

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

LILIANE CANDIDA CORRÊA

USO DE GEOTECNOLOGIAS E ANÁLISE DA PAISAGEM NA
GESTÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO DOIS IRMÃOS DO
BURITI, MATO GROSSO DO SUL.

Campo Grande, MS
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

LILIANE CANDIDA CORRÊA

**USO DE GEOTECNOLOGIAS E ANÁLISE DA PAISAGEM NA
GESTÃO AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO DOIS IRMÃOS
DO BURITI, MATO GROSSO DO SUL.**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho

Aprovada em: 30/07/2011

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho
Orientador – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Vitor Matheus Bacani
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Teodorico Alves Sobrinho
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Campo Grande, MS
2011

DEDICATÓRIA

*À minha família,
meu suporte, minha âncora...*

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação não é fruto de um esforço individual, mas sim de um esforço em conjunto de diversas pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para o seu desenvolvimento. E são justamente a essas pessoas que se seguem os meus sinceros agradecimentos.

Agradeço à minha família, principalmente à minha mãe pela compreensão, paciência e incentivo ao longo de todo esse percurso.

Agradeço ao meu orientador professor Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho, pela confiança em mim depositada e principalmente pelo elo profissional e pessoal construído.

Agradeço fortemente aos amigos que me apoiaram em especial ao eterno Ninhal, sempre me fazendo rir, chorar e estudar. E ao meu amigo mais exclusivo, Hugo Teruya Junior, meu muito obrigado, por dividir comigo minhas preocupações e alegrias.

Agradeço aos colegas do Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais e aos colegas do mestrado, em particular a Erika, sempre pronta com um tereré na mão.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT pelo apoio financeiro através da concessão da bolsa de pesquisa que possibilitou o desenvolvimento da dissertação. E também à Fundação Neotrópica do Brasil, junto com a MMX – Unidade Florestal, que permitiu, pelo convênio junto à UFMS, que a pesquisa tivesse início.

E por último, e mais importante, agradeço a Deus, que me permitiu o convívio com pessoas maravilhosas e me mostra o caminho do conhecimento.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	ii
AGRADECIMENTOS	iii
SUMÁRIO	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL	10
AVALIAÇÃO DE TIPOS DE CLASSIFICADORES EM IMAGENS DE MÉDIA E ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL.....	12
1. Introdução	13
2. Área de Estudo	14
3. Materiais e métodos	15
3.1 Preparação das Imagens	15
3.2 Classificações.....	16
3.2.1 Assinatura Espectral e Legenda de Cobertura do Solo	16
3.2.2 Classificação Multiespectral – Landsat.....	17
3.2.3 Classificação Orientada a Objeto – Landsat	18
3.2.4 Classificação – Alos.....	19
4. Resultados e Discussão	20
4.1 Landsat	20
4.1.1 Método Não Supervisionado	20
4.1.2 Método Supervisionado	21
4.1.3 Método Orientado a Objeto.....	22
4.2 Análise dos Métodos.....	23
4.3 Alos.....	25
4.3.1 Método Supervisionado	25
5. Conclusões	27
Agradecimentos.....	28
Referências.....	28
USO DE GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DA ESTABILIDADE MORFOLÓGICA E FRAGMENTAÇÃO.	30

1. Introdução	31
2. Área de Estudo	32
3. Materiais e Métodos.....	33
3.1 Análise da Ecodinâmica.....	33
3.1.1 Litologia	34
3.1.2 Geomorfologia	36
3.1.3 Solo.....	38
3.1.4 Uso e Ocupação do Solo.....	40
3.1.5 Vulnerabilidade	42
3.2 Análise da Fragmentação.....	42
4. Resultados e Discussão	44
4.1 Análise da Vulnerabilidade.....	44
4.2 Análise da Paisagem.....	47
4.2.1 Paisagem	47
4.2.2 Classes	47
4.2.3 Fragmentos.....	48
5. Conclusão.....	52
Agradecimentos.....	52
Referências.....	53
CONCLUSÕES GERAIS	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
APÊNDICE.....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura I. 1 – Localização do município de Dois Irmãos do Buriti, MS.....	14
Figura I. 2 – Comparação entre as quatro primeiras bandas espectrais da imagem Alos com as cinco primeiras bandas Landsat.	19
Figura I. 3 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo, com base na imagem Landsat (Brasil, 2007c), método não supervisionado. Observar no canto superior direito a relação das áreas antrópicas e áreas naturais.	20
Figura I. 4 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo, com base na imagem Landsat (Brasil, 2007c), método supervisionado. Observar no canto superior direito a relação das áreas antrópicas e áreas naturais.	21
Figura I. 5 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo, com base na imagem Landsat (Brasil, 2007c), método orientada a objeto. Observar no canto superior direito a relação das áreas antrópicas e áreas naturais.	22
Figura I. 6 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo, com base na imagem Alos (Brasil, 2007c), método supervisionado. Observar no canto superior direito a relação das áreas antrópicas e áreas naturais.	25
Figura II. 1 – Localização da área de estudo: município de Dois Irmãos do Buriti, MS.....	32
Figura II. 2 – Mapa com as unidades geológicas do Município de Dois Irmãos do Buriti (MS, 1989), com dados de área e peso de estabilidade à vulnerabilidade.....	35
Figura II. 3 – Mapa com as unidades morfológicas do Município de Dois Irmãos do Buriti (MS, 1989), com dados de área e peso de estabilidade à vulnerabilidade.	37
Figura II. 4 – Mapa com as unidades de solo do Município de Dois Irmãos do Buriti (MS, 1989), com dados de área e peso de estabilidade a vulnerabilidade.....	39
Figura II. 5 – Mapa com as unidades de uso e ocupação do Município de Dois Irmãos do Buriti, com dados de peso de estabilidade à vulnerabilidade e a legenda Corine.	41
Figura II. 6 – Mapa de Vulnerabilidade/Estabilidade a perda de solo do Município de Dois Irmãos do Buriti. Note as áreas classificadas como Vulnerável destacadas (G1 – G5) e uma grande área de estabilidade ao sul (G6).....	45
Figura II. 7 – Mapa dos fragmentos classificados quando vulnerabilidade ao tamanho de área.....	49
Figura II. 8 – Mapa de Fragmentos classificados quanto a sua forma.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela I. 1 – Legenda CORINE utilizada para as classificações.	17
Tabela I. 2 – Acurácia, Matriz de Confusão e Índice Kappa do método orientado a objeto, imagem Landsat.....	24
Tabela I. 3 – Acurácia, Matriz de Confusão e Índice Kappa do método supervisionado, imagem Landsat.....	24
Tabela I. 4 – Acurácia, Matriz de Confusão e Índice Kappa do método supervisionado, imagem Alos.....	27
Quadro II. 1 – Métricas analisadas com respectivas fórmulas e descrições.....	43

RESUMO

CORRÊA, L. C. (2011). Uso de Geotecnologias e Análise da Paisagem na Gestão Ambiental: Estudo de Caso Dois Irmãos do Buriti, Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2011. 66. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

O estudo compreendeu a descrição e análise de aspectos da paisagem do Município de Dois Irmãos de Buriti, Mato Grosso do Sul, resultando na geração de um banco de dados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Inicialmente foram abordados diferentes métodos de classificação de imagens do satélite Landsat e confirmou-se, com limitações, a possibilidade de adaptação das chaves de classificação de imagens Landsat para as imagens Alos – AVNIR, que embora possuam melhor resolução espacial, perdem em resolução espectral para as imagens Landsat, dificultando a identificação de determinados tipos de cobertura do solo, como as áreas agrícolas, devido a ausência da banda do infravermelho médio. Paralelamente analisou-se a paisagem quanto sua estabilidade, de acordo com um balanço entre a pedogênese/morfogênese e quanto à fragmentação vegetal. Constatou-se assim que o município apresenta cerca de 40% da sua área moderadamente vulnerável, com as áreas de vulnerabilidade aparecendo mais ao norte e centro-oeste e áreas de estabilidade concentradas ao centro-sul. A região possui fragmentos de vegetação pequenos (Moda 0,3 ha), com alto grau de isolamento (Média 190 m) e com índice de forma tendendo ao circular. Os produtos finais gerados, validados em etapa de campo, juntamente com os produtos intermediários, como dados de declividade, hidrografia e malha viária, foram integrados em um banco de dados SIG. Dessa forma pretende-se contribuir com a gestão ambiental da região, possibilitando o monitoramento dos processos erosivos, planejamento do uso e ocupação do solo e recuperação das áreas de preservação.

