas florestas do mundo:

- 1) a redução na área total da floresta;
- 2) a conversão de florestas, naturalmente estruturadas, em plantações e monoculturas florestais;
- 3) a fragmentação progressiva de remanescentes de florestas naturais em pequenas manchas, isoladas por plantações ou pelo desenvolvimento agrícola, industrial ou urbano.

É um processo que ocorre na Europa desde há muito tempo e que aumentou, particularmente, a partir do século XIX. Este mesmo processo vem ocorrendo no Brasil desde sua conquista pelos europeus (CERQUEIRA *et al.*, 2005).

Alguns dos principais fatores antrópicos identificados que desencadearam a devastação das florestas nativas foram a caça, exploração agropecuária, queimadas, extração vegetal, lazer, urbanização e a implantação de infra-estrutura de transportes, energia e saneamento. Em quase todos estes fatores foram identificados vínculos com atividades e políticas econômicas ou então, se constituem como estratégias de sobrevivência frente às adversidades destas. Esses levantamentos permitiram perceber que os diferentes estágios de fragmentação são decorrentes dos diferentes padrões de desenvolvimento social e econômico nacionais, regionais e locais (FISZON *et al.*, 2005).

O uso do fogo na matriz tem, com freqüência, causado incêndios não intencionais no interior de fragmentos, provocando alterações drásticas na estrutura e na dinâmica das populações de plantas. No Cerrado, o fogo é considerado um fator determinante na manutenção das fitofisionomias, sendo que sua freqüência pode limitar a reprodução das plantas (HOFFMANN, 1998) e afetar a dinâmica das comunidades vegetais (COUTINHO, 1990). O aumento na freqüência do fogo pode também diminuir a cobertura vegetal, aumentando a área de solo exposto (SANAIOTTI & MAGNUSSON, 1995). Uma matriz que sofre queimadas com freqüência maior do que aquela que ocorre naturalmente no Cerrado (5-10 anos) (EITEN & GOODLAND, 1979), aumenta a probabilidade de o fogo penetrar nos fragmentos. Em áreas desmatadas, o calor gerado pela queima da biomassa pode causar impacto adicional às plantas da borda adjacente através do aumento na mortalidade das plantas mais susceptíveis ao calor (SCARIOT *et al.*, 2005).

Diante da drástica fragmentação das áreas de Cerrado, é fundamental a realização de pesquisas, sobretudo nos locais que possuem fragmentos significativos e que estão protegidos sob alguma forma de unidades de conservação. Segundo KLINK & MACHADO (2005), um dos obstáculos para a conservação da diversidade biológica do Cerrado é a insuficiência de estudos direcionados para a resolução de problemas ambientais. Conhecer a variabilidade ambiental e a

dinâmica da fragmentação florestal fornece dados para o manejo correto e a conservação.

De acordo com CARRIJO (2005) a modificação da vegetação nativa compromete o habitat natural e a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos. Atualmente, é inquestionável a necessidade de manutenção dos ambientes naturais. Para melhorar a proteção destes, foi instituído no Brasil um instrumento legal para Conservação da Natureza denominado Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC (BRASIL, 2000), no qual a unidade de conservação é peça fundamental para garantir a sobrevivência de seres vivos em geral e ecossistemas terrestres e aquáticos.

As unidades de conservação brasileiras de proteção integral, da categoria Parque, têm por objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, como a realização de pesquisas científicas, o desenvolvimento de atividades e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico (BRASIL, 2000).

Uma vez que é necessário ampliar a base de informações sobre os distúrbios ocorridos nos ecossistemas, devem-se buscar técnicas e instrumentos que reduzam custos e tempo para identificação de pontos vulneráveis, sendo que para isto, o Geoprocessamento é uma ferramenta importante (CARRIJO, 2005).

Estimativas da fragmentação florestal, consideradas importantes por sua relação com a perda de biodiversidade, ocasionada pela redução de grandes áreas contínuas e pelo aumento da área de borda, são realizadas a partir de dados obtidos de sensores remotos (VOGELMANN, 1995). Uma vantagem da aplicação dos índices de estrutura em estudos de paisagem é a redução da necessidade de aquisição de informações em campo, e conseqüentemente dos custos envolvidos, já que é possível monitorar por sensoriamento remoto as mudanças ecológicas em nível de paisagem (O'NEILL *et al.*, 1988; INNES & KOCH, 1998).

GEWIN (2004) explica que a geotecnologia é um dos três campos que mais crescem no mundo, juntamente com a nanotecnologia e a biotecnologia. Existe uma demanda mundial por profissionais que integrem dados ambientais e imagens de satélite, demonstrando a importância da utilização desse tipo de ferramenta em

análises ambientais.

Os sensores de alta resolução, apesar de pouco difundidos por serem de difícil acesso ou de elevado custo (LUZ, 2002), apresentam diversas vantagens em relação às imagens que são tradicionalmente utilizadas em trabalhos que envolvem sensoriamento remoto no Estado, como LANDSAT e CBERS. O satélite IKONOS II foi lançado no dia 24 de setembro de 1999, e está operacional desde o início de janeiro de 2000. Ele gera imagens com 4 m de resolução espacial nas bandas multiespectrais e 1 m na banda pancromática. A resolução radiométrica das imagens é 11 bits (2048 níveis de cinza), o que possibilita um aumento no poder de contraste e de discriminação das imagens (CANAVESI & KIRCHNER, 2005). Já o satélite LANDSAT 7 gera imagens com resolução espacial de 30 m nas bandas multiespectrais e 15 m na banda pancromática e resolução radiométrica 8 bits (256 níveis de cinza). No caso do satélite CBERS II suas imagens possuem resolução espacial de 20 m e resolução radiométrica 8 bits.

As principais características técnicas do satélite IKONOS II e de suas imagens estão resumidas no quadro 1.

**Quadro 1:** Especificações do satélite IKONOS II.

Altitude	680 km
Inclinação	98,1°
Velocidade	7 km / s
Sentido da Órbita	descendente
Duração da Órbita	98 minutos
Tipo de Órbita	Sol-síncrona
Resolução Espacial	Pancromática: 1m / Multiespectral: 4m
Bandas espectrais	Pan 0.45 - 0.90 $\mu$ m (MS-1) Azul 0.45 - 0.52 $\mu$ m (MS-2) Verde 0.52 - 0.60 $\mu$ m (MS-3) Vermelho 0.63 - 0.69 $\mu$ m (MS-4) Infravermelho próximo 0.76 - 0.90 $\mu$ m
Resolução radiométrica	11 bits (2048 níveis de cinza)
Imageamento	13km na vertical (cenas de 13km x 13km)
Capacidade de Aquisição de imagens	Faixas de 11km x 100km até 11km x 1000km Mosaicos de até 12.000km <sup>2</sup> 20.000km <sup>2</sup> de área imageada numa passagem
Frequência de Revisita	2.9 dias no modo Pancromático 1.5 dias no modo Multiespectral Esses valores valem para latitude de +/- 40°. A frequência de revisita para latitudes maiores será menor, e maior para as latitudes perto do Equador.

Fonte: <http://www.engesat.com.br/satelites/ikonos.htm> (ENGESAT, 2005).

No monitoramento da fragmentação ecossistêmica e na condução de projetos de conservação é desejável uma base cartográfica e imagens georreferenciadas, em escala compatível com o escopo do projeto, disponíveis desde o início dos trabalhos, de modo a diminuir custos e esforços. Essa base de imagens é fundamental para a integração, no decorrer dos estudos, dos mais diversos contextos: político, sócio-econômico e ambiental. A espacialização de informações e a interação entre dados de naturezas distintas em um ambiente de SIG (Sistema de Informações Geográficas) podem resultar em novas informações que, além de diminuir o tempo de resposta, quando comparado com a análise humana, apresentam soluções tecnológicas mais precisas e acuradas, portanto, mais confiáveis (ACACCIO *et al.*, 2005).

Na avaliação da biodiversidade, sensores remotos vêm sendo utilizados de forma eficiente, formando a base para estudar os processos que operam em escalas de paisagens (INNES e KOCH, 1998). Índices de estrutura de paisagens obtidos de imagens de sensoriamento remoto podem ser usados não só para monitorar as grandes mudanças nas paisagens, mas também na estimativa da evolução do padrão da paisagem, através do mapeamento de suas unidades. Alterações nestes índices, detectadas a partir de dados de imagens de satélites podem auxiliar no entendimento de mudanças nas condições ambientais. A utilização destes índices abre uma nova perspectiva para a aplicação prospectiva de sensoriamento remoto em estudos de paisagem, com a finalidade de acompanhar e compreender os processos atuando em níveis regionais, continentais e globais (SOARES-FILHO, 1998).

Para LORENA *et al.* (2001) a utilização de técnicas de sensoriamento remoto e de SIG, tem-se mostrado uma ótima ferramenta para o monitoramento ambiental. Com os quais é possível analisar a dinâmica da cobertura vegetal e do uso do solo, associando as transformações às condições físicas do meio, aos mecanismos de produção agropecuária e qualidade de vida das populações locais.

O emprego de ferramentas como o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e o Sensoriamento Remoto permitem a obtenção de respostas rápidas e efetivas relacionadas aos estudos de fragmentação florestal, ainda escasso, como fenômeno derivado dos processos de transformação acelerados (BIERREGAARD *et al.*, 1992;

ZAÚ, 1997; DINIZ & FURLAN, 1998; ZIMMERMANN, 1999).

As ferramentas de SIG devem estar presentes em quaisquer projetos de controle da fragmentação ambiental e conservação da diversidade biológica. Elas têm utilidade extrema tanto na fase de planejamento e aquisição do histórico dos problemas quanto na execução e monitoramento subseqüentes (ACACCIO *et al.*, 2005).

Para melhor entendimento dessas ferramentas, algumas definições tornam-se imprescindíveis:

- De acordo com CÂMARA & MEDEIROS (1998) o termo Geoprocessamento denota uma disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas. Assim geoprocessamento pode ser definido por um conjunto de técnicas de processamento e análise de dados espaciais, que envolvem cartografia, sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas (SIG).
- Sensoriamento remoto é a ciência e a arte de obter informação sobre um objeto, área, ou fenômeno através da análise dos dados adquiridos por um dispositivo que não esteja em contato com o objeto, área, ou fenômeno sob a investigação. Enquanto você lê estas palavras, está empregando sensoriamento remoto (LILLESAND *et al.*, 2004).
- O termo Sistema de Informações Geográficas (SIG) refere-se àqueles sistemas que efetuam tratamento computacional de dados geográficos (CÂMARA & MEDEIROS, 1998). Assim, SIG pode ser definido como conjunto complexo de componentes de *hardware*, *software*, humano e conhecimento para obter, processar, analisar, armazenar e restituir em forma gráfica e alfanumérica, dados referentes a um território.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo do presente trabalho foi identificar diferentes fitofisionomias de acordo com a chave de identificação proposta por RIBEIRO & WALTER (1998), relacionando-as com as assinaturas espectrais de uma imagem do satélite de alta resolução IKONOS II (SPACE IMAGING, 2003), ou seja, estabelecer a relação entre fitofisionomias e as respostas espectrais da referida imagem, além de gerar uma Carta de Avaliação por Índice de Borda dos fragmentos de vegetação arbórea, detalhando a técnica utilizada para que se possa estabelecer uma rotina de trabalho com este tipo de imagem e com estas técnicas de processamento, permitindo o seu uso em outros trabalhos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Na realização do trabalho foi utilizada uma imagem do satélite IKONOS II (SPACE IMAGING, 2003), de 18 de junho de 2003, projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), datum SAD 69, fuso 22, que cobre a região do Parque Natural Municipal Salto do Sucuriú no Município de Costa Rica – MS.

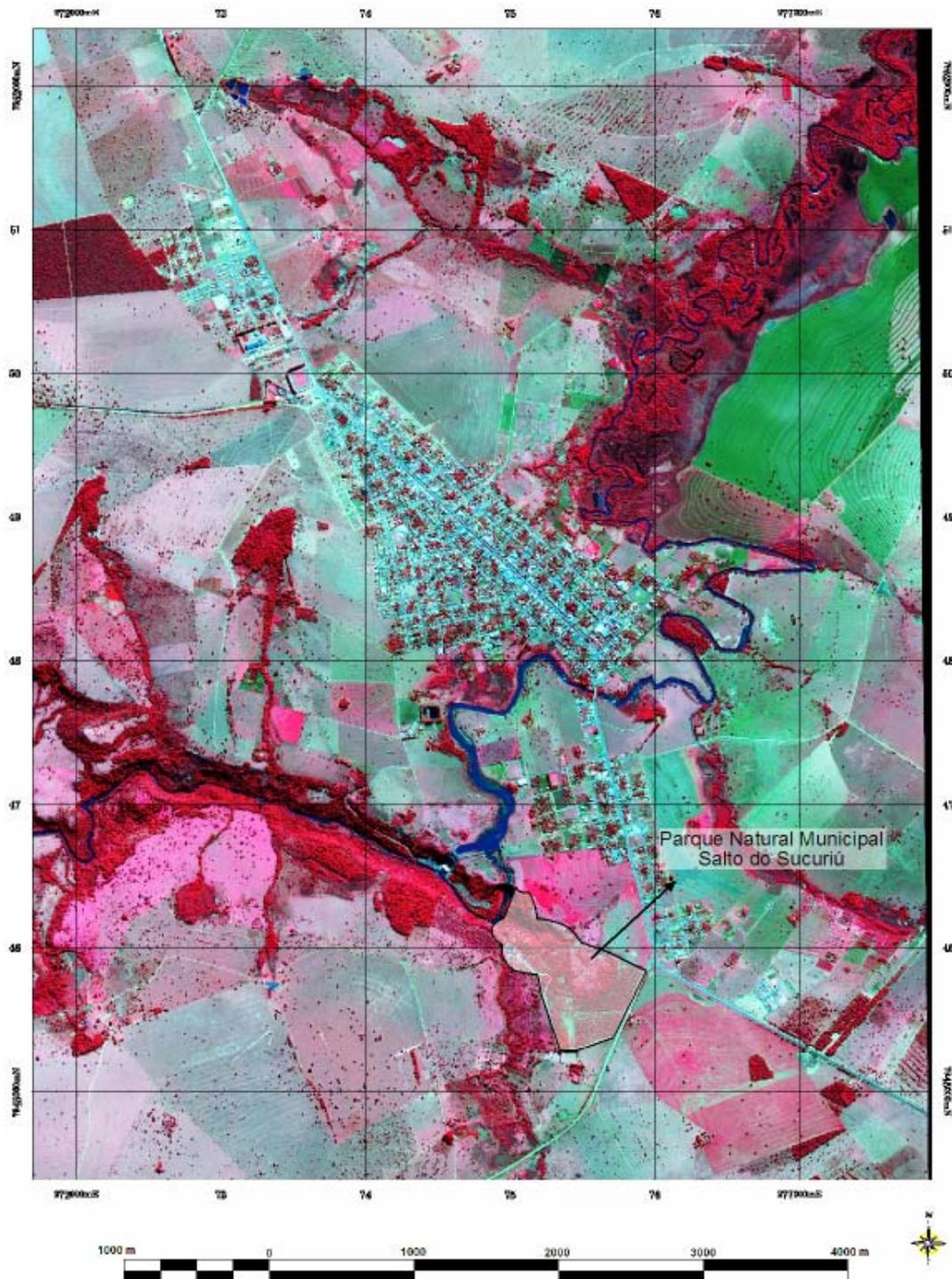
Foram realizadas duas etapas de trabalho de campo, a primeira em novembro de 2006 (estação chuvosa) e a segunda em junho de 2007 (estação seca), no intuito de identificar os tipos de cobertura do solo (incluindo as fitofisionomias descritas por RIBEIRO & WALTER, 1998) e fazer o reconhecimento dos fragmentos de vegetação para relacioná-los com a imagem de satélite da área de estudo.

Durante as viagens foram coletados alguns dados de estrutura da vegetação para cada fitofisionomia (como cobertura por espécies lenhosas, cobertura por serapilheira e altura das árvores) utilizando máquina fotográfica digital, densiômetro esférico e uma grade de 1 x 1m. Também foram obtidos 63 pontos de controle na imagem com as coordenadas geográficas e UTM (Projeção Universal Transversa de Mercator) utilizando-se GPS de navegação (*Global Position System*).

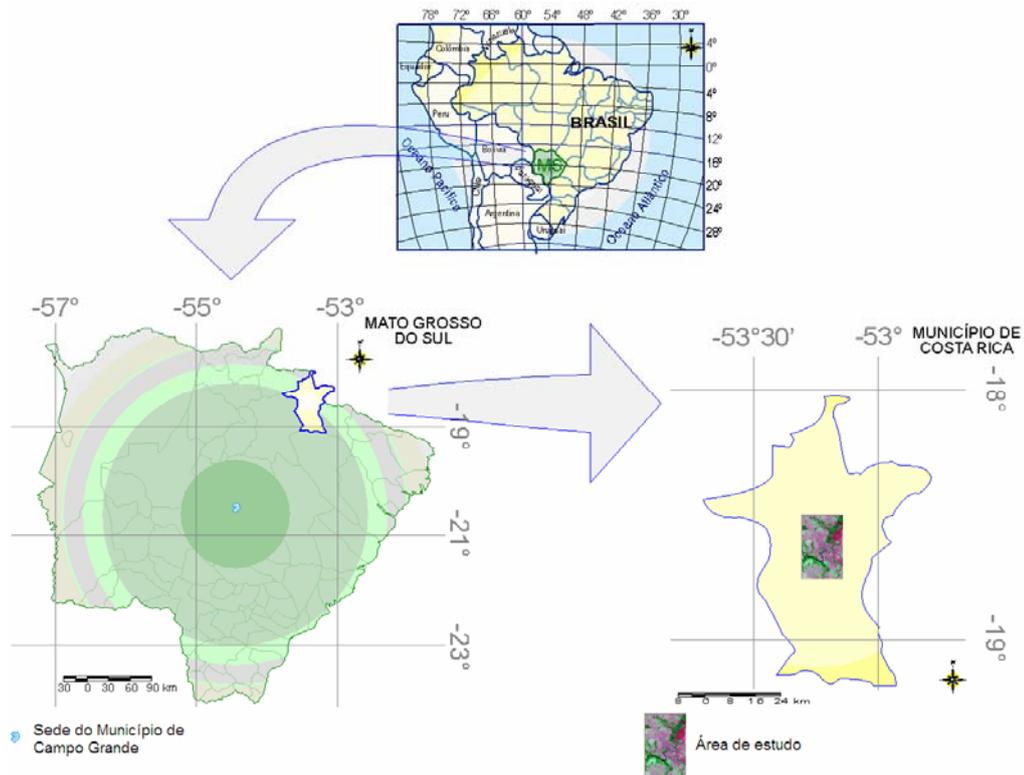
Os programas utilizados para o processamento da imagem foram o Ecognition (DEFINIENS, 2002) para classificação orientada a objetos e geração da carta de cobertura do solo e o Geomatica (PCI, 2003) para construção do SIG utilizado na análise da fragmentação, pois são programas capacitados para processar imagens com 11 bits (2048 níveis de cinza) de resolução radiométrica.