Palavras-chaves: cobertura do solo, paisagem, SIG, geotecnologias, sensoriamento remoto.

ABSTRACT

CORRÊA, L. C. Geotechnology and Landscape Analysis for Environmental Management: Case Study of Dois Irmãos do Buriti, Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2011. 66. Thesis (Ma) – Graduate Program in Environmental Technology, Federal University of Mato Grosso do Sul.

The landscape description of Dois Irmãos do Buriti city, Mato Grosso do Sul, was the mainly goal of this work. We generated a database in Geographic Information System (GIS). First of all we use different classification approaches on Landsat satellite images. Despite limitations, classification keys of Landsat images fit to Alos images. Alos images have higher spatial resolution than Landsat, but lower spectral resolution. Because of this, delimitation of some areas could be difficult, as agricultural areas. At the same time, we analyzed the landscape in two aspects: vegetal fragmentation and landscape stability, according to pedogenesis/morphogenesis balance. We find about 40% of moderately vulnerable area in city, with vulnerable areas clustered on north and midwest and stable areas mainly on south-center. The city has small fragments (mode = 0.3ha), with high isolation degree (mean = 190m) and circular shape like. The compilation of field information like declivity, hydrograph and roads allow us to make a georeferenced GIS database. This database should contribute to environmental management in the region since that enable the monitoring of erosive process, planning of land use and occupation and restoration of conservation areas.

Keywords: land cover, landscape, GIS, geotechnology, remote sensing.

INTRODUÇÃO GERAL

Este trabalho abordou aspectos da paisagem do Município de Dois Irmãos do Buriti, em Mato Grosso do Sul, com o objetivo de auxiliar a gestão ambiental da região. A demanda surgiu com o projeto Reflorestar Legal que teve por finalidade o monitoramento das atividades de produção de eucaliptos da empresa MMX Metálicos Corumbá Ltda., com fazendas na região de Anastácio e Dois Irmãos de Buriti. A viabilização dos trabalhos efetivou-se por um convênio firmado entre a Organização não Governamental (ONG) Fundação Neotrópica do Brasil, parceira da MMX no projeto, e a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

A gestão ambiental é uma forma de estabelecer diretrizes, planejamento e alocação dos recursos. Sua intenção é obter efeitos positivos sobre a natureza, reduzindo os danos causados pelas ações humanas ou mesmo evitando que esses problemas ocorram. Para este fim é cada vez mais importante a realização de pesquisas que produzam e organizem dados e informações sobre os recursos naturais, fornecendo elementos para o gerenciamento de melhor qualidade.

Com esta motivação a presente dissertação teve o objetivo de criar um banco de dados espacial focado principalmente na análise da paisagem do Município de Dois Irmãos do Buriti, em Mato Grosso do Sul. Os produtos gerados são apresentados na forma de dois artigos completos a serem submetidos em revistas da área e estão organizados em dois capítulos, além de um trabalho de congresso no apêndice.

O primeiro capítulo, sob o título “Avaliação de Tipos de Classificações em Imagens de Média e Alta Resolução Espacial”, tem como foco principal o estudo do uso e ocupação do solo, analisando o emprego de diferentes classificadores (não supervisionado, supervisionado e orientado a objeto) em uma imagem Landsat. Também neste artigo foi objeto de estudo a adaptação para imagens ALOS-AVNIR das chaves de classificação de Paranhos Filho et al. (2003), com aplicabilidade comprovada em diversos trabalhos nas imagens Landsat na região do Cerrado. Com alta resolução espacial estas imagens são relativamente novas no mercado e foram disponibilizadas, na época do projeto, a um preço acessível por via do convênio educacional.

O segundo capítulo, sob o título de “Análise da Paisagem da Região de Dois Irmãos de Buriti, Mato Grosso do Sul”, teve por objetivo analisar os fragmentos vegetais presentes na área e, ainda, avaliar o nível de estabilidade da paisagem na região.

Neste trabalho visualiza-se a paisagem como um ordenado de diferentes elementos e suas dinâmicas, considerando além dos aspectos naturais, também o humano (Martins et al., 2004; Naveh 2000 segundo Martins et al., 2004). Os sistemas específicos que constituem a paisagem, que também podem ser denominados de geossistemas, são produtos resultantes da integração de diversos elementos físicos do meio como clima, recursos hídricos, solos e vegetação, entre outros componentes (Sotchava, 1977).

Na análise dos elementos da paisagem adota-se o conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977), fundamentado no balanço da pedogênese/morfogênese, processos que podem dar origem ao relevo, à formação dos solos ou aos dois processos, de forma contínua. Baseando-se em Crepani et al. (2001) foram estabelecidos valores para esse equilíbrio, assim a paisagem poderia ser analisada quanto à sua estabilidade avaliando, também, quanto a sua estrutura morfológica.

Na integração de todos os elementos presentes optou-se pelo uso das geotecnologias como ferramenta, junto com o sensoriamento remoto e o sistema de informação geográfica (SIG), ferramentas amplamente usadas em análise ambiental. Com o primeiro capítulo focou-se principalmente no uso do sensoriamento remoto como base para obtenção dos dados e informações, utilizando-se as técnicas de processamento digital de imagens (PDI). Para o segundo utilizou-se a combinação de mapas (*overlay mapping*) em ambiente SIG com a inserção de atributos, o que permite melhor visualização dos dados dos vetores (*shape*) em forma de mapa.

Pretende-se que os produtos gerados possam contribuir de forma concreta em Dois Irmãos do Buriti. Este, tendo cerca de 20 anos de formação (MS, 1987), está inserido no bioma Cerrado que é considerado um dos 10 *hotspots* mundiais. Essas áreas possuem alta biodiversidade, porém perderam mais de $\frac{3}{4}$ de sua vegetação natural (CI, 2005). Além disso, espera-se contribuir com a difusão e melhoria das metodologias empregadas, possibilitando a sua aplicação em outras áreas.

Os artigos foram formatados seguindo as normas do periódico Revista de Geociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP) de 2011, disponíveis em seu *site*.

AValiação DE TIPOS DE CLASSIFICADORES EM IMAGENS DE MÉDIA E ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL.

Liliane Candida CORRÊA¹, Antonio Conceição PARANHOS FILHO¹

(1) Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/Campus Campo Grande, s/n. Campo Grande/MS – Brasil.

lillycorrea@gmail.com; antonio.paranhos@pq.cnpq.br

RESUMO – O Cerrado é de grande importância e possui alto grau de biodiversidade, mas vem sofrendo com o processo de degradação. O uso de sensoriamento remoto, associado as geotecnologias, já é uma forma consagrada de avaliação desses processos modificadores, possibilitando o monitoramento da cobertura do solo da região. A missão Landsat foi um dos principais programas de sensoriamento remoto por 37 anos, fornecendo imagens de média resolução espacial com aplicabilidade comprovada no bioma Cerrado. A classificação de imagens permite a identificação e quantificação dos diferentes tipos de coberturas do solo, desta forma aplicou-se a classificação na Landsat em três diferentes métodos. O método não supervisionado apresentou problemas nas classes finais, inviabilizando seu emprego. Já o supervisionado e o orientada a objeto apresentaram resultados satisfatórios, com melhor praticidade para o primeiro. Paralelamente avaliou-se a adaptação das chaves de classificação Landsat, nas áreas de Cerrado, em um sensor alta resolução espacial, porém menor resolução espectral (Alos). O resultado apóia a aplicabilidade das chaves de classificação nas imagens Alos, porém com limitações, especialmente no que se refere à ausência do infravermelho médio. O reflexo pode ser visto na delimitação deficiente das áreas agrícolas.