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é a região do Parque Natural Municipal Salto do Sucuriú, ou seja, toda a imagem apresentada na figura 1, no Município de Costa Rica – MS (fig. 2), com área de 45 hectares e vegetação típica de cerrado, está situado mais precisamente nas coordenadas geográficas: LAT/ 18°33'55"S e LONG/ 53°07'50"W. Localiza-se a 335 Km de distância de Campo Grande – MS e a principal via de acesso ao parque é a rodovia MS-316.



**Figura 1:** Área de estudo. Uma imagem IKONOS II (SPACE IMAGING, 2003) que cobre a região o Parque Natural Municipal Salto do Sucuriú no Município de Costa Rica – MS, em composição falsa cor RGB 432.



**Figura 2:** Localização do Município de Costa Rica – MS.

Inserido no bioma Cerrado, o Parque pertence à sub-bacia do rio Sucuriú, que, por sua vez, está presente na bacia do rio Paraná. Os rios presentes no parque são Sucuriú, Ribeirão de Baixo e Grota Funda (OLIVEIRA, 2005).

O clima da região do Parque Municipal de Costa Rica (área de estudo) é do tipo Aw na classificação de *Köppen*, ou seja, do tipo tropical chuvoso, com duas estações bem definidas: uma chuvosa, de outubro a abril, com precipitação, em média, de 80% da pluviosidade anual e outra seca, entre maio e setembro. A temperatura média anual varia entre 23°C e 26°C máxima entre 27°C e 32°C (MELO, 2002).

Quanto à geomorfologia e geologia do local, a jusante do salto (fig. 3), na margem esquerda do rio Sucuriú, ocorrem paredões de basalto, sob a capa de solo coluvionar ou residual de basalto, com espessura variando entre 2 e 5 m. O “Majestoso Salto” (fig. 3) como é conhecida a queda d’água, é um “paredão” com cerca de 64 m de altura. Geologicamente, o Parque se encontra sobre o Grupo São Bento, Formação Serra Geral (MELO, 2002).



**Figura 3:** O Majestoso Salto. Cachoeira com 64 metros de altura que fica no interior do Parque Natural Municipal Salto do Sucuriú.

### **3.2. CLASSES ESPECTRAIS DE COBERTURA DO SOLO / FITOFISIONOMIAS**

A análise da imagem se baseou na identificação e interpretação, em campo, das diferentes classes de cobertura do solo (incluindo as fitofisionomias descritas por RIBEIRO & WALTER (1998)) e dos fragmentos de vegetação nativa com auxílio de GPS (*Global Positioning System*) e máquina fotográfica digital.

Foi estabelecida a relação entre as fitofisionomias e as respostas espectrais da referida imagem, sendo produzidas pranchas com a descrição de cada classe de cobertura do solo que pode corresponder ou não a uma fitofisionomia descrita na chave de RIBEIRO & WALTER (1998), com recortes da imagem IKONOS II (SPACE IMAGING, 2003) em diferentes composições RGB e com fotos para cada classe espectral.

A vegetação do bioma Cerrado apresenta fisionomias que englobam formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), savânicas (Cerrado Sentido Restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e campestres (Campo Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo). Em sentido

fisionômico, floresta representa áreas com predominância de espécies arbóreas, onde há formação de dossel, contínuo ou descontínuo. O termo savana refere-se a áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato graminoso, sem a formação de dossel contínuo. Já o termo campo designa áreas com predomínio de espécies herbáceo-arbustivas, com cobertura arbórea ausente ou sem destaque (RIBEIRO & WALTER, 1998).

A fisionomia inclui a estrutura, as formas de crescimento (árvores, arbustos e ervas) e as mudanças estacionais (sempre-verde, semidecídua e decídua) predominantes na vegetação. A estrutura, por sua vez, refere-se à disposição, organização e arranjo dos indivíduos na comunidade, tanto em altura (estrutura vertical) quanto em densidade (estrutura horizontal) (EITEN, 1979 *apud* RIBEIRO & WALTER, 1998).

Observando-se as características de reflectância espectral da vegetação, solo e água, deve-se reconhecer que estes tipos amplos de feição, são normalmente separáveis espectralmente. No entanto, o grau de separação entre estes tipos é uma função da parte do espectro analisada. Por exemplo, água e vegetação devem refletir quase igualmente em comprimentos de onda visíveis, contudo estas feições podem normalmente serem separadas no comprimento de onda do infravermelho próximo, porque respostas espectrais medidas por sensores remotos através de várias feições, freqüentemente permitem uma avaliação do tipo e/ou da condição das feições, estas respostas têm sido muitas vezes apresentadas como assinaturas espectrais (LILLESAND *et al.*, 2004).

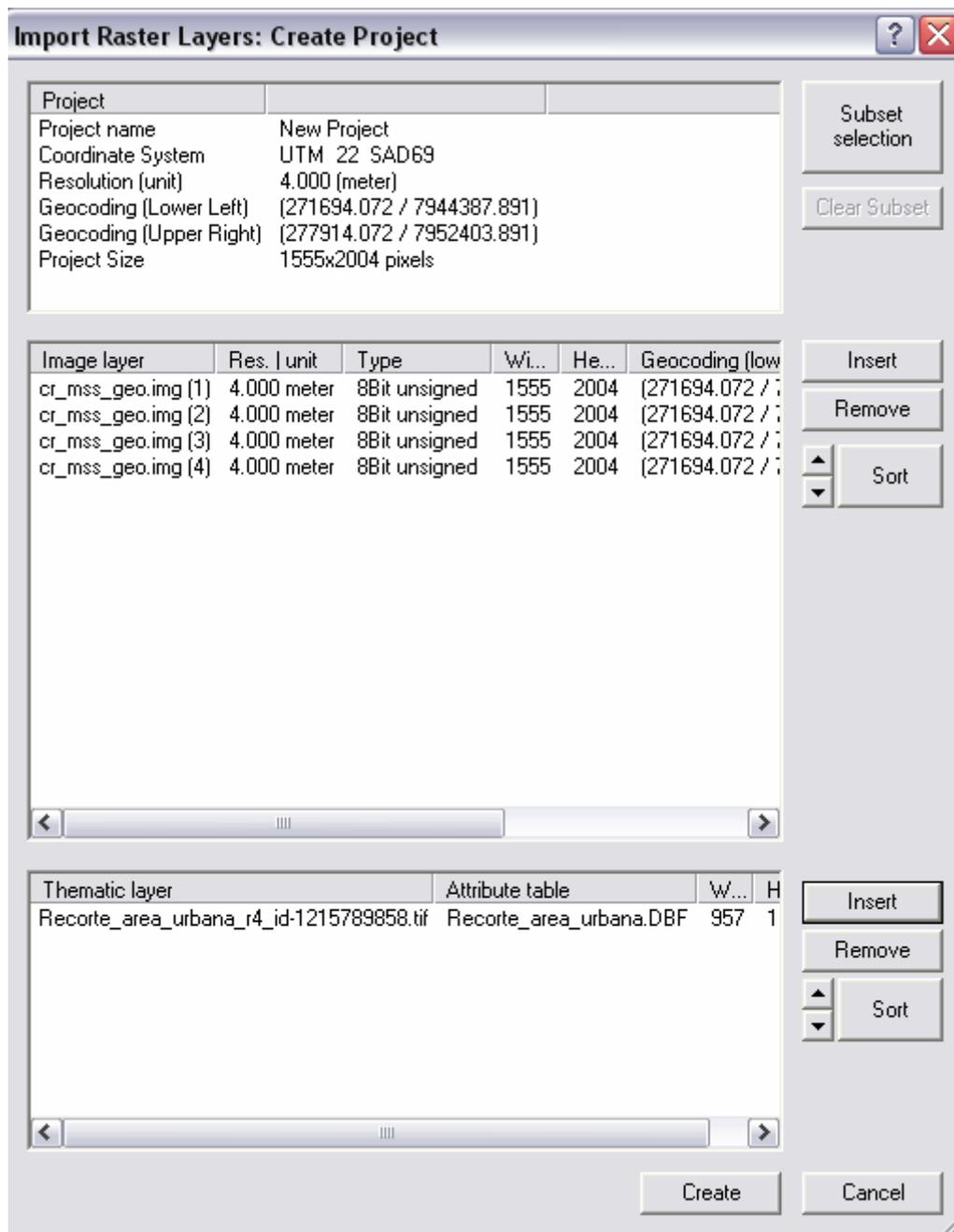
Assim a relação entre a intensidade da radiação eletromagnética com o comprimento de onda é chamada de curva de resposta espectral. Uma única feição ou um grupo de feições (padrão ou textura) característico desta curva é chamado assinatura espectral, que permite a individualização do objeto (GUPTA, 1991).

### **3.3. CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO**

Ao iniciar o processo de classificação utilizando-se o *software* Ecognition 2.0 (DEFINIENS, 2002), o projeto, assim denominado pelo programa (*Project – New*), é criado adicionando-se uma imagem ou um recorte de uma imagem (*subset*), neste caso foi adicionada a imagem do satélite IKONOS II (SPACE IMAGING, 2003), que

corresponde a área de estudo, com as bandas do verde, azul, vermelho e infravermelho próximo.

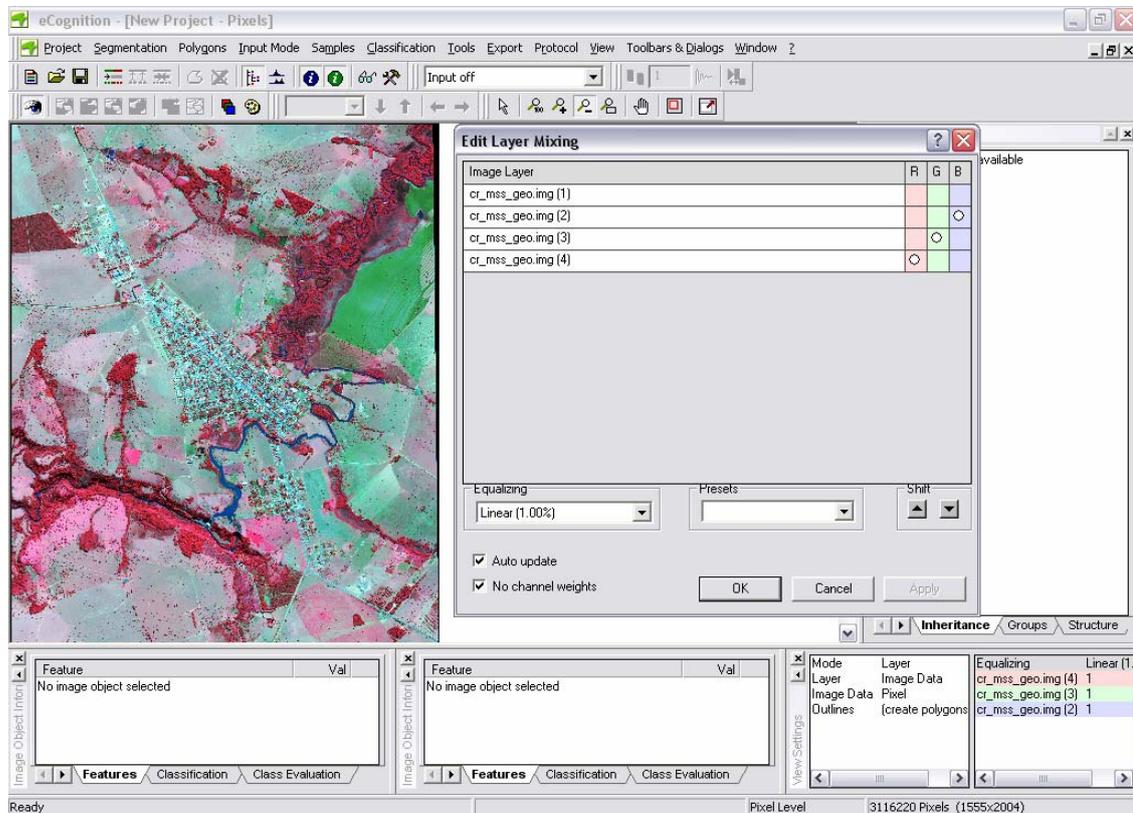
O projeto é compreendido por um arquivo que contém as imagens de satélite a serem classificadas, bem como é oferecido ao usuário a introdução de *layers* (camadas/níveis de informação) temáticos, além de possibilitar a seleção de recortes de uma cena, contribuindo para os trabalhos da classificação. Neste caso foi adicionado como *layer* temático o perímetro da área urbana do Município de Costa Rica – MS no formato *shape file* (fig. 4).



**Figura 4:** Criação do projeto em ambiente Ecognition (DEFINIENS, 2002). Parte do método utilizado para a classificação orientada a objetos.

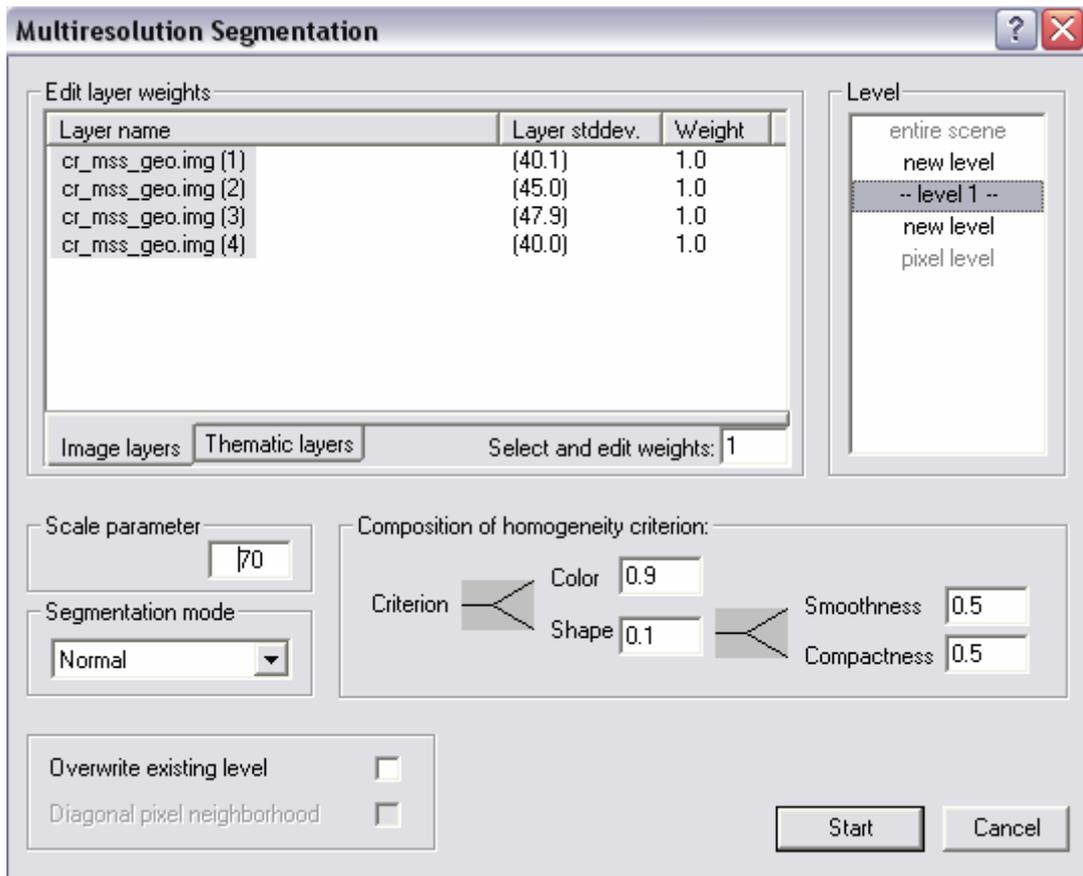
Com a criação do projeto, o recorte da imagem é aberto e como padrão (*default*) o programa utilizará o realce (*stretch*) linear e a combinação de bandas R1 G2 B3 (Red Green Blue - RGB 123). Neste caso será necessário editar a composição falsa-cor (FCC) e o realce a serem utilizados. Para a classificação será escolhida a composição falsa-cor para a identificação das assinaturas espectrais

correspondentes aos alvos no solo e para serem geradas as áreas de teste e treinamento, neste caso foi utilizada a composição RGB 432 (fig. 5).



**Figura 5:** Selecionando a composição falsa cor. Parte do método utilizado utilizada para a classificação orientada a objetos utilizando o programa Ecognition (DEFINIENS, 2002).

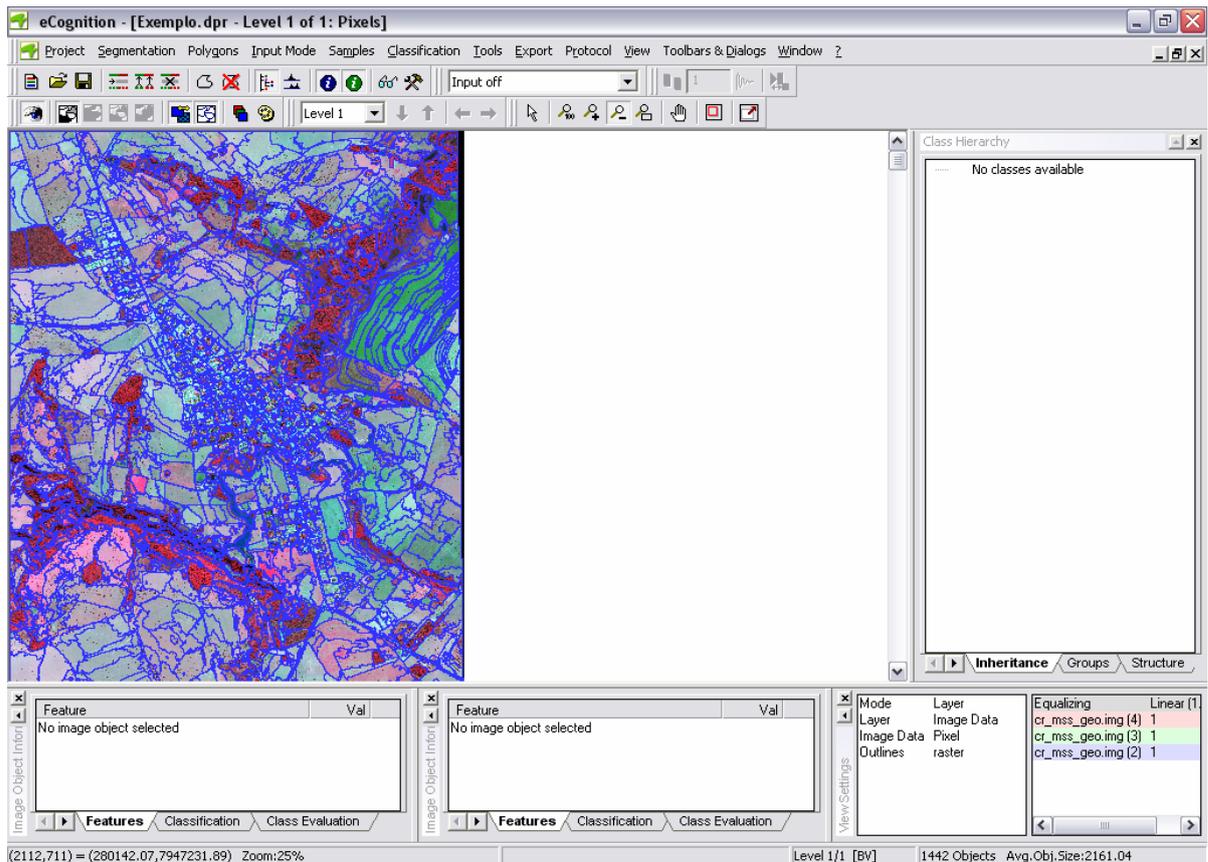
O próximo passo foi a segmentação da imagem, sendo determinado inicialmente um parâmetro de escala (*scale parameter*), para que então sejam delimitados o tamanho dos objetos a serem criados. Antes da segmentação da imagem é necessário que o usuário determine o parâmetro de escala, a composição do critério de homogeneidade com base nos pesos atribuído à homogeneidade de cor (*color*) contra a homogeneidade da forma (*shape*), sendo que a soma dos pesos é 1. No atributo da forma existe ainda os pesos de suavidade (*smoothness*) e densidade (*compactness*) que definirão como a homogeneidade de forma será descrita (fig. 6).