Palavras-chave: classificação de imagens supervisionada, classificação de imagens não supervisionada, classificação orientada a objeto, Alos, Landsat.

ABSTRACT – *Evaluation of Classification Methods in Mean and High Resolution Spatial Images.* The Cerrado is a biome of great importance with high biodiversity, but is suffering with a degradation process. A established way to evaluate this process is to use remote sensing combined to geotechnologies, creating land use and occupation maps, allowing to monitor the modifying process of the land cover of a region. The Landsat mission was one of the most important programs to remote sensing due to provide mean resolution spatial images for 37 years, with proven applicability on Cerrado Biome. On this paper landscape image was classified in three different approaches. In addition, was evaluated the adaptation of Landsat classification keys in Cerrado areas, with a new sensor with high spatial resolution, but with lower spectral resolution (Alos). The unsupervised method shows some problems on final classes, hampering its application. Nevertheless, object-oriented and supervised methods had suitable results. To this work the better practicality was achieved with supervised method. This approach had better applicability of classification keys on Alos images. However, must be regarded some limitations of supervised approach, particularly with respect to absence of medium infrared on Anvnir-2 sensor of Alos. The reflection may be seen on deficient delimitation of agricultural areas.

Keywords: supervised image classification, unsupervised image classification, object-oriented classification, Alos, Landsat.

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado, que cobre área de aproximadamente 2.000.000 km² no Brasil central (cerca de 23% do território nacional) é um bioma importante não apenas pela área que ocupa, mas também pela riqueza da sua biodiversidade, representando 30% da diversidade brasileira (Matos Filho et al., 2005, Pagotto et al., 2006). Embora venha sofrendo um processo de degradação acentuada sua biodiversidade ainda é alta e continua sendo importante bioma para o país, devendo, por isso, ser objeto de ações que determinem sua manutenção e conservação (Pagotto et al., 2006).

Para melhor avaliação da dinâmica dessa paisagem o sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas (SIG) têm sido amplamente utilizados como ferramenta de análise, pois integram as diversas informações, dados e cartas de naturezas e escalas diferentes e ainda permitem relacionar os mapas criados com atributos gerando, assim, um banco de dados integrado e atualizável (Paranhos Filho et al., 2003).

O uso de imagens obtidas por sensores remotos orbitais para o monitoramento, mapeamento e análise da cobertura da superfície terrestre é algo que se confirma desde a década de 1970, tendo como grande destaque nesse período o programa Landsat, imageando o ambiente terrestre por cerca de 40 anos (Nasa, 2011). Sendo um produto comercial de média resolução, estas imagens foram muito utilizadas em projetos de análise ambiental devido seu custo relativamente baixo e boa resolução temporal. Desde 2008 as imagens Landsat vêm sendo disponibilizadas gratuitamente pelo acervo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (Brasil, 2008).

Surgiu em 2006 o programa no Japão que resultou nas imagens do satélite Alos. Estas imagens possuem alta resolução espacial e estavam sendo disponibilizadas a preço acessível pelo Instituto Brasileiro de Estatística e Geociência (IBGE), devido a um acordo que terminou em 2011.

Como as imagens Alos e Landsat possuem resoluções espectrais diferentes (infravermelhos médio e distante, presentes somente na Landsat), este trabalho teve por finalidade averiguar se as chaves de classificação de Paranhos Filho et al. (2003) para imagens Landsat podem ser adaptadas para a classificação de imagens do satélite Alos, usando como área-piloto a região do Município de Dois Irmãos do Buriti, Mato Grosso do Sul. Dessa forma, estuda-se também a aplicabilidade de uma imagem de alta resolução, que é relativamente nova no mercado e ainda pouca difundida em pesquisas no Brasil, principalmente no bioma Cerrado.

Outro ponto em análise se aplica à acurácia dos diferentes métodos de classificação (supervisionada, não supervisionada e orientada a objeto) empregados nas imagens Landsat.

O foco é comparar o resultado das classificações, considerando-se o tempo de processamento (haja vista que a premissa é que o método não supervisionado tende a um menor tempo de execução) e as observações em campo de 2008.

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto Reflorestar Legal, um programa de reflorestamento de eucalipto da Unidade Florestal da MMX Metálicos Corumbá Ltda. Com início em 2007, tendo por objetivo o fornecimento sustentável de eucalipto para a atividade siderúrgica localizada em Corumbá, MS.

Iniciou-se, então, uma parceria entre a universidade com o terceiro setor para a tomada de ações mais efetivas para a conservação da natureza. Assim começou um trabalho em conjunto com a ONG Fundação Neotrópica do Brasil, com a finalidade de conciliar a produção do eucalipto e a conservação da natureza, uma iniciativa pioneira no Estado de Mato Grosso do Sul.

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o Município de Dois Irmãos do Buriti, em MS, tendo como divisa os Municípios de Sidrolândia e Terenos ao leste, Aquidauana ao norte, Anastácio a oeste e pequena divisa com Maracajú ao sul. Está localizado no retângulo envolvente 647.360/692.348E e 7.772.194/7.672.178N, Zona 21 Sul, pertencente à bacia hidrográfica do Miranda, compondo a Bacia Pantaneira (figura I. 1)

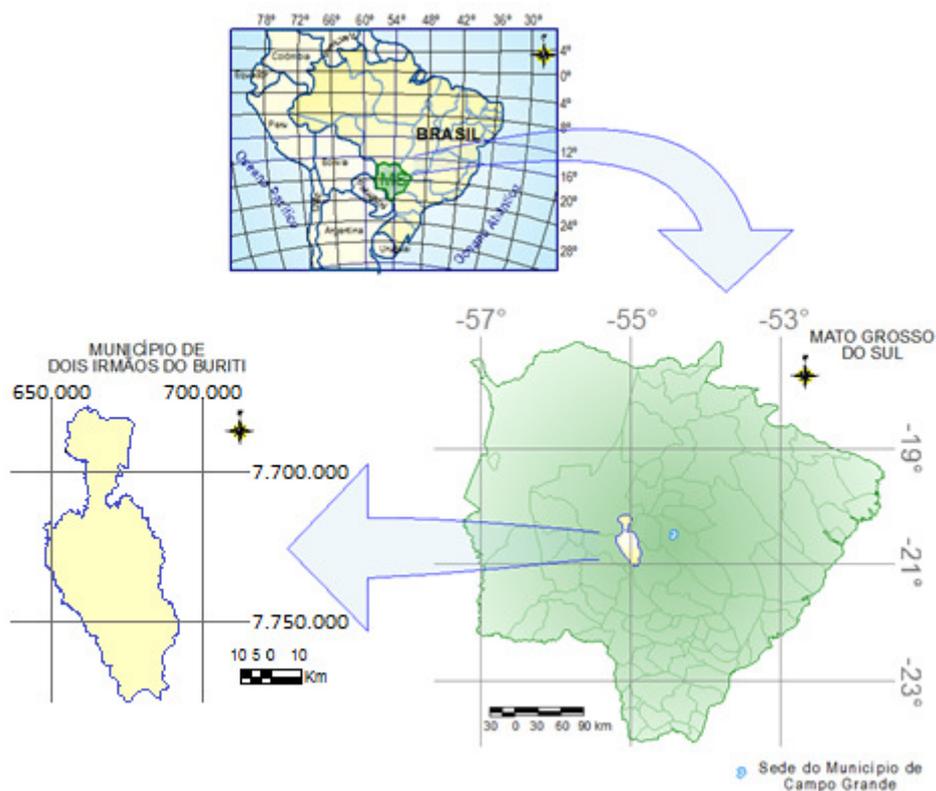


Figura I. 1 – Localização do município de Dois Irmãos do Buriti, MS.