**Figura 6:** Critérios estabelecidos pelo usuário para que seja feita a segmentação. Parte do método utilizado para a classificação orientada a objetos utilizando o programa Ecognition (DEFINIENS, 2002).

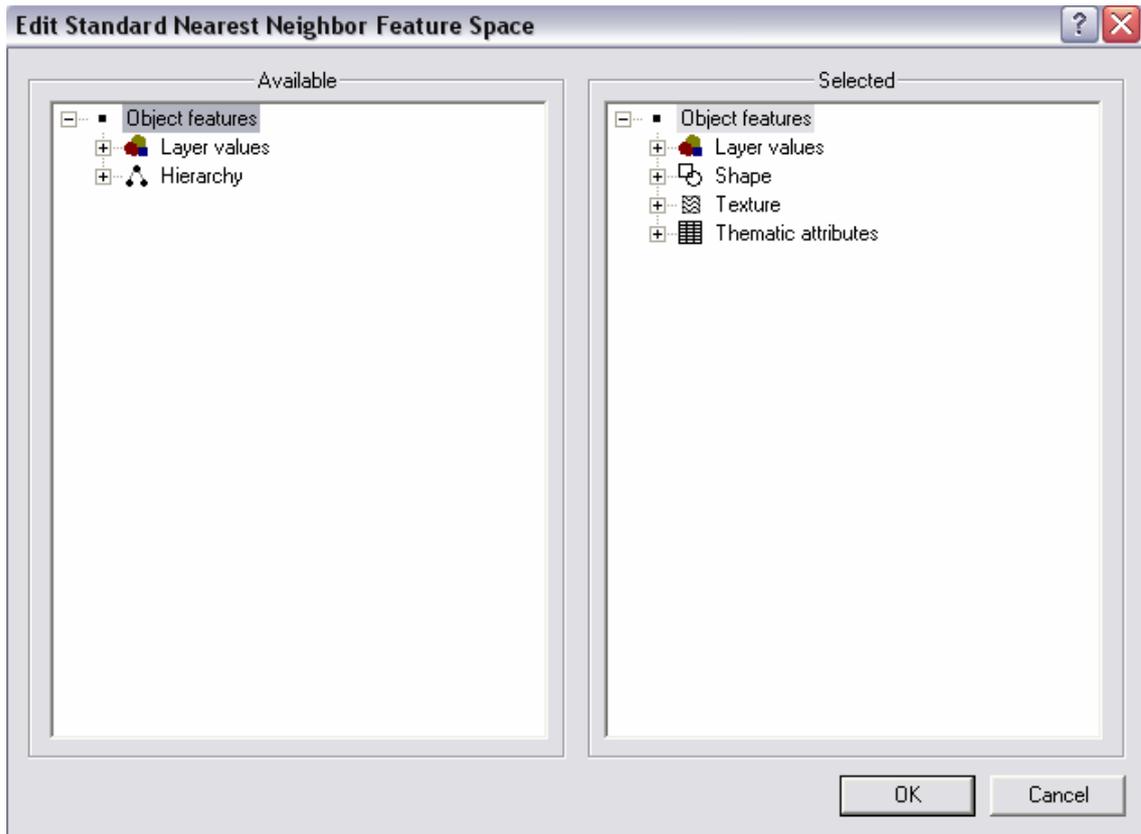
A maior suavidade alcança extremidades mais lisas de objetos de imagem, enquanto que a maior densidade cria objetos de imagem de uma forma mais compacta. Além disso, também é atribuído peso aos *layers* da imagem, neste caso os pesos serão 0 (zero) ou 1 (um), sendo o 0 a desativação do uso do *layer* durante o processo de segmentação. Neste caso foram ativados as bandas da imagem e o perímetro da área urbana de Costa Rica – MS em *shape file* (*layer* temático) (fig. 6).

Depois de realizado o processo da segmentação é criado a partir dos pixels da imagem os objetos, onde, a partir destes, são criados os polígonos que contornarão os objetos criados (*Polygons – Create Polygons*) (fig. 7).



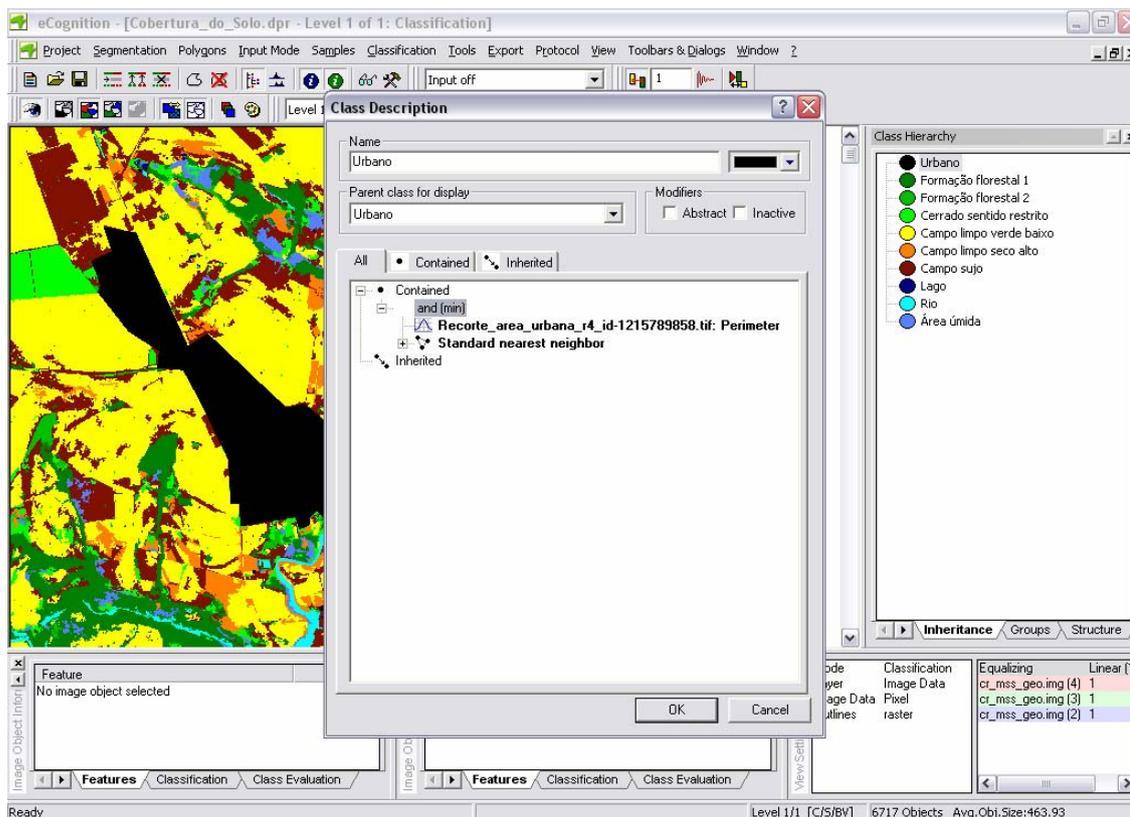
**Figura 7:** Criação dos polígonos após o usuário determinar quais parâmetros seriam utilizados. Parte do método utilizado para a classificação orientada a objetos utilizando o programa Ecognition (DEFINIENS, 2002).

Depois de criados os polígonos é necessário escolher o algoritmo de classificação. Neste caso foi utilizado o algoritmo do vizinho mais próximo (*Classification – Nearest Neighbor – Edit Standard NN Feature Space*). Agora deve-se selecionar com duplo clique as características que serão usadas para classificar a imagem, essas características podem ser vistas na figura 8.



**Figura 8:** Características para a classificação. Parte do método utilizado para a classificação orientada a objetos utilizando o programa Ecognition (DEFINIENS, 2002).

Posteriormente criam-se as classes (na caixa *Class Hierarchy*, clicando-se com o botão direito do *mouse* e selecionando o comando *Insert Class*). Para cada classe atribui-se o nome e a cor que a representará além de selecionar o modo de classificação que será utilizado em todas as classes (*Standard Nearest Neighbor*), com um duplo clique sobre a linha *And(Min)*. Na classe de área urbana foi adicionado também o *layer* temático em *shape file* do perímetro da área urbana (fig. 9).



**Figura 9:** Criação das classes que posteriormente foram usadas na classificação final, neste caso, as classes espectrais de cobertura do solo. Parte do método utilizado para a classificação orientada a objetos utilizando o programa Ecognition (DEFINIENS, 2002).

Depois que as classes foram criadas, com a opção de seleção *Input samples* acionada, coleta-se amostras dos polígonos referentes a cada classe e instrui o sistema a classificar (*Classification – Classify*).

### 3.4. ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO

O Índice de Borda (IB) promove o agrupamento dos fragmentos de vegetação de acordo com o seu grau de Vulnerabilidade Ecológica Relativa (VER) frente aos fatores intrínsecos e antrópicos e auxilia inclusive na tomada de decisão sobre prioridades e formas de manejo dos fragmentos (BERGHER *et al.*, 2003).

A Vulnerabilidade Ecológica Relativa (VER) dos fragmentos é estimada pela consideração conjunta do seu perímetro e dimensão, produzindo uma classificação final, a qual expressa a sensibilidade em termos da susceptibilidade potencial às

interferências da matriz antrópica sobre as populações residentes (BERGHER *et al.*, 2003).

A forma e o perímetro dos fragmentos auxiliam a determinação do grau do efeito de borda atuante sobre os mesmos e a maior ou menor influência dos fatores externos sobre sua biodiversidade (CARRIJO, 2005).

O Cálculo do Índice de Borda (BERGHER *et al.*, 2003) ou Índice de Circularidade (MARTINS, 2002) pode ser descrito pela seguinte fórmula:

$$IC \text{ ou } IB = PC / PF$$

Onde:

IB: Índice de Borda do Fragmento;

PC: Perímetro circular (m);

PF: Perímetro do fragmento (m);

$$PC = (2\pi) * (\sqrt{A} / \pi);$$

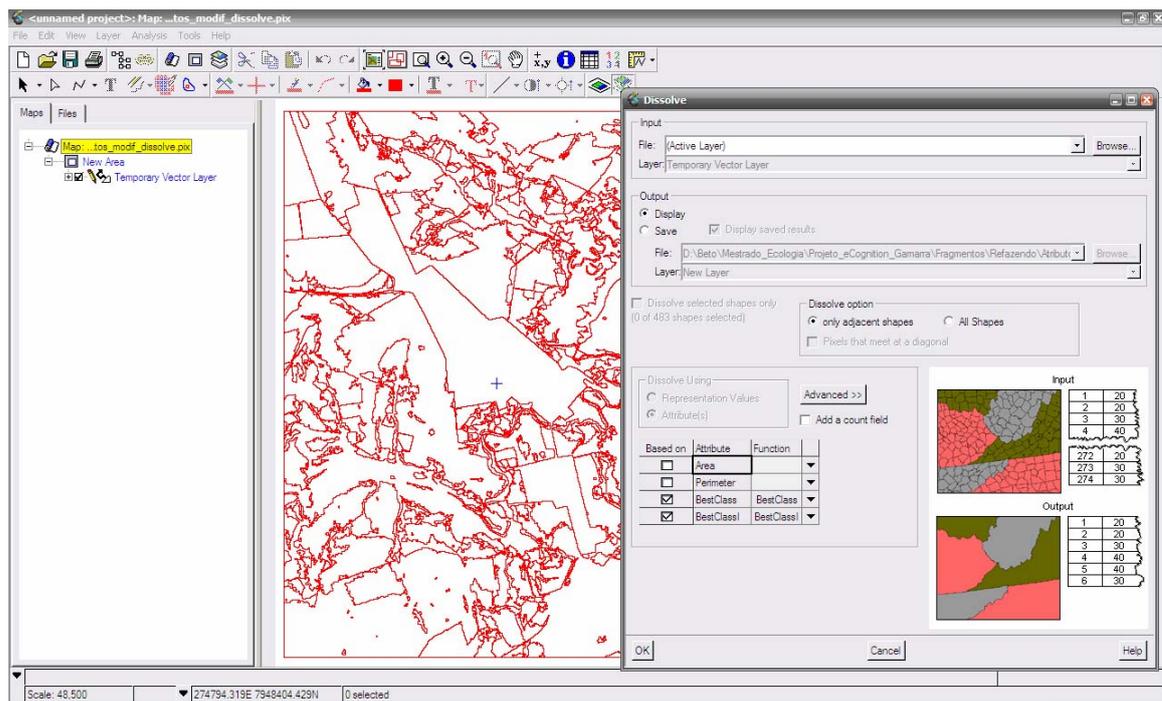
A: Área total do fragmento (m<sup>2</sup>).

Os fragmentos com valores de IB próximos a 1 são mais arredondados, tendendo a ser menos susceptíveis a atividades antrópicas, a ter o efeito de borda minimizado, reduzindo a interferência na dinâmica das populações locais, indicando uma menor VER (CARRIJO, 2005).

Os fragmentos foram separados em classes de acordo com seu IB em uma Carta de Avaliação por Índice de Borda que indica o seu grau de Vulnerabilidade Ecológica Relativa (VER).

O *software* utilizado para gerar a Carta de Avaliação dos Fragmentos por Índice de Borda é o Geomatica 9.1 (PCI, 2003). A partir dos vetores gerados na classificação orientada a objetos da imagem da área de estudo (com atributos de área e perímetro dos polígonos) foi criado um banco de dados SIG.

O primeiro passo foi dissolver os polígonos adjacentes, desse modo os polígonos passaram a representar os fragmentos de vegetação. Para tanto foi utilizada a opção dissolve (*Analysis – Dissolve*) selecionando o atributo de classes para serem dissolvidos e o método *Only Adjacent Shapes* (fig. 10).



**Figura 10:** Dissolvendo os polígonos adjacentes. Parte do método utilizado para a criação do banco de dados SIG para produzir a Carta de Avaliação dos Fragmentos de Vegetação por Índice de borda utilizando o programa Geomatica (PCI, 2003).

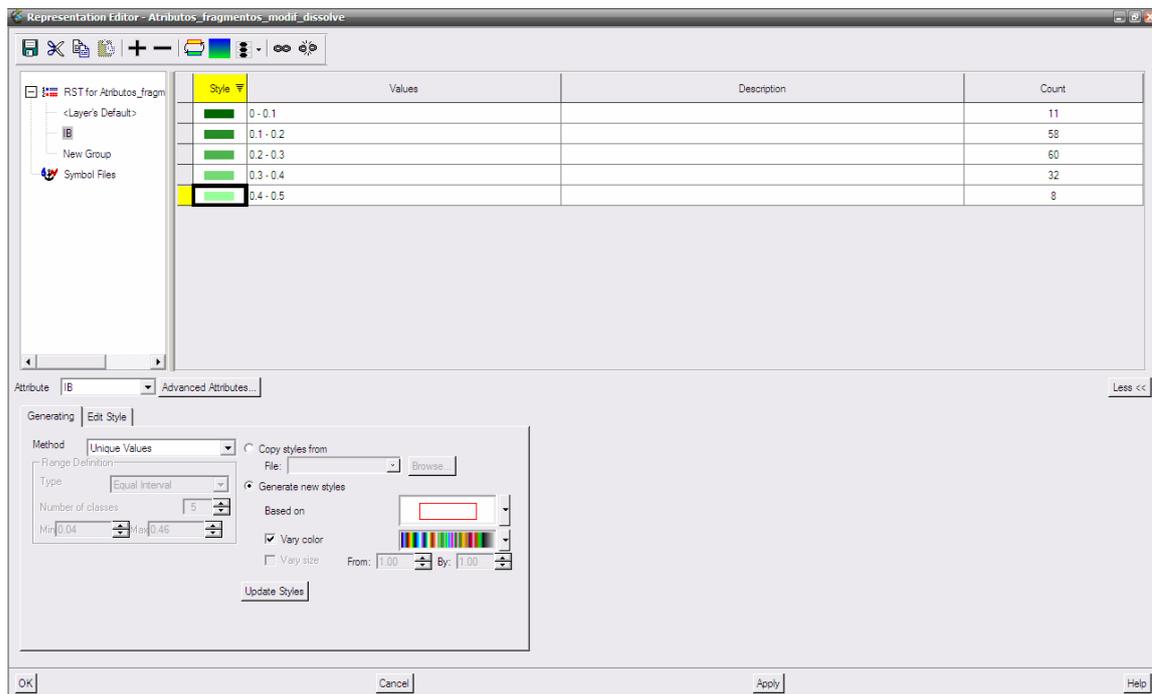
O cálculo do índice de borda (IB) foi feito no *software* Microsoft Excel utilizando os dados de área (em metros quadrados) e perímetro (em metros) dos polígonos e aplicando-se a fórmula do IB. Nesse cálculo só foram incluídos os polígonos das classes de vegetação arbórea (Cerrado sentido restrito, Cerradão, Mata seca e Mata ciliar).

Posteriormente os valores de IB foram incluídos no banco de dados SIG do *software* Geomatica (PCI, 2003) (fig. 11).

ID	AREA (sq m)	PERIMETER (m)	BESTCLASS	BESTCLASS1	IB
185	14239.97	1040.00	Fomção florestal 1	2	0.23
186	1488.00	224.00	Fomção florestal 1	2	0.34
187	2096.02	328.00	Fomção florestal 1	2	0.28
188	6223.92	736.00	Fomção florestal 1	2	0.21
189	18265.94	1808.00	Fomção florestal 1	2	0.15
190	79775.25	6216.00	Fomção florestal 1	2	0.09
191	6336.02	744.00	Fomção florestal 1	2	0.21
192	560.00	104.00	Fomção florestal 1	2	0.46
193	230124.50	12048.00	Fomção florestal 1	2	0.08
194	1248.01	216.00	Fomção florestal 1	2	0.33
195	448.00	96.00	Fomção florestal 1	2	0.44
196	880.00	144.00	Fomção florestal 1	2	0.41
197	6128.00	488.00	Fomção florestal 1	2	0.32
198	2595270.07	73464.00	Fomção florestal 1	2	0.04
199	270569.75	13328.00	Fomção florestal 1	2	0.08
200	1904.00	392.00	Fomção florestal 1	2	0.22
201	1296.01	192.00	Fomção florestal 1	2	0.38
202	5760.05	568.00	Fomção florestal 1	2	0.27
203	2736.03	408.00	Fomção florestal 1	2	0.26
204	1088.02	264.00	Fomção florestal 1	2	0.25
205	1472.01	304.00	Fomção florestal 1	2	0.25
206	21760.06	2144.00	Fomção florestal 1	2	0.14
207	832.00	152.00	Fomção florestal 1	2	0.38
208	544.00	120.00	Fomção florestal 1	2	0.39
209	704.00	160.00	Fomção florestal 1	2	0.33
210	3536.00	376.00	Fomção florestal 1	2	0.32
211	10736.06	880.00	Fomção florestal 1	2	0.24
212	2639.98	384.00	Fomção florestal 1	2	0.27
213	4208.01	352.00	Fomção florestal 1	2	0.37
214	3215.95	800.00	Fomção florestal 1	2	0.14
215	30447.94	2336.00	Fomção florestal 1	2	0.15
216	2128.00	496.00	Fomção florestal 1	2	0.19
217	32224.06	1688.00	Fomção florestal 1	2	0.21
218	54016.25	5096.00	Fomção florestal 1	2	0.09
219	24816.09	1280.00	Fomção florestal 1	2	0.25
220	21695.88	1720.00	Fomção florestal 1	2	0.17
221	13776.00	2032.00	Fomção florestal 1	2	0.32
222	48303.98	1848.00	Fomção florestal 1	2	0.24
223	10697.07	1012.00	Fomção florestal 1	2	0.14

**Figura 11:** Inserindo os valores de Índice de Borda de cada fragmento. Parte do método utilizado para a criação do banco de dados SIG para produzir a Carta de Avaliação dos Fragmentos de Vegetação por Índice de borda utilizando o programa Geomatica (PCI, 2003).

Agora que o SIG já possui o IB, os fragmentos foram classificados de acordo com o valor do seu IB (fig. 12) para que fosse produzido o mapa final.



**Figura 12:** Classificando os fragmentos de acordo com os seus valores de Índice de Borda. Parte do método utilizado para a criação do banco de dados SIG para produzir a Carta de Avaliação dos Fragmentos de Vegetação por Índice de borda utilizando o programa Geomatica (PCI, 2003).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. CLASSES ESPECTRAIS DE COBERTURA DO SOLO

Na área de estudo foram encontrados 10 tipos de cobertura do solo que foram usados como classes espectrais de referência (pranchas 1 a 11), ou seja, classes que podem ser diferenciadas em uma imagem IKONOS e que foram usadas para a classificação da área de estudo, desse modo, estabelecendo a relação entre as respostas espectrais da referida imagem e os tipos de cobertura do solo, incluindo as fitofisionomias descritas na chave de RIBEIRO & WALTER, 1998:

1. **Área urbana:** Perímetro urbano do Município de Costa Rica – MS. Não foi representada em forma de prancha;
2. **Formação florestal 1:** Engloba as fitofisionomias de Mata seca, Mata ciliar e Mata de galeria, podendo também em alguns casos englobar o Cerradão. Nesta classe foram representadas a Mata ciliar (prancha 1) e a Mata seca (prancha 2);
3. **Formação florestal 2:** Na área de estudo corresponde ao Cerradão que foi representado na prancha 3;
4. **Cerrado sentido restrito:** Corresponde aos Cerrados sentido restrito da área. Foram representadas as suas subdivisões, Cerrado típico (prancha 4) e Cerrado denso (prancha 5);
5. **Campo limpo verde baixo:** Corresponde a fitofisionomia de Campo limpo, predominantemente herbácea, com raros arbustos e ausência completa de árvores. No entanto, todos os tipos de campos presentes na área de estudo correspondem a plantações de espécies exóticas de interesse agropecuário (cultivos ou pastos), no caso dessa classe espectral de cobertura do solo, corresponde a pasto. Utilizando somente imagens de satélite não é possível distinguir o uso do solo, somente a cobertura do solo. Por esse motivo, essa classe espectral pode indicar tanto um campo limpo nativo como um campo limpo com fins agropecuários (pasto ou plantações). Esta classe foi representada na prancha 6;

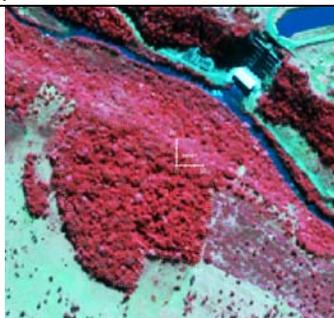
6. **Campo limpo seco alto:** Segundo tipo de Campo limpo. Como já foi dito para a classe espectral de cobertura do solo campo limpo verde baixo (prancha 6), na área de estudo não existe campo limpo nativo. Essa classe espectral campo limpo seco alto pode indicar tanto um campo limpo nativo que esteja seco e alto (40-60 cm) como pode indicar uma plantação (prancha 7);
7. **Campo sujo:** Corresponde a fitofisionomia de Campo sujo, que é exclusivamente herbáceo-arbustivo. Essa classe espectral de cobertura do solo pode representar tanto um campo sujo nativo como pode representar um pasto abandonado (prancha 8);
8. **Área úmida:** Corresponde as áreas úmidas. Podem estar incluídas nessa classe as fitofisionomias campo limpo úmido (ou seus subtipos com os brejos), vereda (fitofisionomia com a palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* (buriti) em meio a agrupamentos de espécies arbustivo-herbáceas) e o butitizal (fitofisionomia com presença marcante da espécie de palmeira *Mauritia flexuosa* (buriti) com formação de dossel). Estas fitofisionomias não foram individualizadas, pois na imagem de satélite suas assinaturas espectrais se confundem (prancha 9);
9. **Lago:** Corresponde a lagoas, açudes e outros corpos aquosos que não sejam rios (prancha 10);
10. **Rio:** Corresponde aos rios (prancha 11).

Vale lembrar, novamente, que classes que representam os diferentes tipos de fitofisionomia “campo”, embora no levantamento de sensoriamento remoto possam ser incluídas e classificadas como vegetação nativa, muito provavelmente grande porcentagem do total de cobertura não seja mais nativa e sim referente à modificação para pastagens, principalmente. Apesar disso, o sensoriamento remoto, ao fornecer dados muito importantes e ainda não existentes para a área, poderá subsidiar futuros estudos e tomadas de decisão quanto à conservação e manejo da região do Parque Natural Municipal Salto do Sucuriú - MS.

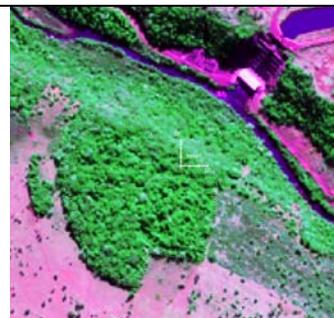
## Classe espectral de cobertura do solo FORMAÇÃO FLORESTAL 1

### Mata Ciliar

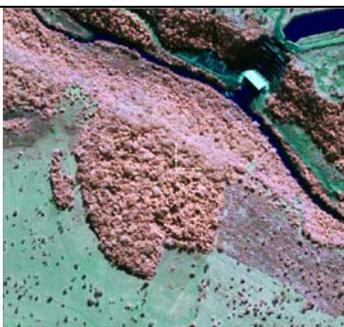
Por Mata Ciliar entende-se a vegetação florestal que acompanha os rios de médio e grande porte da região do Cerrado, em que a vegetação arbórea não forma galerias. Em geral essa Mata é relativamente estreita em ambas as margens, dificilmente ultrapassando 100 metros de largura em cada. É comum a largura em cada margem ser proporcional à do leito do rio, embora em áreas planas a largura possa ser maior. Porém, a Mata Ciliar ocorre geralmente sobre terrenos acidentados, podendo haver uma transição nem sempre evidente para outras fisionomias florestais como a Mata Seca e o Cerradão. (Ribeiro & Walter, 1998).



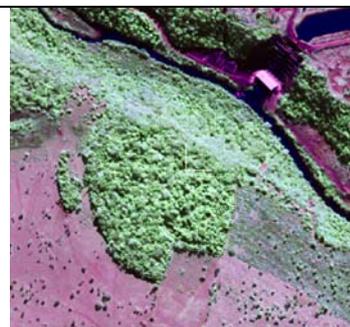
Mata ciliar – IKONOS II – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 4 m.



Mata ciliar – IKONOS II – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 4 m.



Mata ciliar – IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 1 m.



Mata ciliar – IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 1 m.

As árvores, predominantemente eretas, variam em altura de 20 a 25 metros, com alguns poucos indivíduos emergentes alcançando 30 metros ou mais. As espécies típicas são predominantemente caducifólias, com algumas sempre-verdes, conferindo à Mata Ciliar um aspecto semidecíduo. Ao longo do ano as árvores fornecem uma cobertura arbórea variável de 50 a 90%. Na estação chuvosa a cobertura chega a 90%, dificilmente ultrapassando este valor, ao passo que na estação seca pode até mesmo ser inferior a 50% em alguns trechos. (Ribeiro & Walter, 1998).

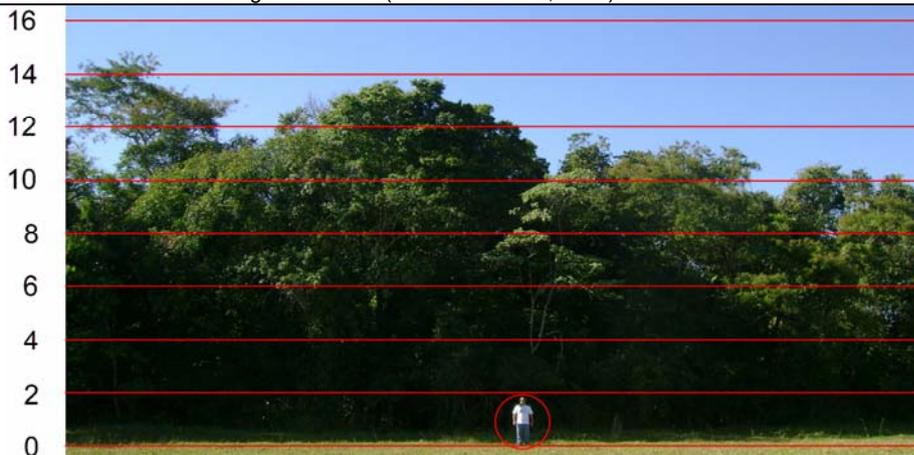


Foto do fragmento de Mata Ciliar correspondente aos recortes da imagem IKONOS com representação da altura. Reparar na pessoa usada como referência de escala.

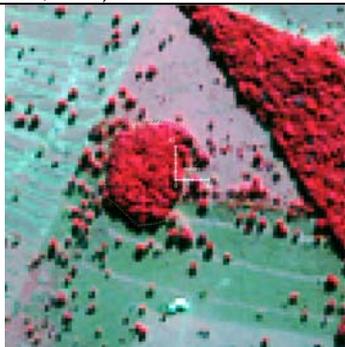
Dados deste fragmento:  
 Altura das árvores da borda do fragmento: 11 a 15 metros  
 Cobertura por espécies lenhosas: 97,25%  
 Cobertura por serapilheira: 100%

### Prancha 1

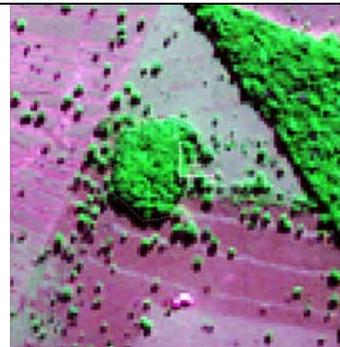
## Classe espectral de cobertura do solo FORMAÇÃO FLORESTAL 1

### Mata Seca

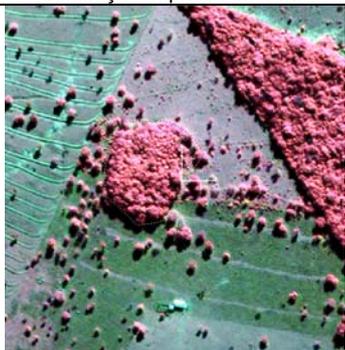
Sob a designação Mata Seca estão incluídas as formações florestais caracterizadas por diversos níveis de caducifolia durante a estação seca, dependentes das condições químicas, físicas e principalmente da profundidade do solo. A Mata Seca não possui associação com cursos de água, ocorrendo nos interflúvios em solos geralmente mais ricos em nutrientes. Em função do tipo de solo, da composição florística e em consequência da queda de folhas no período seco, a Mata Seca pode ser de três subtipos: **Mata Seca Sempre-Verde**, **Mata Seca Semidecídua**, a mais comum, e **Mata Seca Decídua**. Em todos esses subtipos a queda de folhas contribui para o aumento da matéria orgânica no solo, mesmo na Mata Seca Sempre-Verde (Ribeiro & Walter, 1998).



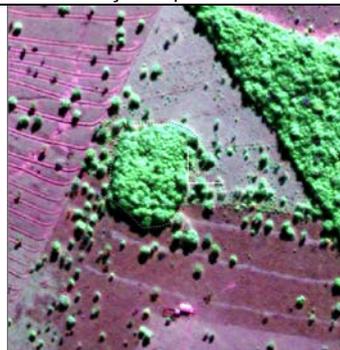
Mata seca – IKONOS II – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 4 m.



Mata seca – IKONOS II – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 4 m.



Mata seca – IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 1 m.



Mata seca – IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 1 m.

A altura média do estrato arbóreo varia entre 15 e 25 metros. A grande maioria das árvores são eretas, com alguns indivíduos emergentes. Na época chuvosa as copas tocam-se fornecendo uma cobertura de dossel entre 70 a 95%. Na época seca a cobertura pode ser inferior a 50%, especialmente na Mata Decídua, onde predominam espécies caducifólias (Ribeiro & Walter, 1998).

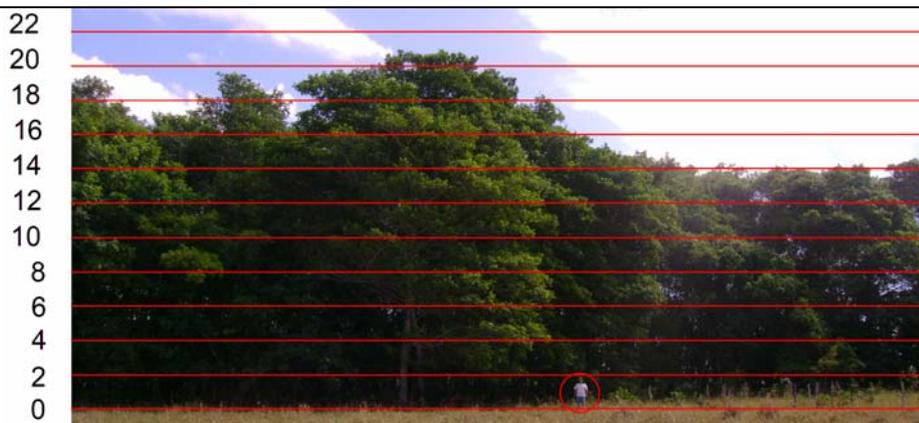


Foto do fragmento de Mata Seca correspondente aos recortes da imagem IKONOS com representação da altura. Reparar na pessoa usada como referência de escala.

Dados deste fragmento:

Altura das árvores da borda do fragmento: 14 a 21 metros

Cobertura por espécies lenhosas: 98,22%

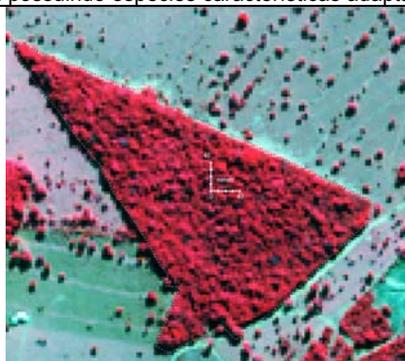
Cobertura por serapilheira: 97,9%

### Prancha 2

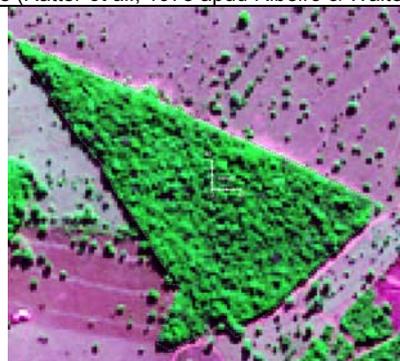
## Classe espectral de cobertura do solo FORMAÇÃO FLORESTAL 2

### Cerradão

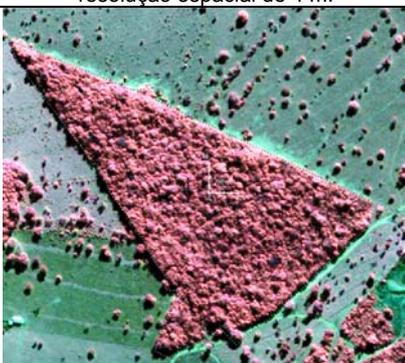
O Cerradão é uma formação florestal com aspectos xeromórficos, tendo sido conhecido pelo nome "Floresta Xeromorfa" (Rizzini, 1963). Para Campos (1943) "o Cerradão é mata mais rala e fraca". Caracteriza-se pela presença de espécies de mata. Do ponto de vista fisionômico é uma floresta, mas floristicamente é mais similar a um Cerrado. De acordo com a fertilidade do solo o Cerradão pode ser classificado como Cerradão Distrófico (solos pobres) ou Cerradão Mesotrófico (solos mais ricos), cada qual possuindo espécies características adaptadas a esses ambientes (Ratter *et al.*, 1978 apud Ribeiro & Walter, 1998).



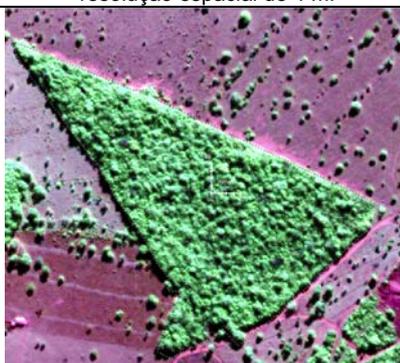
Cerradão – IKONOS II – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 4 m.



Cerradão – IKONOS II – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 4 m.



Cerradão – IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 1 m.



Cerradão – IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 1 m.

O Cerradão apresenta dossel predominantemente contínuo e cobertura arbórea que pode oscilar de 50 a 90%. A altura média do estrato arbóreo varia de 8 a 15 metros, proporcionando condições de luminosidade que favorecem à formação de estratos arbustivo e herbáceo diferenciados. Embora possa ser perenifólio, muitas espécies comuns ao Cerrado como *Caryocar brasiliense*, *Kielmeyera coriacea* e *Qualea grandiflora* apresentam caducifolia em determinados períodos na estação seca; períodos nem sempre coincidentes com aqueles das populações do Cerrado (Ribeiro *et al.* 1982).