Com uma área de aproximadamente 2.345 Km², é um município essencialmente pecuarista e comercial que teve, principalmente nos últimos seis anos, despertado o interesse de empresas do setor de reflorestamento. Uma destas é a MMX, empresa estabelecida na microrregião de Aquidauana, com o objetivo de suprir a demanda de carvão vegetal.

O limite usado foi obtido no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/) de 2005 na escala 1:500.000. Apesar de haver limite mais recente, de 2007 em 1:1.200.000, optou-se pelo de 2005 devido a sua maior escala (Brasil, 2005).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 PREPARAÇÃO DAS IMAGENS

As imagens utilizadas para as classificações foram duas cenas do satélite Alos, sensor *Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer – Type 2* (AVNIR-2) com quatro bandas espectrais, sendo as três bandas do visível e a do infravermelho próximo, todas com resolução espacial de 10 metros. As cenas de Revolução/Frame 6294/4010 e 6294/4020 são de mesma data, 31/03/2007 (Brasil, 2007a; 2007b).

Também foi selecionada do catálogo do INPE uma imagem Landsat sensor *Thematic Mapper* (TM), possuindo seis bandas espectrais, sendo três bandas do visível e mais três do infravermelho (próximo, médio e distante) com resolução espacial de 30 metros, Órbita/Ponto 225/074 do dia 20/04/2007 (Brasil, 2007c). O intervalo entre as imagens ALOS e Landsat é de 11 dias, e não apresentou alterações fenológicas significativas.

Para o georreferenciamento optou-se como base cartográfica por uma imagem ortorretificada do *Global Land Cover Facility* (GLCF), sendo escolhida do acervo (<http://glcf.umd.edu/index.shtml>) uma Landsat sensor (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) ETM+, Órbita/Ponto 225/074 do dia 08/04/2000 (USGS, 2000). Além das seis bandas espectrais de resolução 30 metros, a Landsat ETM+ também possui uma banda pancromática, com 15 metros, empregada para georreferenciar as imagens de satélite Alos.

Cada banda do satélite Alos originalmente é fornecida no formato CEOS. Sua conversão em GeoTIFF, um formato para trabalhar no *software* SIG escolhido, foi realizada no ASF MapReady 2.1.9 (ASF, 2008), pois conserva sua característica espacial. Esse programa é desenvolvido pelo Grupo ASF – *Alaska Satellite Facility* da Universidade de Fairbanks da Alaska e disponibilizado no site do Centro de Pesquisa de Observação de Terra – EORC da Agência de Exploração Aeroespacial Japonesa – Jaxa (<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/index.htm>).

Posteriormente, no Erdas 9.1 (Erdas, 2006), foi convertida novamente para IMG, extensão proprietária, realizando a união de bandas e iniciando o georreferenciamento.

Para auxiliar o georreferenciamento, feito com base nas imagens do GLCF houve a coleta de pontos de controle em agosto de 2008, na etapa de campo que percorreu toda a extensão da área de estudo.

3.2 CLASSIFICAÇÕES

3.2.1 Assinatura Espectral e Legenda de Cobertura do Solo

O processo de identificar os dados e informações das imagens de satélite reconhecendo e quantificando os diferentes tipos de cobertura do solo é a classificação de imagens, uns dos processos de maior importância no sensoriamento remoto. Dentre alguns parâmetros observados para o reconhecimento dessas coberturas pode-se citar a forma e tamanhos dos objetos, textura, padrão e tonalidade (intensidade de energia eletromagnética refletida pelo objeto).

As chaves de classificação servem de guia para o fotointérprete, descrevendo e ilustrando esses parâmetros da região alvo, podendo ser ajustada para outras imagens de satélite. Nesta pesquisa foram utilizadas as chaves discutidas por Paranhos Filho et al. (2003), que identificam 16 assinaturas distintas. Sua aplicabilidade já foi comprovada em diversos trabalhos na região do Cerrado (Teruya Junior et al., no prelo; Pagotto et al., 2006; Oliveira et al., 2006; Stefanos & Paranhos Filho, 2003). Estas chaves foram validadas para a área de estudo pelo controle de campo, realizado em agosto de 2008.

Como um dos objetivos era a aplicação das chaves de classificação, optou-se por não realizar nenhum tipo de pós-processamento nos produtos das imagens classificadas, para se analisar as áreas identificadas de forma compatível com a realidade de campo e também as áreas em que houve confusão.

Todos os mapas de Uso e Ocupação do Solo foram confeccionados utilizando a legenda de cobertura do solo do Projeto Corine (Heymann et al., 1994; CORINE, 1992; Paranhos Filho et al., 2003) que também foi base para a confecção do material do IBGE sobre legenda de uso e ocupação do solo (Brasil, 2006). À exceção da classe de Áreas Úmidas (4.1.1) e Queimadas/Incêndio Florestal (3.3.4), que não são comuns a todas as classificações, foram identificadas as seguintes chaves de cobertura (tabela I): 1: 2.1.1 – Áreas aráveis; 2.3.1 – Pastagens; 3.1.1 – Fisionomias florestais (mata e cerradão); 3.2.2 – Cerrado; 5.1.1 – Cursos de água; e 5.1.2 – Corpos de água.

Tabela I. 1 – Legenda CORINE utilizada para as classificações.

Nível I	Nível II	Nível III
2. Áreas agrícolas	2.1 Terra arada	2.1.1 Áreas aráveis (culturas sazonais)
	2.3 Pastos	2.3.1 Pastagens
3. Áreas com Vegetação Natural e Seminaturais	3.1 Formações Florestais	3.1.1 Classe constituída por mata e cerradão, fisionomias florestais
	3.2 Formações savânicas e/ou campestres	3.2.2 Cerrado
	3.3 Espaços abertos com pouca ou nenhuma vegetação	3.3.4 Áreas queimadas
4. Zonas úmidas	4.1 Zonas úmidas continentais	4.1.1 Áreas úmidas
5. Corpos aquosos	5.1 Águas continentais	5.1.1 Cursos de água
		5.1.2 Corpos de água

3.2.2 Classificação Multiespectral – Landsat

Este tipo de classificação utiliza o valor do *pixel*, ou *digital number* (DN), baseando-se assim na resposta espectral da imagem. O sistema, de acordo com critérios previamente definidos pelo usuário, classifica todos os pixels da imagem em um determinado número de classes. Os parâmetros informados para o sistema definem a classificação a duas vertentes: supervisionada e não supervisionada. A imagem Landsat foi classificada em ambos os métodos e as imagens do satélite Alos no automático supervisionado.

Tanto para as imagens Alos quanto para as imagens Landsat utilizou-se no processo de classificação todas as bandas multiespectrais presentes, sendo que para Alos são quatro e para Landsat são seis bandas.

3.2.2.1 Classificação Automática Não Supervisionada

A classificação automática não supervisionada foi o primeiro método aplicado. Neste caso o usuário utiliza o algoritmo definido pelo sistema e determina o número de classes que serão geradas automaticamente. A partir de então o sistema classifica toda a imagem, necessitando posteriormente que o usuário reconheça e nomeie as classes criadas pelo algoritmo escolhido (Schrader & Pouncey, 1997).

Para esclarecimento a respeito dos termos aplicados nesse trabalho é necessário explicar que “classe” pode ter duas acepções. A primeira diz respeito às classes de uso e ocupação do solo, objetivo final da classificação, cuja legenda utilizada para nomeá-las é a do Projeto CORINE (Heymann et al., 1994; CORINE, 1992; Paranhos Filho et al., 2003). A segunda diz respeito a uma etapa específica do método de classificação não supervisionado, na qual o usuário seleciona previamente a quantidade de classes que deve ser separada na imagem pelo

algoritmo do aplicativo. Apesar de não haver nomenclatura diferente na literatura, para fins de separação, as classes definidas pelo sistema serão nomeadas de classes-do-sistema.

Nas imagens Landsat foi utilizado o algoritmo *Iterative Self-Organizing Data Analysis* (ISODATA), presente no Erdas 9.1, que usa a distância espectral como um método sequencial, classificando os *pixels* iterativamente (Erdas, 2006). Redefinindo os critérios para todas as classes-do-sistema e repetindo o processo, surge gradualmente nos dados o padrão da distância espectral. O ISODATA é iterativo, pois repetidamente executa uma classificação completa e recalcula a estatística.

Iniciaram-se os testes de classificação não supervisionada com seis classes-do-sistema, seis iterações e 95% de limiar de convergência, para que o sistema não ficasse em *looping* infinito. Ao final de cada teste, verificava-se a correspondência entre as classes-do-sistema, geradas automaticamente, com as classes uso e ocupação do solo, confirmadas pela realidade de campo.

Valores menores que 25 geraram resultados confusos espectralmente. Em uma mesma classes-do-sistema encontraram-se feições cujo padrão de uso e ocupação é distinto, a citar como exemplo, cerrado, áreas agrícolas e pastagens. Porém isso não significa que um número maior de classes-do-sistema estabelecidas levou a resultados mais acurados. A partir de valores maiores que 35 houve um retrocesso, em ambas as imagens. Após várias tentativas a configuração que melhor gerou resultado foi a que definira 35 classes-do-sistema, 15 iterações e 99% de limiar de convergência.

3.2.2.2 Classificação Automática Supervisionada

Nesse método, de modo diferente da classificação não supervisionada, não basta apenas definir para o sistema quantas classes devem ser geradas, porém é preciso que o usuário forneça exemplos de cada classe que deseja por meio das assinaturas espectrais ou chaves de classificação. Esses critérios, no caso, são as chamadas “áreas de treinamento”, onde o sistema obtém amostras padrões que foram reconhecidos.

Essas classificações foram geradas no programa Erdas 9.1 (Erdas, 2006), usando o algoritmo *Maximum Likelihood*, que classifica o DN de acordo com sua máxima semelhança a cada classe criada durante o procedimento.

3.2.3 Classificação Orientada a Objeto – Landsat

Esta classificação, diferente dos métodos anteriores, não considera apenas a resposta espectral do pixel, mas também o arranjo espacial entre os elementos da imagem, ou seja,

procura semelhanças estatísticas, agrupando estes conjuntos. Esta forma de agrupamento é a segmentação (Paranhos Filho et al., 2008).

Para este método específico foi necessário trabalhar em outro programa SIG, o Ecogniton 2.0 (Definiens, 2001), sendo o primeiro passo a segmentação da imagem. Definiu-se, para este estudo, o parâmetro de escala no valor de 25 utilizando o método de tentativa e erro. Este valor está diretamente ligado a quantidade de polígonos que serão gerados. Na relação entre forma e resposta espectral foram atribuídos 10% para o primeiro e 90% para o último.

O aplicativo Ecogniton permite atribuir classes a esses polígonos manualmente, por funções que podem ser de grande complexidade ou através de exemplos. Este último foi o método utilizado neste trabalho por ser semelhante à tradicional classificação automática supervisionada, executada no Erdas (2006). Sendo assim foi utilizado o mesmo conjunto de assinaturas adaptadas de Paranhos Filho et al. (2003) do item “3.2.2.1” anterior.

3.2.4 Classificação – Alos

As imagens Alos possuem resolução espectral próxima a das imagens Landsat quando considerados as quatro primeiras bandas: azul, verde, vermelho (as três compõe o espectro visível) e o infravermelho próximo. A figura I. 2 compara o comprimento de onda das 4 primeiras bandas - comum nos sensores AVNIR-2 e TM – e do infravermelho médio, presente apenas no sensor TM.

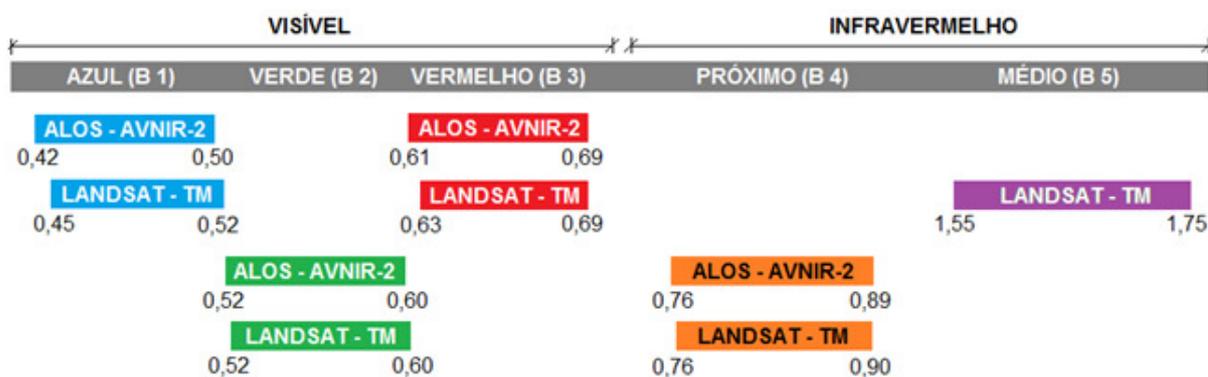


Figura I. 2 – Comparação entre as quatro primeiras bandas espectrais da imagem Alos com as cinco primeiras bandas Landsat.

As imagens Alos foram classificadas no modo automático supervisionado, o método que apresentou melhores resultados com a imagem de satélite Landsat. Para tal, foram empregadas as mesmas chaves de classificação de Paranhos Filho et al. (2003).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 LANDSAT

4.1.1 Método Não Supervisionado

Como resultado preliminar foram agrupadas as classes de cobertura do solo finais em somente duas: áreas naturais (mata, cerrado, corpos d'água, áreas úmidas e áreas renaturalizadas) e áreas antrópicas (pastagens, áreas agrícolas e queimadas/incêndio florestal), que na classificação da imagem Landsat, no método não supervisionado apresentado na figura I. 3 resultaram, respectivamente, em 30,2% e 69,8%.