Foto do fragmento de Cerradão correspondente aos recortes da imagem IKONOS com representação da altura. Reparar na pessoa usada como referência de escala.

Dados deste fragmento:

Altura das árvores da borda do fragmento: 10 a 16 metros

Cobertura por espécies lenhosas: 95,43%

Cobertura por serapilheira: 96,5%

### Prancha 3

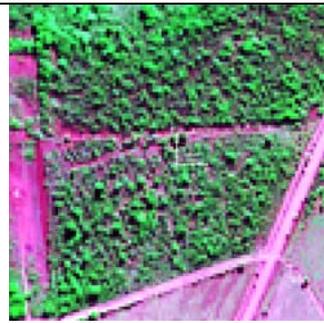
## Classe espectral de cobertura do solo CERRADO SENTIDO RESTRITO

### ***Cerrado sentido restrito – Cerrado típico***

Caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas e geralmente com evidências de queimadas. Os arbustos e subarbustos encontram-se espalhados, com algumas espécies apresentando órgãos subterrâneos perenes (xilopódios), que permitem a rebrota após queima ou corte. Na época chuvosa os estratos subarbustivo e herbáceo tornam-se exuberantes devido ao seu rápido crescimento. Devido à complexidade dos fatores condicionantes, originam-se subdivisões fisionômicas distintas do Cerrado sentido restrito, sendo as principais: o **Cerrado Denso**, o **Cerrado Típico** e o **Cerrado Ralo**, além do **Cerrado Rupestre**. As três primeiras refletem variações na forma dos agrupamentos e espaçamento entre os indivíduos lenhosos, seguindo um gradiente de densidade decrescente do Cerrado Denso ao Cerrado Ralo (Ribeiro & Walter, 1998).



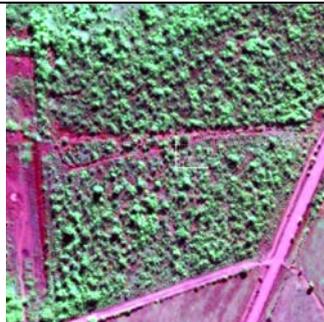
Cerrado típico – IKONOS II – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 4 m.



Cerrado típico – IKONOS II – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 4 m.



Cerrado típico – IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 1 m.



Cerrado típico – IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 1 m.

O Cerrado Típico é um subtipo de vegetação predominantemente arbóreo-arbustivo, com cobertura arbórea de 20% a 50% e altura média de três a seis metros. Trata-se de uma forma comum e intermediária entre o Cerrado Denso e o Cerrado Ralo (Ribeiro & Walter, 1998). Outra observação importante, o Cerrado tem um caráter mais caducifólio, tendendo a perder, parcialmente, as folhas a partir de meados da estação seca (Paranhos Filho, 2000). Fato importante para sua identificação em imagens.



Foto do fragmento de Cerrado típico correspondente aos recortes da imagem IKONOS com representação da altura. Reparar na pessoa usada como referência de escala.

Dados deste fragmento:

Altura das árvores da borda do fragmento: 5 a 6 metros

Cobertura por espécies lenhosas: 70,54%

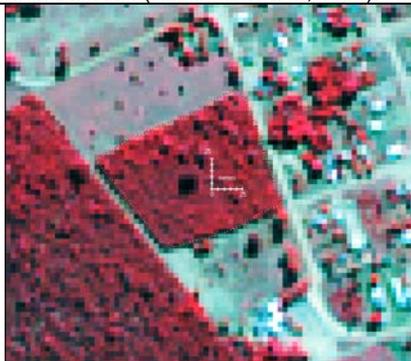
Cobertura por serapilheira: 63,33%

### **Prancha 4**

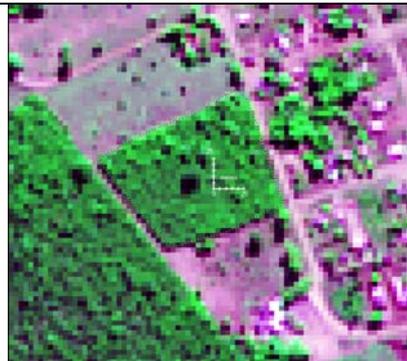
## Classe espectral de cobertura do solo CERRADO SENTIDO RESTRITO

### *Cerrado sentido restrito – Cerrado denso*

Caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas e geralmente com evidências de queimadas. Os arbustos e subarbustos encontram-se espalhados, com algumas espécies apresentando órgãos subterrâneos perenes (xilopódios), que permitem a rebrota após queima ou corte. Na época chuvosa os estratos subarbustivo e herbáceo tornam-se exuberantes devido ao seu rápido crescimento. Devido à complexidade dos fatores condicionantes, originam-se subdivisões fisionômicas distintas do Cerrado sentido restrito, sendo as principais: o **Cerrado Denso**, o **Cerrado Típico** e o **Cerrado Ralo**, além do **Cerrado Rupestre**. As três primeiras refletem variações na forma dos agrupamentos e espaçamento entre os indivíduos lenhosos, seguindo um gradiente de densidade decrescente do Cerrado Denso ao Cerrado Ralo (Ribeiro & Walter, 1998).



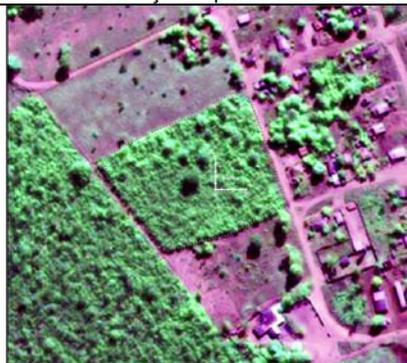
Cerrado denso – IKONOS II – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 4 m.



Cerrado denso – IKONOS II – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 4 m.



Cerrado denso – IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 1 m.



Cerrado denso – IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 1 m.

O Cerrado Denso é um subtipo de vegetação predominantemente arbóreo, com cobertura de 50% a 70% e altura média de cinco a oito metros. Representa a forma mais densa e alta de Cerrado sentido restrito. Os estratos arbustivo e herbáceo são mais ralos, provavelmente devido ao sombreamento resultante da maior densidade de árvores (Ribeiro & Walter, 1998).



Foto do fragmento de Cerrado denso correspondente aos recortes da imagem IKONOS com representação da altura. Reparar na pessoa usada como referência de escala.

Dados deste fragmento:

Altura das árvores da borda do fragmento: 5 metros

Cobertura por espécies lenhosas: 86,91%

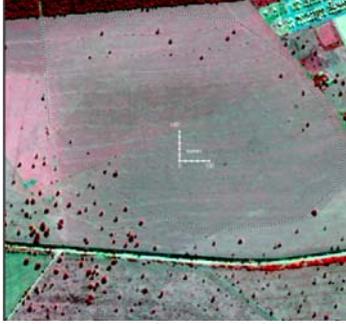
Cobertura por serapilheira: 91,87%

### Prancha 5

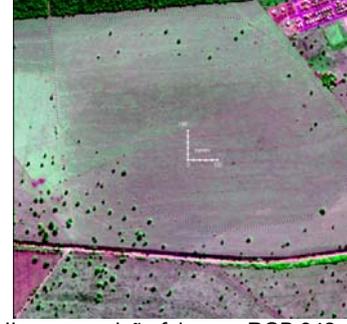
## Classe espectral de cobertura do solo CAMPO LIMPO VERDE BAIXO

### *Campo limpo verde baixo (pasto)*

O Campo Limpo é uma fitofisionomia predominantemente herbácea, com raros arbustos e ausência completa de árvores. Pode ser encontrada em diversas posições topográficas, com diferentes variações no grau de umidade, profundidade e fertilidade do solo. Entretanto, é encontrado com mais frequência nas encostas, nas chapadas, nos olhos d'água, circundando as Veredas e na borda das Matas de Galeria, geralmente em solos Litólicos, Litossolos, Cambissolos ou Plintossolos pétricos. Quando ocorre em áreas planas, relativamente extensas, contíguas aos rios e inundadas periodicamente, também é chamado de "Campo de Várzea", "Várzea" ou "Brejo", sendo os solos do tipo Hidromórfico, Aluvial, Plintossolos ou Solos Orgânicos (Ribeiro & Walter, 1998).



IKONOS II – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 4 m.



IKONOS II – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 4 m.



IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 1 m.



IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 1 m.

Tanto o Campo Limpo como o Campo Sujo apresentam variações dependentes de particularidades ambientais, determinadas pela umidade do solo e topografia. Na presença de um lençol freático profundo ocorre o Campo Limpo Seco, mas se o lençol freático é alto, há o Campo Limpo Úmido, cada qual com sua flora específica. Quando aparecem os murundus, tem-se o Campo Limpo com Murundus (Ribeiro & Walter, 1998).



Foto da classe espectral campo limpo verde baixo correspondente aos recortes da imagem IKONOS. Reparar na pessoa usada como referência de escala.

Na área de estudo não existe mais campo limpo nativo, todos os tipos de campos presentes na área correspondem a plantações de espécies exóticas de interesse agropecuário, no caso dessa classe espectral de cobertura do solo, corresponde a pasto. Utilizando somente imagens de satélite não é possível distinguir o uso do solo, somente a cobertura do solo. Por esse motivo, essa classe espectral pode indicar tanto um campo limpo nativo como um campo limpo com fins agropecuários (pasto ou plantações).

## Prancha 6

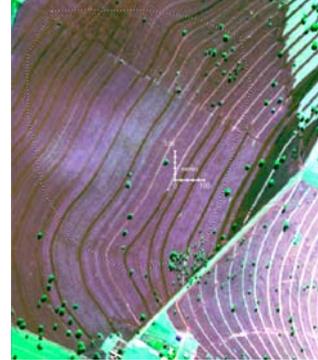
## Classe espectral de cobertura do solo CAMPO LIMPO SECO ALTO

### *Campo limpo seco alto (agricultura)*

O Campo Limpo é uma fitofisionomia predominantemente herbácea, com raros arbustos e ausência completa de árvores. Pode ser encontrada em diversas posições topográficas, com diferentes variações no grau de umidade, profundidade e fertilidade do solo. Entretanto, é encontrado com mais frequência nas encostas, nas chapadas, nos olhos d'água, circundando as Veredas e na borda das Matas de Galeria, geralmente em solos Litólicos, Litossolos, Cambissolos ou Plintossolos pétricos. Quando ocorre em áreas planas, relativamente extensas, contíguas aos rios e inundadas periodicamente, também é chamado de "Campo de Várzea", "Várzea" ou "Brejo", sendo os solos do tipo Hidromórfico, Aluvial, Plintossolos ou Solos Orgânicos (Ribeiro & Walter, 1998).



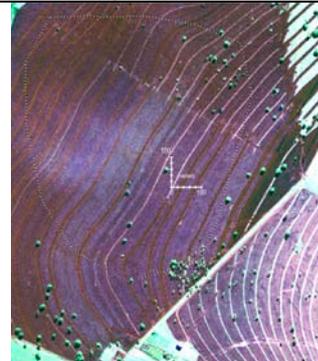
IKONOS II – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 4 m.



IKONOS II – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 4 m.



IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 1 m.



IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 1 m.



Foto da classe espectral campo limpo seco alto correspondente aos recortes da imagem IKONOS. Reparar na pessoa usada como referência de escala. Na época em que a imagem de satélite foi feita, essa plantação estava seca.

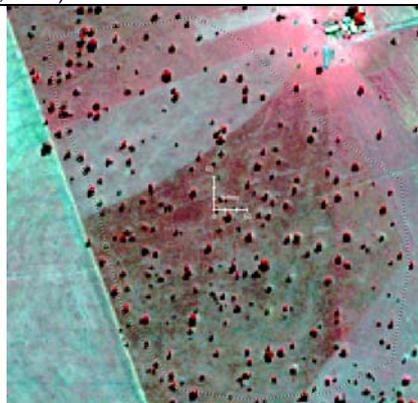
Segundo tipo de campo limpo com resposta em verde escuro (na composição RGB 453). São campos secos mais "altos" (mais de 40 cm de altura) que os da classe Campo limpo verde baixo, podendo ocorrer a presença de arbustos secos (PARANHOS FILHO, 2000). Como já foi dito para a classe espectral de cobertura do solo campo limpo verde baixo (prancha 6), na área de estudo não existe campo limpo nativo. Essa classe espectral campo limpo seco alto pode indicar tanto um campo limpo nativo que esteja seco e alto (40-60 cm) como pode indicar uma plantação, nesse caso é uma plantação de milho, que na época em que a imagem foi feita as plantas já estavam secas e apresentavam uma altura entre 40 e 60 cm.

### Prancha 7

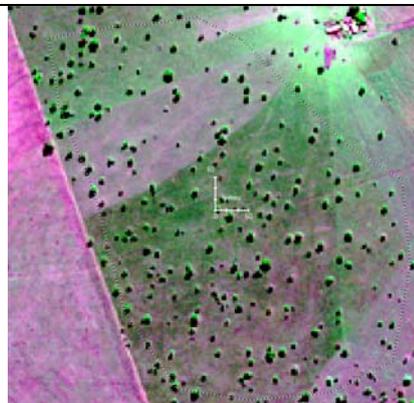
## Classe espectral de cobertura do solo CAMPO SUJO

### *Campo Sujo*

O Campo Sujo é um tipo fisionômico exclusivamente herbáceo-arbustivo, com arbustos e subarbustos esparsos cujas plantas, muitas vezes, são constituídas por indivíduos menos desenvolvidos de espécies arbóreas do Cerrado sentido restrito (Ribeiro & Walter, 1998).



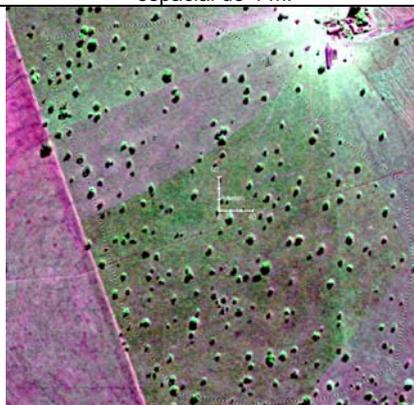
IKONOS II – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 4 m.



IKONOS II – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 4 m.



IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 1 m.



IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 1 m.



Foto da classe espectral campo sujo correspondente aos recortes da imagem IKONOS. Reparar na pessoa usada como referência de escala.

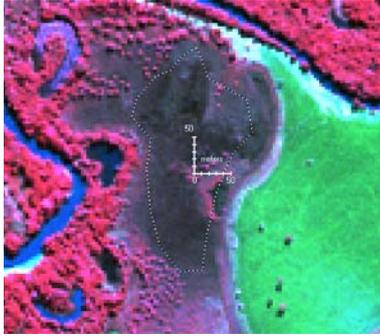
Na área de estudo não existe campo sujo nativo, essa classe espectral de cobertura do solo pode representar tanto um campo sujo nativo como pode representar um pasto abandonado.

### Prancha 8

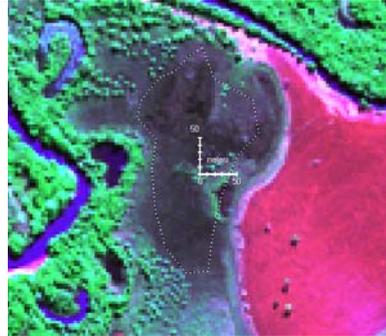
## Classe espectral de cobertura do solo ÁREA ÚMIDA

### Área úmida

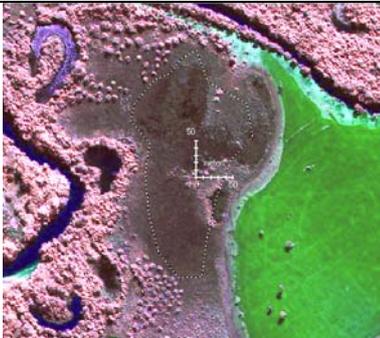
Corresponde as áreas úmidas. Podem estar incluídas nessa classe as fitofisionomias campo limpo úmido (podendo incluir os brejos), vereda (fitofisionomia com a palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* (buriti) em meio a agrupamentos de espécies arbustivo-herbáceas) e butitizal (fitofisionomia com presença marcante da espécie de palmeira *Mauritia flexuosa* (buriti) com formação de dossel). Estas fitofisionomias não foram individualizadas, pois na imagem de satélite suas assinaturas espectrais se confundem.



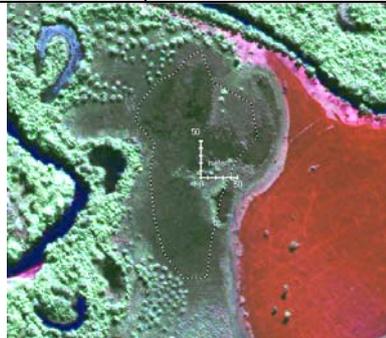
IKONOS II – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 4 m.



IKONOS II – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 4 m.



IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 1 m.



IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 1 m.



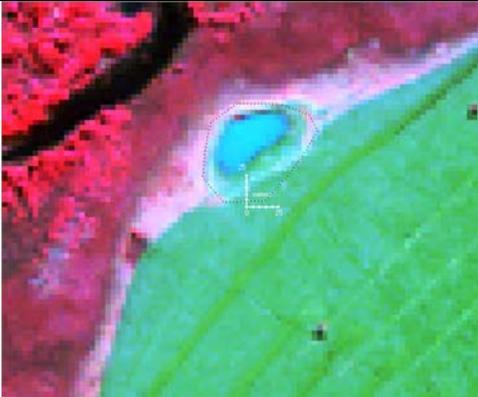
Foto da classe espectral área úmida.

### Prancha 9

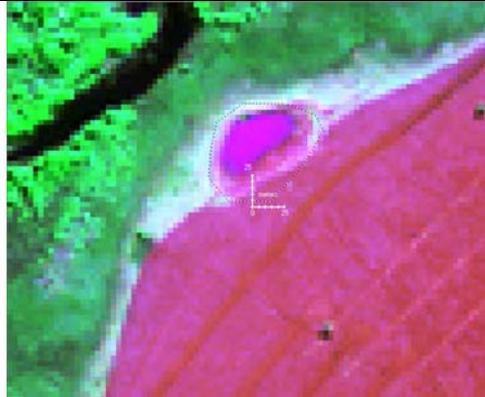
## Classe espectral de cobertura do solo LAGO

### Lago

Lagoas, açudes e outros corpos aquosos que não sejam rios.



IKONOS II – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 4 m.



IKONOS II – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 4 m.



IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 1 m.



IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 1 m.



Foto da classe espectral Lago correspondente aos recortes da imagem IKONOS. Reparar na pessoa usada como referência de escala.

## Prancha 10

## Classe espectral de cobertura do solo RIO

Rio



IKONOS II – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 4 m.



IKONOS II – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 4 m.



IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 432 – resolução espacial de 1 m.