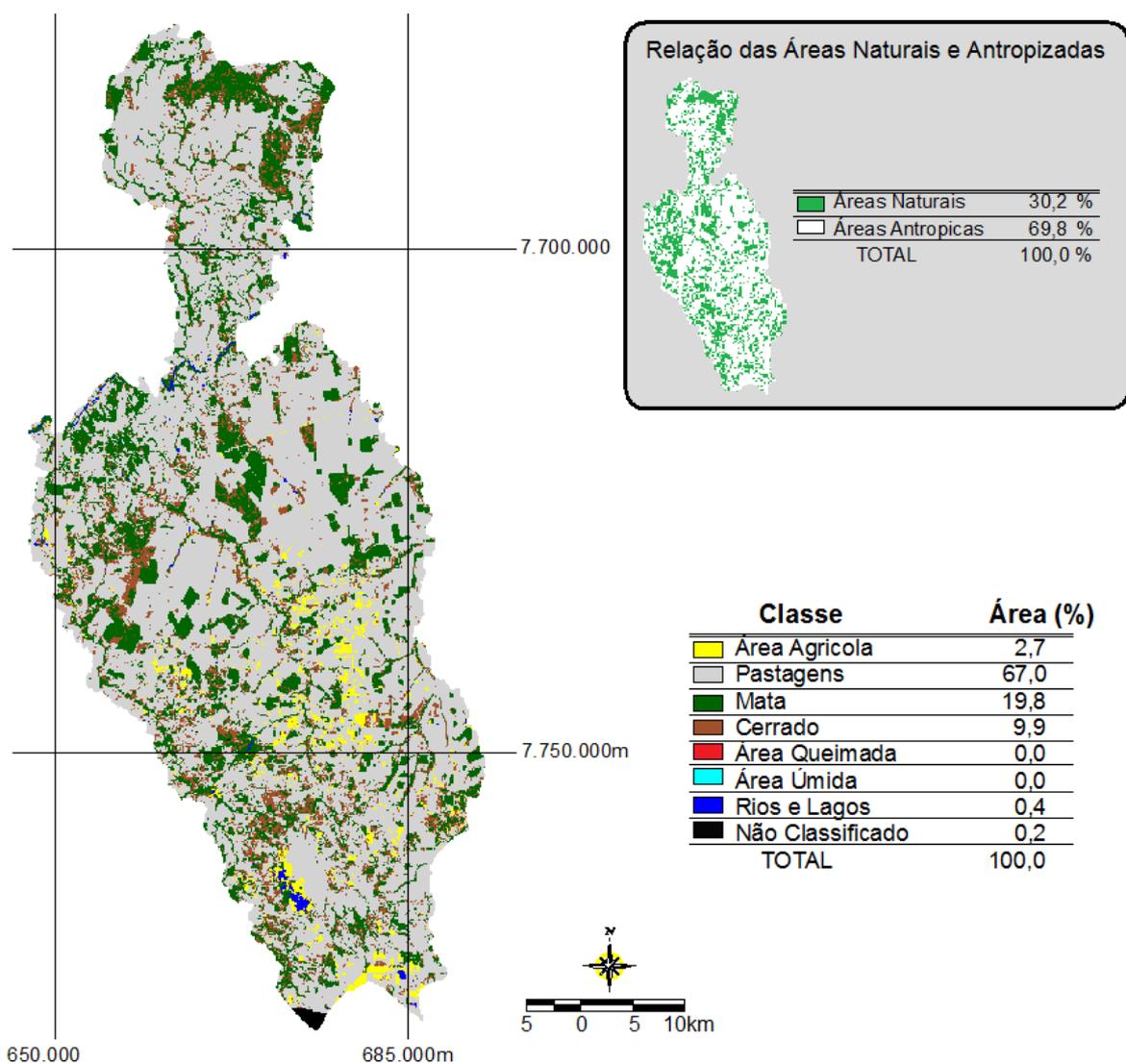


Figura I. 3 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo, com base na imagem Landsat (Brasil, 2007c), método não supervisionado. Observar no canto superior direito a relação das áreas antrópicas e áreas naturais.

Observa-se o predomínio de Pastagens (classe 231), perfazendo 67% da área de estudo. Áreas de Mata e cerradão (classe 311) e Cerrado (classe 322) somaram aproximadamente 30% do total, seguido por Áreas Agrícolas (classe 211), com cerca de 3%, e, por último,

Corpos aquosos (classes 511/512) com 0,4%. Mesmo com um número grande de classes estipuladas não houve neste método de identificação satisfatório para as Áreas úmidas (classe 411) sem interferência.

4.1.2 Método Supervisionado

Analisando o Mapa de Uso e Cobertura do Solo (figura I. 4) observa-se que, na classificação da imagem Landsat no método supervisionado, foi obtido 30,4% para áreas naturais e 69,6% para áreas antrópicas.

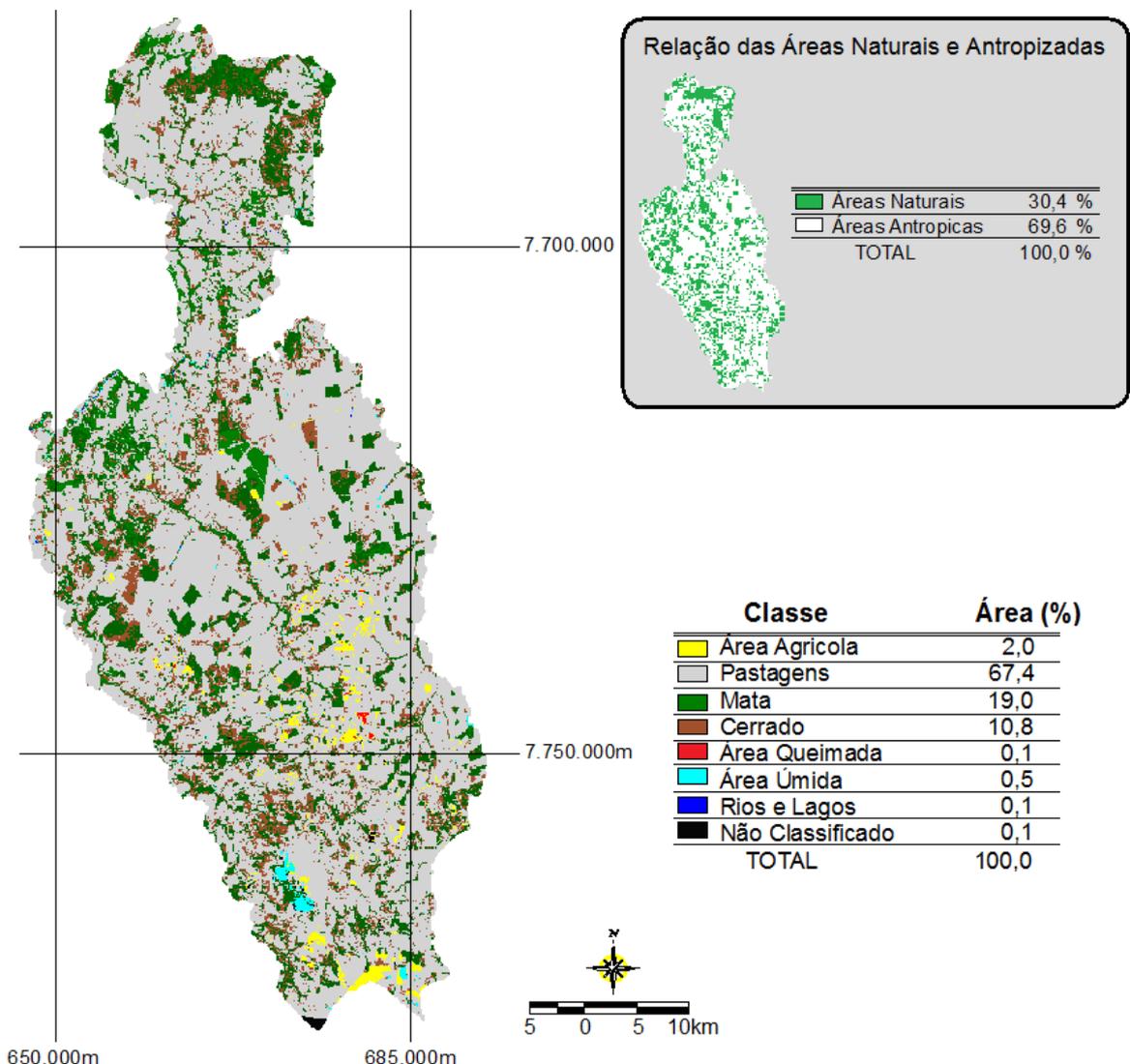


Figura I. 4 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo, com base na imagem Landsat (Brasil, 2007c), método supervisionado. Observar no canto superior direito a relação das áreas antrópicas e áreas naturais.

A classificação supervisionada também apresentou o predomínio de Pastagens (classe 231) com aproximadamente 67% da área total de estudo. A soma de áreas de Mata e cerrado (classe 311) e Cerrado (classe 322) ficou por volta de 30% e para as Áreas agrícolas (classe 211) e para os Corpos aquosos (classes 511/512) resultaram em 2% e 0,1%, respectivamente.

Foram identificadas com este método, tanto Áreas úmidas (classe 411), correspondendo a 0,5% da área total, como Incêndios/Queimadas (classe 334), resultando em 0,1% do total.

4.1.3 Método Orientado a Objeto

Para a classificação da imagem Landsat no método orientado a objeto, as áreas naturais apresentaram 24,5% da área total e as áreas antrópicas 75,5%, conforme figura I. 5.

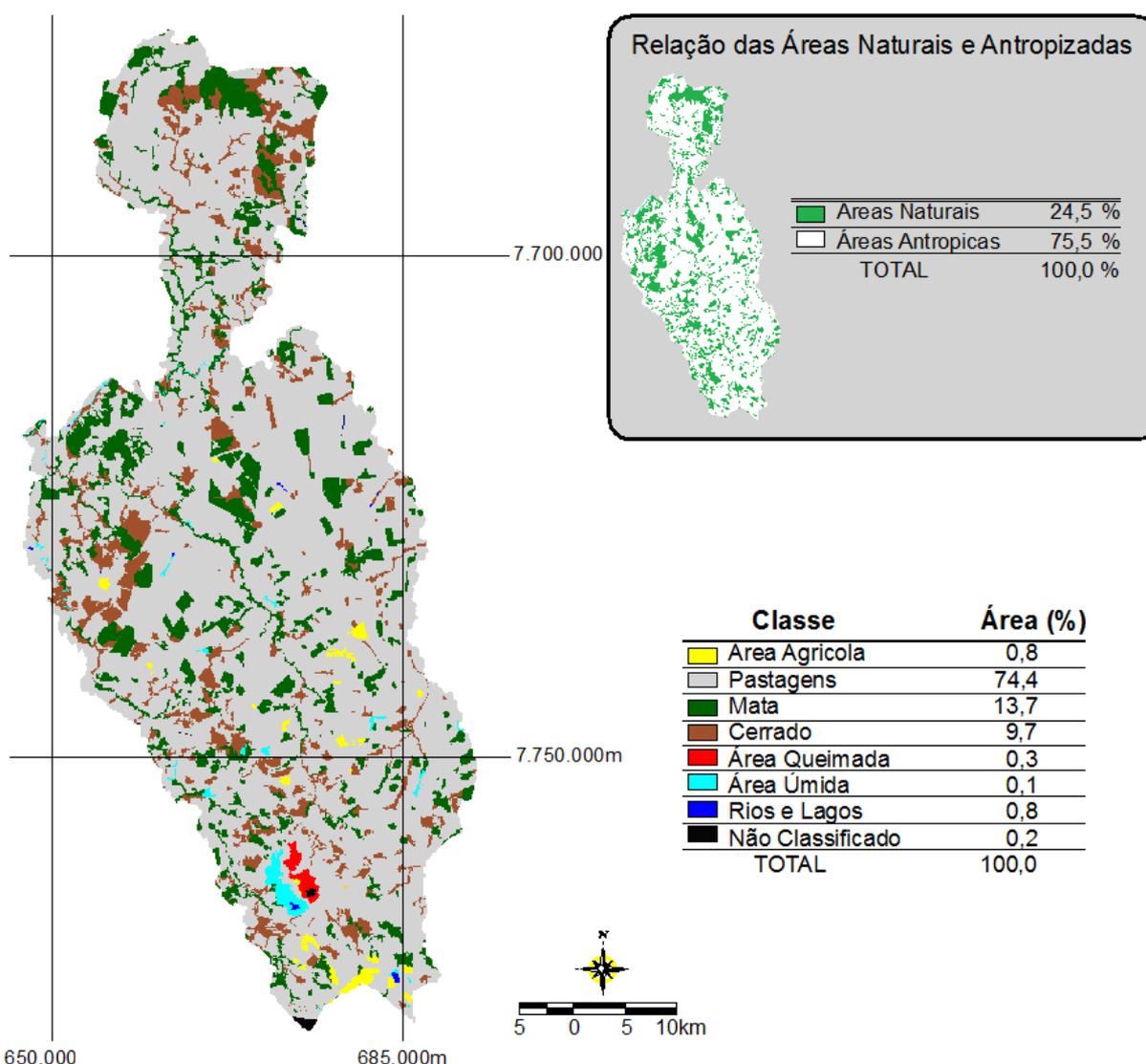


Figura I. 5 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo, com base na imagem Landsat (Brasil, 2007c), método orientado a objeto. Observar no canto superior direito a relação das áreas antrópicas e áreas naturais.

Os dados mostram o domínio de Pastagens (classe 231), com cerca de 74% da área seguidos da soma das áreas de Mata e cerrado (classe 311) e Cerrado (classe 322) aproximadamente 23% do total. As Áreas agrícolas (classe 211) apresentaram área de 0,8%, e Corpos aquosos (classe 511/512) de 0,8%. Também foi identificado para este método, tanto Áreas úmidas (classe 411), correspondendo a 0,1% da área total, como Incêndios/Queimadas (classe 334), resultando em 0,3% do total.

4.2 ANÁLISE DOS MÉTODOS

De todos os métodos empregados, o que potencialmente teria o menor tempo de execução era a classificação não supervisionada, considerando a metodologia aplicada. No entanto foram tantos os testes necessários para encontrar o menor número de confusões e tamanha a dificuldade em identificar exatamente as feições presentes em todas as classes-do-sistema, geradas automaticamente, que no final não houve a agilidade esperada.

Entende-se neste trabalho que a confusão gerada - unindo sob uma mesma classe áreas de agricultura, áreas úmidas e queimadas – inviabilizou o uso dessas classificações. Devido a isto, não se estimou a acurácia para o produto do método não supervisionado.

A classificação orientada a objeto apresentou-se com maior praticidade e conformidade em relação a não supervisionada. A opção por classificar os polígonos gerados por meio de exemplos fornecidos ao sistema facilita a classificação, não havendo necessidade de utilizar filtros para eliminar pixels “soltos” (utilizando como parâmetro a área mínima mapeável).

Também é interessante o fato deste classificador poder analisar a variável forma dos objetos, sendo característica importante principalmente se o objeto de investigação for feições com padrão de forma características, como certas atividades de reflorestamento ou de cultivo, pivôs de irrigação ou até mesmo áreas de preservação permanente (APP).

Uma ressalva é feita com relação apenas a segmentação da imagem, já que mesmo com fator de escala baixo certas feições na imagem não foram delineadas. Quando a escala desejada dos mapas finais permitirem a desconsideração destes objetos, não haverá prejuízo para o trabalho. Caso contrário, baixar a escala de segmentação pode ser a alternativa, mas ocasionaria um número maior de polígonos, demandando assim maior tempo e recursos de máquina para o processamento, sobretudo se a área de interesse for extensa.

Para validar a classificação, além de utilizarem-se os pontos obtidos em campo, aplicou-se um teste de acurácia nos produtos, sendo o algoritmo do programa Erdas (2006), obtendo-se um valor de acurácia, a matriz de confusão e o índice Kappa.

A acurácia, a matriz de confusão e o índice Kappa da classificação Landsat método orientado a objeto são apresentados na tabela I. 2. A acurácia total e o índice Kappa indicam forte concordância entre os dados de referência e os dados classificados, ou seja, valores maiores do que 80% para a acurácia total e aproximadamente 0,8 para o índice Kappa (Lunetta & Lyon, 2004). Assim, a partir destas estatísticas de acurácia é possível confirmar que a classificação gerada é adequada.

Tabela I. 2 – Acurácia, Matriz de Confusão e Índice Kappa do método orientado a objeto, imagem Landsat.