IKONOS II (fusionada/PAN) – composição falsa cor RGB 342 – resolução espacial de 1 m.

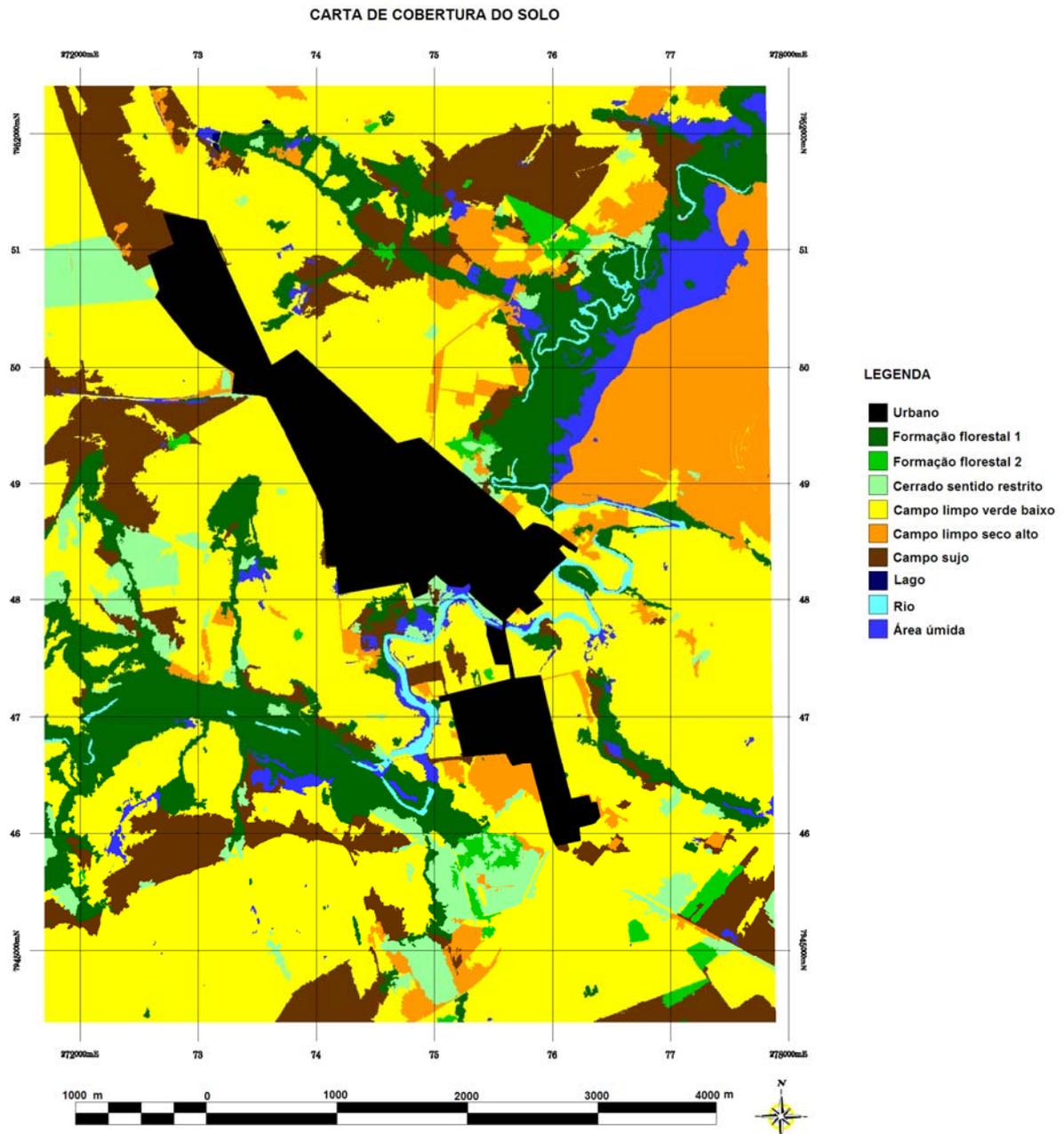


Foto da classe espectral Rio. Neste caso o rio Sucuriú, dentro do Parque Natural Municipal Salto do Sucuriú.

**Prancha 11**

## 4.2. CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETOS

Utilizando as informações das 11 pranchas apresentadas no item anterior, foi feita uma classificação orientada a objetos na imagem IKONOS II (SPACE IMAGING, 2003), no programa Ecognition 2.0 (DEFINIENS, 2002), produzindo, desse modo, uma carta de cobertura do solo da área de estudo (fig. 13).



**Figura 13:** Carta de cobertura do solo da área de estudo.

Para se identificar as assinaturas espectrais das classes espectrais de cobertura do solo utilizadas durante a classificação da imagem, foi adotada a composição falsa cor RGB 432 (fig. 5). Durante a segmentação foi determinado inicialmente um parâmetro de escala 70, para delimitar o tamanho dos polígonos que iriam ser criados e nessa escala as classes ficaram bem definidas quando se criava os polígonos.

Também foi necessário determinar a composição do critério de homogeneidade, a homogeneidade de cor recebeu um peso de 0,9 contra a homogeneidade da forma que recebeu um peso de 0,1, sendo que a soma dos pesos é 1.

No atributo da forma existem ainda os pesos de suavidade (*smoothness*), que recebeu o peso 0,5 e densidade (*compactness*), que recebeu o peso de 0,5 também, dessa forma foi definido como a homogeneidade de forma será descrita (fig. 6). O critério de homogeneidade de cor recebeu um peso maior que o de forma porque para se diferenciar classes de vegetação, a cor tem um peso muito maior do que a forma, pois os fragmentos possuem formas bastante variadas, dessa maneira a cor se torna o principal critério para definir a segmentação.

A descrição da técnica de classificação orientada a objetos utilizando uma imagem de alta resolução é por si só um resultado importante, pois assim foi possível estabelecer uma rotina de trabalho com este tipo de imagem e com estas técnicas de processamento (figuras 4 a 12), permitindo o seu uso em outros trabalhos. No Estado de Mato Grosso do Sul ainda são raros os trabalhos que utilizam imagens de alta resolução para estudos da vegetação do Cerrado.

Imagens obtidas por sensores de alta resolução espacial, como os transportados pelos satélites IKONOS II e QUICKBIRD, apresentaram-se como uma suposta alternativa para construção e atualização de bases cartográficas (NISHIDA, 1998). Porém, a área de processamento de imagens não acompanhou a evolução do sensoriamento remoto e a maioria dos aplicativos destinados à classificação de imagens continua utilizando o tradicional método de classificação pixel a pixel, desenvolvido na década de 70 (BLASCHKE *et al.*, 2000), onde variantes geométricas e topológicas como distância, perímetro, área, forma, conexão e

textura, são simplesmente desconsideradas em classificações que confiam apenas nos valores espectrais de cada pixel (ALVES & VERGARA, 2005).

Surge, portanto, a necessidade de exploração de ferramentas alternativas que não se limitem apenas a atributos espectrais. Entre estas ferramentas, destaca-se a análise orientada a objetos, que permite a inserção do conhecimento do analista e a utilização de parâmetros de cor, forma, tamanho, textura, padrão e relações de vizinhança na classificação de imagens. Cabe salientar, entretanto, que a capacidade de inserção do conhecimento possibilitada pela classificação orientada a objetos tende a tornar o processo de classificação mais complexo, exigindo uma especialização muito maior e uma participação mais decisiva por parte do analista (PINHO *et al.*, 2005).

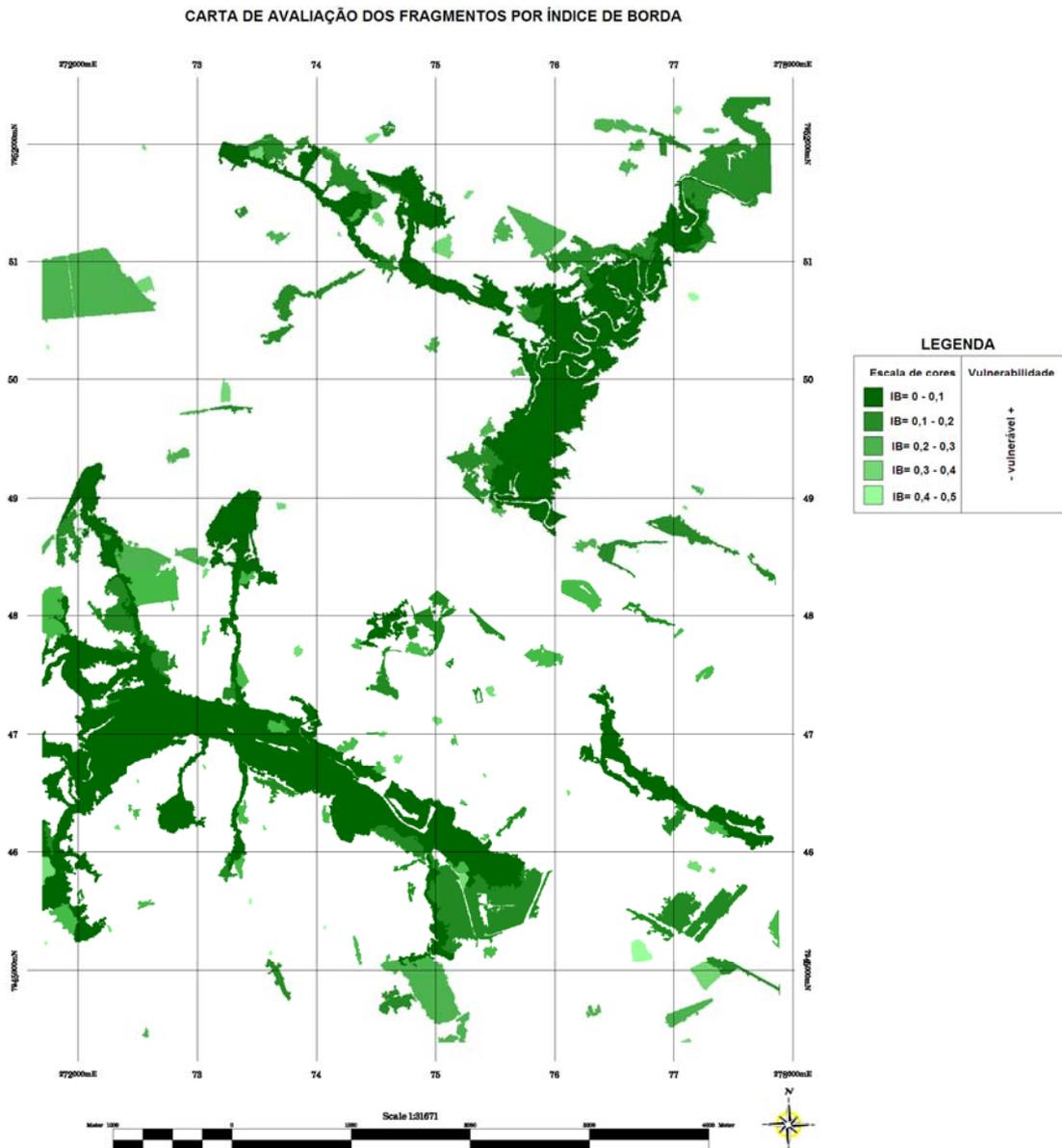
A partir da carta de cobertura do solo (fig. 13) gerada pela classificação orientada a objetos, foi produzida uma tabela com a quantificação das áreas ocupadas por cada classe espectral de cobertura do solo (tabela 1). Deste modo pode-se relatar para a área de estudo 10 classes espectrais de cobertura do solo, que podem corresponder ou não a fitofisionomias descritas na chave de identificação dos tipos fitofisionômicos do Cerrado de RIBEIRO & WALTER (1998) totalizando 4.928,23 hectares, sendo as de maior cobertura a classe Campo limpo verde baixo (2.389,74 ha), Formação florestal 1 (634,07 ha) e Campo sujo (549,26 ha) como observado na tabela 1.

**Tabela 1:** Áreas ocupadas por cada classe espectral de cobertura do solo, em hectares, para a área estudada.

<b>Classes Espectrais de Cobertura do Solo</b>	<b>Área (ha)</b>
Urbano	422,42
Formação florestal 1	634,07
Formação florestal 2	54,01
Cerrado sentido restrito	210,36
Campo limpo verde baixo	2.389,74
Campo limpo seco alto	449,76
Campo sujo	549,26
Área úmida	177,16
Lago	0,81
Rio	40,64
TOTAL	4.928,23

#### **4.3. ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO**

Utilizando os vetores gerados na classificação orientada a objetos foi construído um banco de dados SIG no programa Geomatica 9.1 (PCI, 2003). A partir deste SIG foi produzida uma Carta de Avaliação dos Fragmentos de Vegetação por Índice de Borda (fig. 14) que indica o seu grau de Vulnerabilidade Ecológica Relativa (VER).



**Figura 14:** Carta de avaliação dos fragmentos de vegetação arbórea por Índice de Borda. Nessa carta estão somente os fragmentos de vegetação arbórea, ou seja, as fitofisionomias de Mata ciliar, Mata seca, Cerradão e Cerrado sentido restrito.

Na construção desta carta foram usados somente os valores de Índice de Borda (IB) dos fragmentos de vegetação arbórea, ou seja, as fitofisionomias de Mata ciliar, Mata seca, Cerradão e Cerrado sentido restrito, pois este índice é utilizado em fragmentos florestais, mas visto que o Cerrado é um bioma com vegetação predominantemente arbóreo-arbustiva, foram incluídos os fragmentos de fitofisionomias que possuem árvores.

Os valores de IB dos fragmentos variaram de 0,04 a 0,46. O número de fragmentos de vegetação arbórea em cada classe de IB pode ser visto na tabela 2. Os fragmentos com valores de IB próximos a 1 são mais arredondados, tendendo a ser menos susceptíveis a atividades antrópicas, a ter o efeito de borda minimizado, reduzindo a interferência na dinâmica das populações locais, deste modo apresentando uma VER menor.

**Tabela 2:** Número de fragmentos de vegetação arbórea em cada classe de Índice de Borda.

Índice de borda	Fragmentos
0 – 0,1	11
0,1 – 0,2	58
0,2 – 0,3	60
0,3 – 0,4	32
0,4 – 0,5	8
TOTAL	169

Para a área de estudo, nenhum fragmento teve valor de IB próximo a 1, visto que os maiores valores de IB não ultrapassaram 0,46, indicando que todos os fragmentos de vegetação arbórea da área de estudo apresentam uma alta VER quando analisado o IB.

A alta vulnerabilidade dos valores de IB desses fragmentos é explicada principalmente pelo fato de que grande parte dos fragmentos com vegetação arbórea correspondem a matas ciliares, que possuem uma forma irregular e alongada, apresentando dessa maneira um IB muito baixo. O IB indica uma relação dos atributos de perímetro e área dos fragmentos e como na área de estudo grande parte da vegetação nativa vêm sendo substituída pela agropecuária, esses remanescentes de vegetação arbórea acabam sendo “recortados” de diversas maneiras, fazendo com que existam fragmentos de diversos formatos e muitas vezes esses formatos apresentam um perímetro muito grande em relação a sua área. Dessa maneira, essa relação de perímetro e área que o IB representa, acaba qualificando esses fragmentos como tendo uma grande VER.

De acordo com SCARIOT *et al.* (2005) a forma de um fragmento de habitat afeta diretamente a relação entre o perímetro e a área desse fragmento. Quanto menor for esta relação, menor também será a borda e quanto maior a relação, maior

será a borda. A quantidade de área de um fragmento representada pela borda é, portanto, conseqüência direta dessa relação.

A borda pode ser definida como a zona de contato entre um habitat natural e outro antropizado. Embora possam existir bordas entre dois habitats naturais, para a biologia da conservação a mais importante é a primeira, pois potencialmente pode afetar diretamente as populações dos organismos. Desta forma, quanto maior a proporção de borda de um fragmento, menor será a área central, que é a área efetivamente preservada e a mais similar à vegetação original da região (SCARIOT *et al.*, 2005).

Fragmentos de habitats mais próximos ao formato circular têm a razão borda-área minimizada e, portanto, o centro da área está mais distante das bordas e, conseqüentemente, mais protegido dos fatores externos. Áreas mais recortadas (invaginadas) têm maior proporção de bordas que as menos recortadas, assim como um conjunto de reservas cuja área total seja igual à área de uma reserva contínua (SCARIOT *et al.*, 2005).

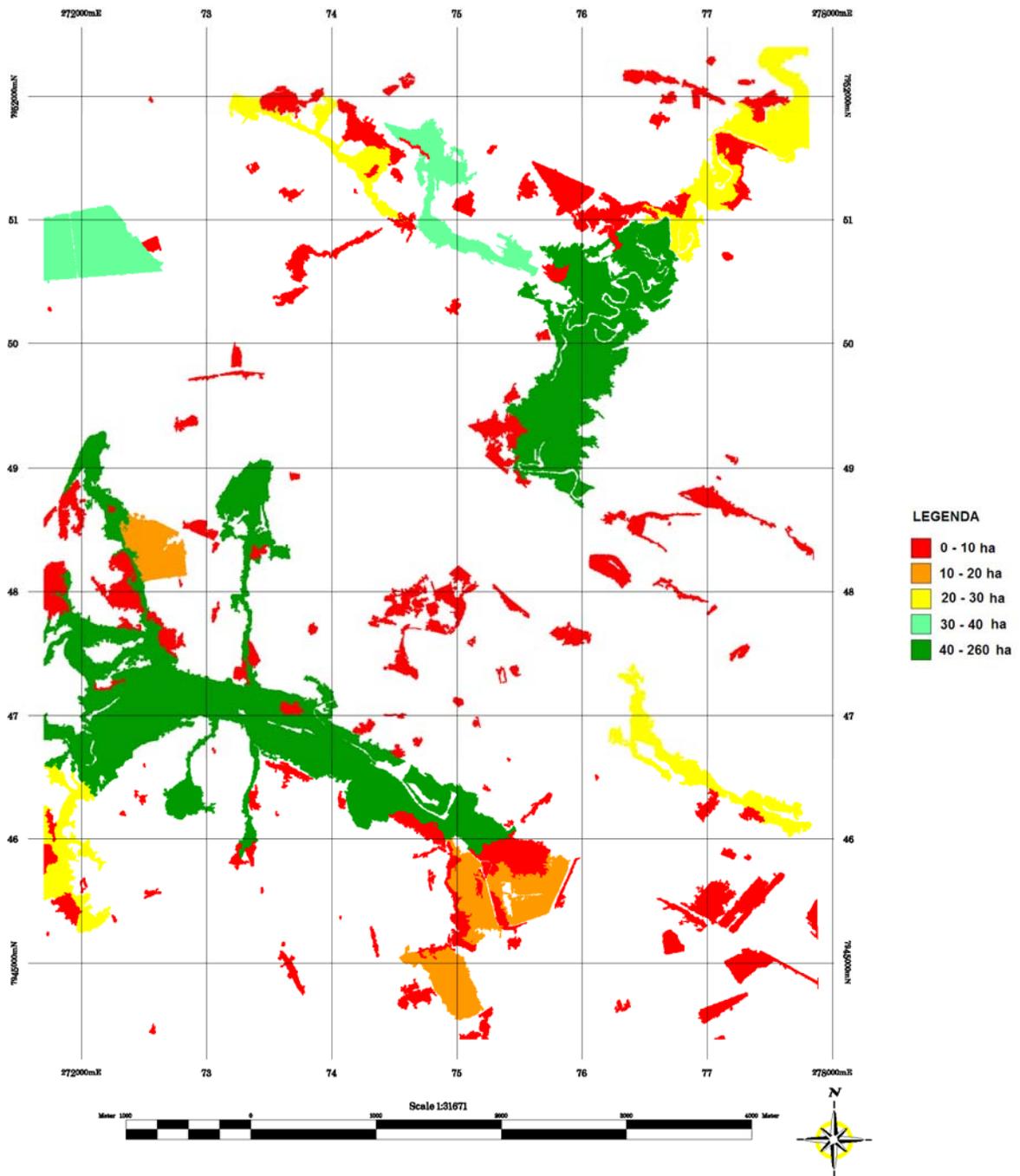
Portanto, de acordo com SCARIOT *et al.* (2005), fragmentos com áreas maiores e menos recortadas são preferíveis, pois tem menor proporção de borda-área, corroborando com os resultados encontrados nesse trabalho.

O aumento na proporção de borda em relação à área torna os fragmentos mais susceptíveis às perturbações antrópicas como fogo, caça, animais domésticos, exploração madeireira, espécies invasoras, etc. A primeira resposta da criação de uma borda é a modificação do microclima, que pode afetar a sobrevivência e a reprodução das populações. Nas bordas, a umidade do solo e do ar diminuem (KAPOS, 1989; JOSE *et al.*, 1996), enquanto que a temperatura do solo e do ar e a incidência de luz aumentam, assim como o déficit do vapor de água (KAPOS, 1989) e a velocidade do vento (ESSEEN, 1994).

Posteriormente, os efeitos são sentidos na vegetação, sendo que para as árvores com ciclo de vida longo muitas respostas somente podem ser avaliadas décadas ou mesmo séculos após o início da perturbação antrópica (HARRINGTON *et al.*, 1997). A extensão dos efeitos de borda pode variar desde alguns metros até toda a área do fragmento, dependendo da forma e do tamanho deste (LAURANCE & BIERREGAARD, 1997).

Outro fator de grande importância para avaliar as condições dos fragmentos de vegetação arbórea é a sua área. Utilizando o banco de dados SIG também foi produzida uma Carta de Avaliação dos Fragmentos de Vegetação por Área (fig. 15).

CARTA DE AVALIAÇÃO DOS FRAGMENTOS POR ÁREA



**Figura 15:** Carta de avaliação dos fragmentos de vegetação arbórea por área, em hectares. Nessa carta estão somente os fragmentos de vegetação arbórea, ou seja, as fitofisionomias de Mata ciliar, Mata seca, Cerradão e Cerrado sentido restrito.

Os valores de área dos fragmentos variaram de 0,04 ha a 259,53 ha. O número de fragmentos de vegetação arbórea em cada classe de área pode ser visto na tabela 3.

**Tabela 3:** Número de fragmentos de vegetação arbórea em cada classe de área, em hectares.

Área (ha)	Fragmentos
0 – 10	156
10 – 20	4
20 – 30	5
30 – 40	2
40 – 260	2
TOTAL	169

Grande parte dos fragmentos de vegetação arbórea da área de estudo apresentam áreas inferiores a 10 ha, ou seja, indicam que os fragmentos são bastante vulneráveis a fatores externos. Só existem dois fragmentos de tamanho significativo, um de 259,53 ha e outro de 123,65 ha, ambos fragmentos de Mata ciliar e que apresentam IB bastante baixo.

Se estes dois fragmentos forem analisados somente utilizando o critério do IB eles serão classificados como muito vulneráveis. Mas os seus tamanhos os credenciam como os maiores refúgios de biodiversidade da área de estudo, visto que os demais fragmentos são muito menores que esses dois. Mas esses valores baixos de IB indicam que apesar do tamanho grande desses fragmentos em relação aos outros, eles são muito recortados e sofrem muito com as conseqüências do efeito de borda. No entanto, alguns fragmentos que apresentam os maiores valores de IB entram na menor categoria de área (> 10 ha), por isso os valores de IB não devem ser considerados de maneira isolada e sim associados com os valores de área dos fragmentos.

O tamanho de um fragmento de habitat pode ter efeito direto na sobrevivência das populações de plantas nele contidas. Fragmentos de habitat podem não conter o tamanho mínimo de populações de determinadas espécies, simplesmente porque quando essas áreas foram isoladas, não continham essas espécies de plantas ou amostraram somente um pequeno número de indivíduos da população. Esse

problema pode ser especialmente crítico para espécies raras, cujo número de indivíduos por área é reduzido (SCARIOT *et al.*, 2005).

Quanto menor o fragmento, maior a influência dos fatores externos sobre ele (SCARIOT *et al.*, 2005). Em fragmentos pequenos, a dinâmica do ecossistema provavelmente é determinada por forças externas e não internas (SAUNDERS *et al.*, 1991). Diversos estudos ressaltam uma maior intensidade dos efeitos de borda em fragmentos pequenos, com aumento na mortalidade de árvores e nas taxas de substituição, modificação nas taxas de recrutamento, além de alterações microclimáticas severas exibidas na temperatura e intensidade dos ventos (LAURANCE *et al.*, 1998).

Por possuírem menor área, os fragmentos pequenos também abrigam populações pequenas e muitas vezes inviáveis para a manutenção da espécie. No Cerrado da região de Paracatu e Guarda - Mor (MG), foi observado que fragmentos grandes (> 1.300 ha) inseridos em matriz de soja, têm cerca de 25% mais espécies arbóreas que os fragmentos de pequeno e médio porte (até 700 ha). Assim, o tamanho do fragmento (e do habitat), é um fator importante para a dinâmica populacional e os efeitos de borda podem reduzir ainda mais a área efetiva do fragmento para determinadas espécies. Portanto, o tamanho nominal de uma reserva, necessariamente não corresponde ao tamanho real da mesma, sendo geralmente menor devido ao efeito de borda (SCARIOT, 1996).

Em certas situações, os pequenos fragmentos são importantes elementos da paisagem, promovendo conexões entre fragmentos maiores de habitat (METZGER, 1999) ou com áreas contínuas (SCARIOT *et al.*, 2005). Em alguns casos, a heterogeneidade interna dos pequenos fragmentos, decorrente do histórico de impacto e da geomorfologia diferenciada, faz com que tenham estrutura de vegetação semelhante à dos grandes fragmentos, tornando-os importantes para a conservação das populações de espécies originais (ALGER & CALDAS, 1996), representando, portanto, uma amostra da vegetação da região (SCARIOT *et al.*, 2005).

Várias propostas de manejo para a conservação da biodiversidade em áreas fragmentadas têm sido elaboradas para aumentar as chances de viabilidade das populações. Vários autores têm considerado que a manutenção e/ou criação de

grandes fragmentos rodeados de uma alta densidade de pequenos fragmentos ligados por “corredores”, podem contemplar em certa escala os objetivos da conservação e da manutenção da estabilidade de uma paisagem (FORMAN & GODRON, 1986). Os corredores, em particular, são reconhecidos por serem essenciais no controle de fluxos biológicos na paisagem, reduzindo assim os riscos de extinção local (METZGER, 2003).

Um conjunto de pequenos fragmentos isolados, porém próximos, pode efetivamente proporcionar vias de acesso, funcionando como trampolins ecológicos. Enquanto os grandes fragmentos são importantes para a manutenção da biodiversidade e de processos ecológicos em larga escala, os pequenos remanescentes cumprem funções extremamente relevantes ao longo da paisagem, funcionando como elementos de ligação entre grandes áreas, promovendo um aumento no nível de heterogeneidade da matriz e atuando como refúgio para espécies que requerem ambientes particulares que só ocorrem nessas áreas (FORMAN & GODRON, 1986).

Outro fator de grande importância para a conservação da biodiversidade é a matriz onde estão inseridos esses fragmentos de vegetação arbórea. Eles estão inseridos em uma matriz antrópica que é constituída pela área urbana do Município de Costa Rica – MS, plantações e pastos. Apesar de o rio Sucuriú atravessar a área de estudo, o que funcionaria como um corredor, suas áreas de preservação permanente estão muito degradadas, fazendo com que essas matas ciliares não cumpram o seu papel, pois são elas que regulam o fluxo de água superficial e de sedimentos, que transportam nutrientes das áreas mais altas da bacia hidrográfica para o ecossistema aquático e são importantes refúgios para populações de fauna. Apesar da degradação das matas ciliares do rio Sucuriú, de maneira geral os fragmentos de vegetação arbórea apresentam-se próximos uns dos outros, podendo se conectar através do rio.

A natureza da matriz também contribui para determinar a probabilidade de invasões biológicas nos fragmentos. Matrizes compostas por grandes extensões de pastagens ou monoculturas de grãos são intransponíveis para diversas espécies de animais da floresta (BIERREGAARD *et al.*, 1992). Se a espécie de animal que poliniza ou dispersa os propágulos de determinada espécie de planta é afetada

negativamente pela fragmentação, a população da planta também poderá estar confinada ao fragmento, sem chance de se estabelecer na matriz. Desta forma, um grupo de fragmentos de diversos tamanhos conectados por elementos da matriz, como matas ripárias, reflorestamentos com espécies nativas e sistemas agroflorestais que permitam a passagem de espécies, pode funcionar na prática como um grande fragmento, permitindo o fluxo biológico e promovendo a manutenção de grande parte da biota (SCARIOT *et al.*, 2005).

Os efeitos que a fragmentação de habitat exerce sobre as espécies são diferentes, pois uma paisagem fragmentada para uma espécie pode não o ser para outra. A resposta de uma determinada espécie ou população à fragmentação depende também da escala espacial em que os fragmentos estão organizados e como a fragmentação influencia o sucesso de dispersão na paisagem (FAHRIG & MERRIAM, 1985). Desta forma, a distribuição espacial dos fragmentos na paisagem e os tipos de elementos da paisagem que os separam ou conectam, determinam o grau de isolamento das populações das espécies de plantas nos fragmentos (SCARIOT *et al.*, 2005).

De forma geral, quanto mais próximos entre si estiverem os fragmentos, maior a probabilidade de que ocorram movimentos de propágulos entre os mesmos. É também essencial à existência de áreas fornecedoras de propágulos nas proximidades dos fragmentos, o que remete à importância de grandes áreas que ainda mantenham razoavelmente intactas a composição e estrutura da comunidade de plantas. Estas áreas funcionam não somente como fonte de propágulos de plantas, mas também de animais dispersores de propágulos para outros fragmentos ou mesmo para a matriz. O fluxo de propágulos e de pólen é crucial para que populações de plantas e animais nos fragmentos menores possam se manter, ou mesmo se restabelecer. Árvores dentro dos fragmentos e na matriz podem ser importantes fontes de propágulos ou sítios de pouso para a fauna dispersora de propágulos (GUEVARA & LABORDE, 1993).

## 5. CONCLUSÕES

O uso de técnicas de geoprocessamento e a utilização de imagens de alta resolução, como as do sistema IKONOS II, possibilitam uma melhor execução de trabalhos ambientais. No Estado de Mato Grosso do Sul ainda são raros os trabalhos que utilizam as imagens de alta resolução para caracterização dos tipos fitofisionômicos. Por isso o presente trabalho pode contribuir na formulação de rotinas de trabalho com esse tipo de imagem. Além disso, foram produzidos resultados em uma região que possui uma Unidade de Conservação, o que pode auxiliar a administração do Parque Natural Municipal Salto do Sucuriú – MS na tomada de decisões e no manejo da unidade de conservação, pois de acordo com MELO (2002), ele está interligado através dos corredores de biodiversidade ao Parque Nacional das Emas – GO/MS - distante deste aproximadamente 26 km - e ao Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari – MS - distante aproximadamente 37 km.

O presente estudo corrobora os trabalhos que afirmam que as imagens de satélite, têm se demonstrado um meio útil e preciso na identificação dos diferentes tipos de cobertura vegetal de Mato Grosso do Sul (PARANHOS, 2000; CARRIJO *et al.*, 2002; POLIZER, 2002), além de que o uso de sensoriamento remoto representa economia de tempo e recursos.

### 5.1. CLASSES ESPECTRAIS DE COBERTURA DO SOLO

A relação entre as assinaturas espectrais e uma chave de identificação de tipos fitofisionômicos representa um passo importante na homogeneização da metodologia de trabalho em sensoriamento remoto no bioma Cerrado. Além do que esta relação poderá ser extrapolada para o restante do entorno da área de estudo.

Esta relação de assinaturas espectrais de cobertura do solo com uma chave de identificação de fitofisionomias consagrada é de grande importância para estudos posteriores, como levantamentos florísticos e faunísticos, pois algumas espécies, tanto vegetais como animais são características de determinadas fitofisionomias. As pranchas contendo as assinaturas espectrais, fotos e uma descrição das

fitofisionomias do Cerrado podem auxiliar futuros trabalhos de identificação das mesmas fitofisionomias em outras áreas de Cerrado.

## **5.2. CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETOS**

A classificação orientada a objetos, quando comparada com a tradicional classificação espectral pixel a pixel, permite ao usuário uma maior liberdade para tomar decisões em relação aos critérios que serão utilizados na classificação, utilizando-se não só de atributos espectrais, como também a utilização de parâmetros de cor, forma, suavidade, densidade além da maior capacidade de inserção do conhecimento do usuário. Dessa maneira, no presente trabalho, os resultados obtidos através da classificação orientada a objetos, tornaram-se mais precisos em relação ao modo de classificação tradicional de pixel a pixel.

## **5.3. ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO**

O Índice de Borda possibilita relacionar o perímetro (contorno) com a área do fragmento, de tal forma que aqueles que apresentam formatos circulares tendem a possuir menor influência com relação ao meio externo, uma vez que a circunferência é a figura geométrica que possui menor borda entre a sua área e o seu exterior. Dessa forma, o “Índice de Borda”, originalmente utilizado para verificar a circularidade de lagos, através da denominação de “índice de desenvolvimento de margem” (HUTCHINSON, 1998), tem sido considerado por vários autores no estudo da dinâmica de populações (FORMAN & GODRON, 1986).

A forma dos fragmentos auxilia a determinar o grau do efeito de borda atuante sobre os mesmos e a maior ou menor influência dos fatores externos sobre sua biodiversidade. Neste aspecto, o Índice de Borda (IB) é utilizado para subsidiar o agrupamento dos fragmentos de acordo com o seu grau de Vulnerabilidade Ecológica Relativa frente aos fatores intrínsecos e antrópicos, auxiliando inclusive na tomada de decisão sobre prioridades e formas de manejo dos mesmos. A classificação dos fragmentos quanto ao grau de Vulnerabilidade Ecológica Relativa configura-se como uma importante ferramenta para auxiliar os tomadores de decisão quanto às prioridades no manejo dos fragmentos (BERGHER *et al.*, 2003).

Os resultados apresentados na análise por Índice de Borda, se analisados de maneira descuidada e isolada podem levar a uma conclusão equivocada sobre a vulnerabilidade dos fragmentos. Observa-se que fragmentos pequenos estão em classes menos vulneráveis, enquanto outros bem maiores estão em classes mais vulneráveis. Portanto estes resultados isolados são insuficientes para um diagnóstico da situação dos mesmos. Isto ocorre provavelmente, porque a maioria dos fragmentos da área são pequenos, embora arredondados, porém, a análise dos resultados é válida quando analisada em conjunto com o critério de tamanho (área) dos fragmentos, cujos resultados estão concordantes com a realidade de campo.

No caso de Costa Rica – MS, a análise da fragmentação da cobertura vegetal nativa mostrou um ambiente necessitado de cuidados e medidas que conservem os fragmentos existentes, já que muitos tendem a desaparecer. Mesmo os fragmentos menores são importantes, pois podem atuar como trampolins ecológicos para a dispersão e migração de espécies animais e vegetais.

Assim, o tamanho, forma e disposição desses fragmentos determinam as alterações ecológicas sofridas por populações e comunidades, podendo ter efeito direto na sobrevivência das espécies, animais ou vegetais, contidos neles (CARRIJO, 2005).

A principal atividade da região da área de estudo se concentra na agropecuária, que vem tendo suas fronteiras cada vez mais expandidas, ocupando áreas de vegetação natural de forma bastante intensa. Isso faz com que a diversidade biológica do local – flora, fauna, ambientes, processos – esteja sujeita a alterações significativas.

No entanto, verificou-se que, embora não esteja havendo conservação significativa dos diferentes tipos de cobertura de solo, ainda existem na área fragmentos relativamente representativos e uma unidade de conservação que devem ser, urgente e prioritariamente, manejados e conservados.

Uma solução simples seria atender o Código Florestal (Brasil, 1965), que determina que devam ser protegidas, sendo “... cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, ..., a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, ..., e assegurar o bem-estar das populações humanas”. São elas:

- áreas ao longo dos rios ou qualquer curso d'água, como o rio Sucuriú, que tem entre 10-50 metros de largura e está inserido no Parque Natural Municipal Salto do Sucuriú, cuja largura mínima será de 50 metros;
- áreas de nascentes, qualquer que seja a sua condição topográfica, em um raio mínimo de 50 metros de largura;
- preservar a qualidade da água na região.

Ou seja, simplesmente respeitando-se a lei, já haveria uma melhora ambiental para a área. Complementarmente, o Parque Natural Municipal Salto do Sucuriú deveria ter sua área de proteção expandida, abrangendo todas as áreas de proteção permanente do seu entorno e incorporar alguns fragmentos próximos, para que os representantes da diversidade do bioma Cerrado sejam resguardados, assim como os importantes mananciais para o bioma e áreas limítrofes.

## 6. AGRADECIMENTOS

A Deus e minha família pelo apoio e incentivo.

A Mara Cristina Teixeira, pela ajuda tanto em campo quanto na confecção do manuscrito e pelo amor, carinho e paciência comigo.

Ao meu orientador Professor Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho, pela confiança depositada, pelo apoio ao longo de todos esses anos de UFMS e principalmente pela paciência para corrigir esse manuscrito.

Aos amigos do Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais: Leandro Tsuneki Higa, Hugo Teruya Junior, Renata Porto Morais, Liliane Candida Corrêa e Thais Gisele Torres.

A Prefeitura Municipal de Costa Rica – MS, em especial a figura do professor Wilson Matheus e a Martha Gilka Gutierrez Carrijo da Secretaria de Meio Ambiente, também de Costa Rica – MS.

A todos que auxiliaram direta ou indiretamente na realização desse trabalho

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCACIO, G. M., BRANT, A., BRITZ, R. M., CERQUEIRA, R., ESPINDOLA, E. L. G., GODOY, F., LANDAU, E. C., LOPES, A. T. L., MIKICH, S. B., OLIFIERS, N., PIMENTA, B. V. S., ROCHA, O., SILVANO, D. L., SMITH, W. S. & VENTORIN, L. B. *Ferramentas Biológicas para Avaliação e Monitoramento de Habitats Naturais Fragmentados*. p. 367 - 389. In: Ministério do Meio Ambiente – MMA. *Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas* / Denise Marçal Rambaldi, Daniela América Suárez de Oliveira (orgs.). Brasília: 2ª ed., MMA/SBF, 510 p. 2005.

ALGER, K. & CALDAS, M. *Cacau na Bahia: decadência e ameaça à Mata Atlântica*. *Ciência Hoje*, 20: 28-35. 1996.

ALHO, C.J.R. & MARTINS, E.S. *De Grão em Grão o Cerrado Perde Espaço. (Cerrado - Impactos do Processo de Ocupação)*. WWF – Fundo Mundial para a Natureza, Brasília. 1995.

ALVES, R. A. L. & VERGARA, O. R. *Identificação de alvos urbanos em imagens Ikonos, aplicando classificação orientada a segmentos*. In: *XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Anais. Goiânia - GO, Brasil, 16-21 abril, INPE, p. 2573-2580. 2005.

BERGHER, I. S., MENDES S. L., LIMA, R. N. *Vulnerabilidade Ecológica Relativa dos Fragmentos de vegetação de uma microbacia hidrográfica do rio Santa Maria, em Santa Maria de Jetibá, ES*. *GIS Brasil 2003 – 9º Show de Geotecnologias - 3ª Mostra do talento científico*, 2003. IN: *Anais do GIS Brasil*. 5p. CD. 2003.

BIERREGAARD, R. O. Jr., LOVEJOY, T. E., KAPOV, V., SANTOS, A. S. & HUTCHINGS, R. W. *The biological dynamics of tropical rainforest fragments: a*

*prospective comparison of fragments and continuous forest.* BioScience 42: 859 – 866. 1992.

BLASCHKE, T.; LANG, S.; LORUP, E.; STROBL, J.; ZEIL, P. *Object-oriented image processing in an integrated GIS/remote sensing environment and perspectives for environmental applications.* 2000. Disponível em: <<http://www.definiens.com>>. Último acesso em 20 de outubro de 2006.

BRASIL, Lei Federal nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal. 1965.

BRASIL, Lei Federal nº. 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal. *Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da natureza e dá outras providências.* 2000.

CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. de. *Princípios básicos em Geoprocessamento.* In: Sistemas de Informações Geográficas – Aplicações na Agricultura. ASSAD, E. D. & SANO, E. E. (organizadores). 2. ed., ver. e ampl. Brasília: Embrapa-SPI / Embrapa-CPAC, 1998.

CAMPOS, L.F.G. *Mapa florestal do Brasil.* Boletim Geográfico, v.1, n.9, p.9-27, 1943.

CANAVESI, V. & KIRCHNER, F. F. *Estimativa de macronutrientes em floresta Ombrófila Mista Montana utilizando dados de campo e dados obtidos a partir de imagens do satélite IKONOS II.* In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Anais. Goiânia, Brasil. INPE, p. 1443-1449. 2005.

CARRIJO, M.G.G. Vulnerabilidade ambiental: *O Caso do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari - MS.* Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS. 98 p. 2005.

CARRIJO, M.G.G.; PARANHOS FILHO, A.C.; IDE, C.N.; VAL, L.A.A. do; LASTORIA, G.; SEIXAS, G.H.F.; TORRECILHA, S.; MONTEIRO, C. da S., *Utilização da legenda CORINE na caracterização do tipo de uso e cobertura do solo (Land Cover) do Parque Estadual das Nascentes do Taquari - MS*. In: Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, III, 2002, Fortaleza, Anais do III Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Fortaleza: 2002 (b), v. 1, n. , p. 195. 2002.

CERQUEIRA, R., BRANT, A., NASCIMENTO, M. T. & PARDINI, R. *Fragmentação: Alguns conceitos*. p. 23 - 40. In: Ministério do Meio Ambiente – MMA. *Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas* / Denise Marçal Rambaldi, Daniela América Suárez de Oliveira (orgs.). Brasília: 2ª ed., MMA/SBF. 510 p. 2005.

COSTA, R. B., SALLES, A. T. & MOURA, H. H. S. *Degradação de reservas florestais particulares e desenvolvimento sustentável em Mato Grosso do Sul*. Revista Internacional de Desenvolvimento Local. 4(7): 41 – 46. 2003.

COUTINHO, L. M. *Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado*. p. 82-105. In: J. G. Goldhamme (ed.), *Fire in the Tropical Biota*, Springer-Verlag, Berlin. 1990.

DEFINIENS IMAGING. *Ecognition version 2.0*. Munchen, Alemanha. 1 CD-ROM. 2002.

DINIZ, A. & FURLAN, S. A. *Relações entre as classificações fitogeográficas, fitossociologia, cartografia, escalas e modificações sócio-culturais no Parque Estadual de Campos de Jordão (SP)*. Revista do Departamento de Geografia, nº 12: 123 – 161. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – USP. 1998.

EITEN, G. & GOODLAND, R. *Ecology and management of semiarid ecosystem in Brazil*. p. 277-300. In: B. H. Walker (ed.), *Management of Semi-Arid Ecosystems*, Elsevier, Amsterdam. 1979.

ENGESAT. Informações do satélite IKONOS II. (<http://www.engesat.com.br/satellites/ikonos.htm>). Último acesso em 24 de outubro de 2005.

ESSEEN, P. A. *Tree mortality patterns after experimental fragmentation of an old-growth conifer forest*. Biol. Conserv. 68: 19-28. 1994.

FAHRIG, L. & MERRIAM, G. *Habitat patch connectivity and population survival*. Ecology, 66: 1762-1768. 1985.

FELFILI, J.M. *Padrões de diversidade do cerrado do Centro-Oeste brasileiro*. 58 – 61 p.. In: E.L. Araújo, A.N. Moura, E.S.B Sampaio, L.M.S Gestinari & J.M.T Carneiro. Biodiversidade, Conservação e Uso Sustentável da Flora do Brasil. Recife: UFRPE. Imprensa Universitária. 2002.

FELFILI, J.M.; NOGUEIRA, P.E; SILVA-JÚNIOR, M.C.; MARIMOM, B.S. & DELITTI, W. B. C. *Composição florística e fitossociologia do cerrado sentido restrito no município de Água Boa – MT*. Acta Botanica Brasilica. 16(1): 103-112. 2002.

FIZON, J. T., MARCHIORO, N. P. X., BRITZ, R. M., CABRAL, D. C., CAMELY, N. C., CANAVESI, V., CASTELLA, P. R., CASTRO, E. B. V., JUNIOR, L. C., CUNHA, M. B. S., FIGUEIREDO, E. O., FRANKE, I. L., GOMES, H., GOMES, L. J., HREISEMNOU, V. H. V., LANDAU, E. C., LIMA, S. M. F., LOPES, A. T. L., NETO, E. M., MELLO, A. L., OLIVEIRA, L. C., ONO, K. Y., PEREIRA, N. W. V., RODRIGUES, A. A. F., RUIZ, C. R., SANTOS, L. F. G. L., SMITH, W. S. & SOUZA, C. R. *Causas antrópicas*. p. 65 - 99. In: Ministério do Meio Ambiente – MMA. Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas / Denise Marçal Rambaldi, Daniela América Suárez de Oliveira (orgs.). Brasília: 2ª ed., MMA/SBF. 510 p. 2005.

FORMAN, R. T., GODRON, M. *Landscape Ecology*. John Willey. Nova Iorque. 619 p. 1986.

GEWIN, V. *Mapping opportunities*. Nature 427. p. 376-377. 22 January 2004.

GUEVARA, S. & LABORDE, J. *Monitoring seed dispersal at isolated standig trees in tropical pastures: consequences for local species availability*, pp. 319-338. In: T. H. Flemming & A. Estrada (ed.), *Frugivory and Seed Dispersal: Ecological and Evolutionary Aspects*. Kluwer Academic, Dordrecht. 1993.

GUPTA, R.P. *Remote Sensing Geology*. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. 1 ed. 356 p. 1991.

HARRINGTON, G. N., IRVINE, A. K., CROME, F. H. J., MOORE, L. A. *Regeneration of large-seeded trees in Australian rainforest fragments: a study of high-order interactions*. pp. 292-303. In: W. F. Laurance & R. O. Bierregaard Jr. (ed.), *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Chicago University Press, Chicago. 1997.

HARRIS, L. D., *The fragmented forest*. The University of Chicago Press, Chicago. 1984.

HARRISON, S., MURPHY, D. D. & EHRLICH, P. R. *Distribution of the Bay Chekerpot Butterfly *Euphydryas editha bayensis*: evidence for a metapopulation model*. *Am. Nat.* 132:360-382. 1988.

HOFFMANN, W. *Post-burn reproduction of woody plants in a neotropical savanna: the relative importance of sexual and vegetative reproduction*. *J. Appl. Ecol.*, 35: 422-433. 1998.

HUTCHINSON, G. E. *A Treatise on Limnology* (vol1). In: PIRES, J.S.R et al. *Abordagem metodológica para identificação e manejo de fragmentos de áreas naturais. VIII Seminário Regional de Ecologia. Anais. Volume 3. São Carlos, SP. P 571-584. 1998.*

INNES, J. L. & KOCH, B. *Forest Biodiversity and its assessment by remote sensing*. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7, 397-419. 1998.

JOSE, S., GILLESPIE, A. R., GEORGE, S. J., KUMAR, B. M. *Vegetation responses along edge-to-interior gradients in a high altitude tropical forest in peninsular India*. *For. Ecol. Manag.*, 87: 51-52. 1996.

KAPOS, V. *Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon*. *J. Trop. Ecol.*, 5: 173-185. 1989.

KAPOS, V., WANDELLI, E., CAMARGO, J. L. & GANADE, G. *Edgerelated changes in environment and plant responses due to forest fragmentation in Central Amazonia*, pp. 33-44. In: W. F. Laurance & R. O. Bierregaard Jr. (ed.), *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*, Chicago University Press, Chicago. 1997.

KLINK, C.A. & MACHADO, R. *Conservation of the Brazilian Cerrado*. *Conservation Biology*, Boston 19: 707-713. 2005.

LAURANCE, W. F. & BIERREGAARD, R. O. JR. *Tropical forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities*. Chicago University Press, Chicago, 616p. 1997.

LAURANCE, W. F., FERREIRA, L. V., RANKIN-DE-MERONA, J. M. & LAURANCE, S. G. *Rain Forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities*. *Ecology*, 79: 2032-2040. 1998.

LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W.; CHIPMAN, J.W. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons, Inc. New York – USA. 5 ed. 763 p. 2004.

LORENA, R.B., SANTOS, J. R., SHIMABUKURO, Y. E., SANT'ANNA, H. M., SANT'ANNA, H. S. S. & MENEZES, R.S. *Dados Multitemporais de Sensoriamento Remoto para Análise da Dinâmica do Solo e da Cobertura da Terra na Região do Peixoto (AC)*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Foz do Iguaçu. INPE. pp. 1653-1656. 2001.

LOVEJOY, T. E., BIERREGAARD, R. O. JR., RYLANDS, A. B., MALCOM, J. R., QUINTELA, C. E., HARPER, L. H., BROWN, K. S. JR., POWELL, A. H., SCHUBART, H. O. R. & HAYS, M. B. *Edge and other effects of isolation on amazonian forests fragments*, pp. 237-256. In: M. E. Soulé (ed.), *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*, Sinauer Associates, Sunderland. 1986.

LOVEJOY, T. E., RANKIN, J. M., BIERREGAARD, R. O., BROWN, K. S., EMMONS, L. & VAN DER VORT, M. E. *Ecosystem decay of amazon forest remnants*, pp. 295-325. In: M. H. Nitecki (ed.), *Extinction*, Chicago University Press, Chicago. 1984.

LUZ, N. B. *Análise Espacial como Subsídio à Recuperação de Ecossistemas Apoiada na Ecologia de Paisagens e Imagens IKONOS*. Curitiba-PR. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná. 114 p. 2002.

MARTINS, I. C. M., SOARES, V.P., SILVA, E., BRITES, R.S. *Diagnóstico Ambiental no contexto da paisagem de fragmentos florestais naturais "ipuca" no município de Lagoa da Confusão*. Revista *Árvore*, p. 299-309. Volume nº 26, n 3. ISSN 0100-6762. 2002.

MELO, R. B. *ICMS Ecológico para o Município de Costa Rica*. Costa Rica - MS, 2002.

METZGER, J. P. *Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica*. Anais da Academia Brasileira de Ciência 71:(3-1): 445 - 463. 1999.

METZGER, J. P. *Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas*. In: JÚNIOR, L. C., PÁDUA, C. V. & RUDRAN, R. Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre. Curitiba, P.R. Editora da UFPR. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza. 667p. 2003.

MITTERMEIER, R.A., MYERS, N.; MITTERMEIER, C.G. *Hotspots. Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. CEMEX Conservation International. 1999.

NISHIDA, W. *Uma rede neural artificial para classificação de imagens multiespectrais de sensoriamento remoto*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 1998.

OLIVEIRA, L. G. L. *Elaboração e Aplicação de Modelo Digital de Elevação: O Estudo de Caso do Parque Municipal de Costa Rica, MS*. Trabalho de conclusão curso (monografia) submetido ao curso de Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande - MS. 35 p. 2005.

OLIVEIRA, R. J. *Dinâmica de plântulas e estrutura da Mata Atlântica secundária de encosta, Peruíbe, SP*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 125p. 1999.

O'NEILL, R. V.; KRUMMEL, J. R.; GARDNER, R. H.; SUGIHARA, G.; JACKSON, B.; DEANGELIS, D. L.; MILNE, B. T.; TURNER, M. G.; ZYGMUNT, B.; CHRISTENSEN, S. W.; DALE, V. H.; GRAHAM, R. L. *Indices of landscape pattern*. Landscape Ecology, vol. 1(3), p. 153-162. 1988.

PAGOTTO, T. C. S.; CAMILOTTI, D. C.; LONGO, J. M. & SOUZA, P.R. *Bioma Cerrado*. In: Pagotto, T.C.S. & Souza, P.R. (org.). Biodiversidade do Complexo Aporé-Sucuriú: subsídios à conservação e manejo do bioma Cerrado. Editora UFMS. Campo Grande, MS. 18 – 30 p. 2006.

PARANHOS FILHO, A.C. *Análise Geo-Ambiental Multitemporal : O estudo de Caso da Região de Coxim e Bacia do Taquarizinho*. Tese de doutoramento. Curso de Pós-Graduação em Geologia - UFPR. 213 p. 2000.

PCI Geomatics. Geomatica Versão 9.1 for Windows. Ontário, Canadá. 16 de dezembro de 2003. 1 CD-ROM. 2003.

PINHO, C. M. D., FEITOSA, F. F. & KUX, H. *Classificação automática de cobertura do solo urbano em imagem IKONOS: Comparação entre a abordagem pixel-a-pixel e orientada a objetos*. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Goiânia - GO, Brasil, 16-21 abril. INPE, p. 4217-4224. 2005.

POLIZER, M. *Avaliação Ambiental Multitemporal da Cobertura do Solo na Bacia do Ribeirão Salobra – MS*. Campo Grande. 61 p. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais – UFMS. 2002.

POTT, A. & POTT, V.J. *Espécies de fragmentos florestais em Mato Grosso do Sul*. In: R.B. Costa (org.). Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na região Centro-Oeste. UCDB. Campo Grande. 26 – 52 p. 2003.

RIBEIRO, J. F.; GONZÁLES, M. I.; OLIVEIRA, P. E. A. M.; MELO, J. T. de. *Aspectos fenológicos de espécies nativas do Cerrado*. In: Congresso Nacional de Botânica, 32. 1981, Teresina, PI: Anais. Teresina: Sociedade Botânica do Brasil. p.181-198. 1982.

RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. *Fitofisionomias do Bioma Cerrado*. In. SANO, S.M. & ALMEIDA, S.P. Cerrado: ambiente e flora. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC. xii + 556p. 1998.

RIZZINI, C.T. *A flora do Cerrado, análise florística das savanas Centrais*. In: Simpósio sobre o Cerrado. São Paulo. Anais. São Paulo: EDUSP. p.125-177. 1963.

SANAIOTTI, T. M. & MAGNUSSON, W. E. *Effects of annual fires on the production of fleshy fruits eaten by birds in a Brazilian Amazonian savanna*. J. Trop. Ecol., 11: 53-65. 1995.

SAUNDERS, D. A., HOBBS, R. J. & MARGULES, C. R. *Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review*. Conserv. Biol., 7: 18-32. 1991.

SCARIOT, A. *The effects of rain forest fragmentation on the palm community in central Amazonia*. Tese de Doutorado, Depto. Ecology, Evolution and Marine Science, University of California, Santa Barbara. 1996.

SCARIOT, A., FREITAS, S. R., NETO, E. M., NASCIMENTO, M. T., OLIVEIRA, L. C., SANAIOTTI, T., SEVILHA, A. C. & VILLELA, D. M. *Vegetação e Flora*. p. 103 - 123. In: Ministério do Meio Ambiente – MMA. *Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas* / Denise Marçal Rambaldi, Daniela América Suárez de Oliveira (orgs.). Brasília: 2ª ed., MMA/SBF, 2005. 510 p.

SHAFER, C. L. *Nature Reserves: Island Theory and Conservation Practice*. Smithsonian Institution Press, Washington. 1990.

SILVANO, D.L., COLLI, G. R., DIXO, M. B. O., PIMENTA, B. V. S. & WIEDERHECKER, H. C. *Anfíbios e répteis*. p. 184 -199. In: Ministério do Meio Ambiente – MMA. *Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas* / Denise Marçal Rambaldi, Daniela América Suárez de Oliveira (orgs.). Brasília: 2ª ed., MMA/SBF. 510 p. 2005.

SOARES-FILHO, B.S. *Modelagem da dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica*. São Paulo, Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes, 299 p., 1998.

SPACE IMAGING. *Imagem IKONOS II*. Canais 1, 2, 3, 4 e pan. CD-ROM. 2003.

TABARELLI, M., BAIDER, C. & MANTOVANI, W. *Efeitos da fragmentação na floresta atlântica da bacia de São Paulo*. Hoehnea. 25: 169-186. 1998.

VALÉRIO FILHO, M. *Gerenciamento de bacias hidrográficas com aplicação de técnicas de geoprocessamento*. In: TAUK - TORMELO, S.M. *Análise ambiental: estratégias e ações*. Rio Claro: Centro de Estudos Ambientais – UNESP. p.135-140. 1995.

VOGELMANN, J.E. *Assessment of Forest Fragmentation in Southern New England using Remote Sensing and Geographic Information Systemns Technology*. *Conservation Biology*. vol. 9(2), p 439-449. 1995.

ZAÚ, A.S. *A ecologia de Paisagem no planejamento territorial*. *Floresta e Ambiente*. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 4:98-103. 1997.

ZIMMERMANN, C.E. *Avifauna de um fragmento de Floresta Atlântica em Blumenau, Santa Catarina*. *Revista de Estudos Ambientais*. 1(3):101-112. 1999.