Dados da classificação	Dados de referência								Acurácia do usuário
	A	B	C	D	E	F	G	Total	
Áreas Agrícolas (A)	51	0	0	0	0	0	0	51	100%
Pastagens (B)	1	142	2	7	0	2	0	154	92,21%
Matas e Cerradão (C)	0	3	73	2	0	2	0	80	91,25%
Cerrado (D)	0	1	0	60	0	3	0	64	93,75%
Queimadas (E)	0	49	0	0	1	0	0	50	2,00%
Áreas Úmidas (F)	0	0	0	0	0	50	0	50	100%
Corpos Aquosos (G)	3	3	2	2	0	3	38	51	74,51
Total	55	198	77	71	1	60	38	500	
Acurácia do produtor (%)	92,7	71,7	94,8	84,5	100%	83,3	100		

Acurácia total da classificação = 83,00%

Kappa estatístico = 0,7886

Já as classificações supervisionadas apresentaram resultados mais expressivos neste trabalho, sem as confusões da classificação não supervisionada e com um tempo menor de execução em comparação a orientada a objeto. Entre as supervisionadas Alos e Landsat, esta última foi mais representativa do que a primeira. Todas estas constatações são apoiadas nas informações e observações colhidas no controle de campo.

A acurácia, a matriz de confusão e o índice Kappa da classificação Landsat supervisionada estão presentes na tabela I. 3, utilizando o mesmo algoritmo do Erdas (2006).

Tabela I. 3 – Acurácia, Matriz de Confusão e Índice Kappa do método supervisionado, imagem Landsat.

Dados da classificação	Dados de referência									Acurácia do usuário
	A	B	C	D	E	F	G	H	Total	
Áreas Agrícolas (A)	47	7	0	0	0	0	0	0	54	87,04%
Pastagens (B)	0	167	0	7	0	5	0	0	179	93,30%
Matas e Cerradão (C)	0	4	84	0	0	2	0	0	90	93,33%
Cerrado (D)	0	8	0	66	0	1	0	0	75	88,00%
Queimadas (E)	27	3	0	1	12	7	0	0	50	24,00%
Áreas Úmidas (F)	1	0	0	0	0	51	0	0	52	98,08%
Corpos de Água (G)	0	0	0	1	0	0	49	0	50	98,00%
Corpos de Água (H)	0	3	0	4	0	1	0	42	50	84,00%
Total	75	192	84	79	12	67	49	42	600	
Acurácia do produtor (%)	62,7	90,0	100	83,5	100	76,1	100	100		

Acurácia total da classificação = 86,33%

Kappa estatístico = 0,8357

A acurácia total e o índice Kappa indicam forte concordância entre os dados de referência e os dados classificados, ou seja, valores maiores do que 0,8 ou 80% (Lunetta & Lyon, 2004).

A partir destas estatísticas de acurácia é possível confirmar que a classificação gerada é adequada.

4.3 ALOS

4.3.1 Método Supervisionado

O mapa de Uso e Ocupação do Solo gerado a partir da fotointerpretação das imagens Alos, com base nas chaves de interpretação adaptadas de Paranhos Filho et al. (2003) pode ser visualizado na figura I. 6. A soma das áreas naturais representam 32,8% da área, enquanto as áreas antrópicas somam 67,2%.

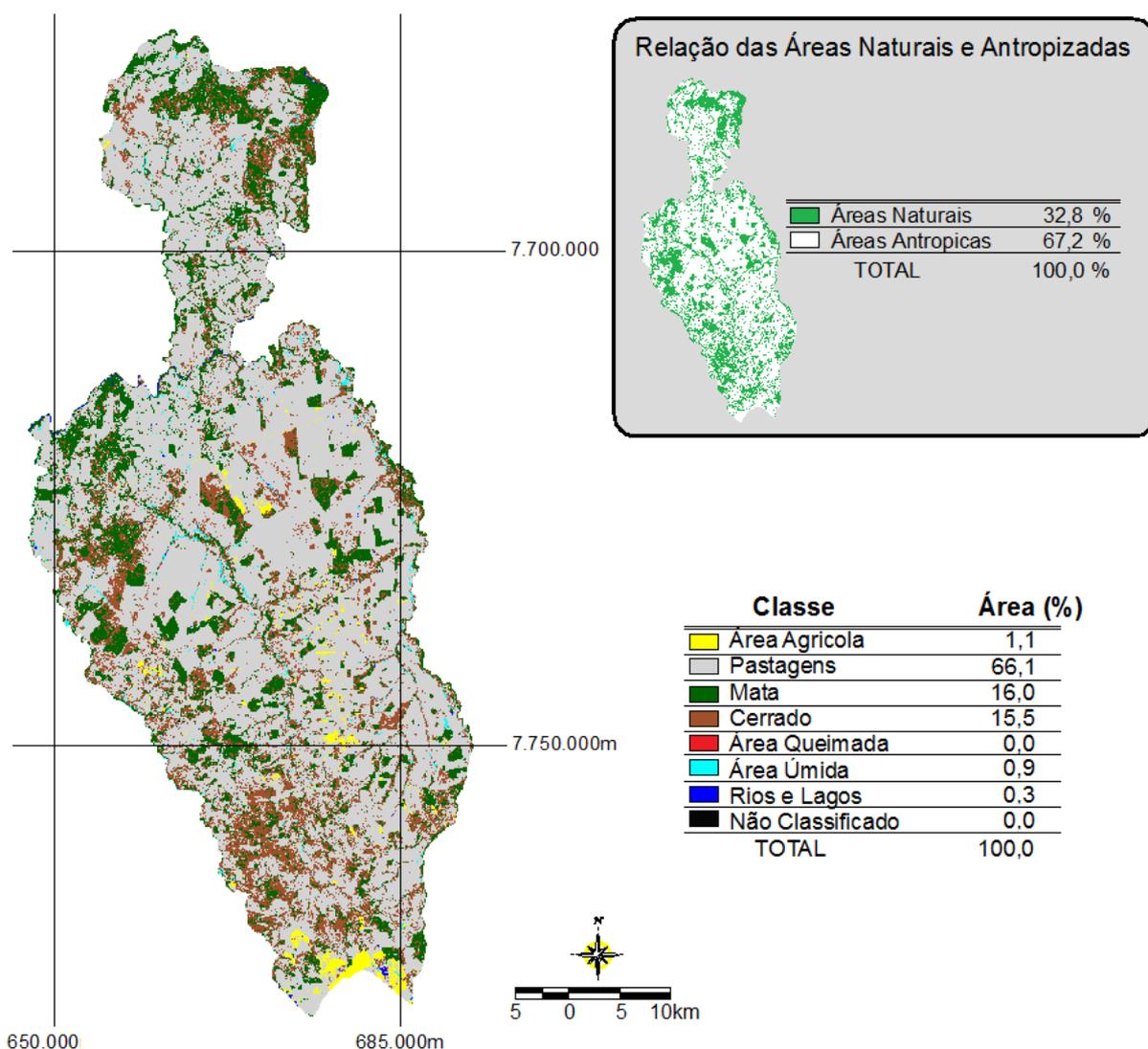


Figura I. 6 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo, com base na imagem Alos (Brasil, 2007c), método supervisionado. Observar no canto superior direito a relação das áreas antrópicas e áreas naturais.

Analisando os gráficos verifica-se o predomínio de Pastagens (classe 231) com 66% da área total de estudo. Áreas de Matas e cerradão (classe 311) com Cerrado (classe 322)

perfazem a soma de 32%. Finalizando, tem-se 1,1% para Áreas agrícolas (classe 211), 0,9% para Áreas úmidas (classe 411) e 0,3% para Corpos aquosos (classe 511/512).

Comparando o resultado da classificação supervisionada Alos com a Landsat, também no método automático supervisionado, pode-se perceber uma pequena diferença de área, em porcentagem, nas Pastagens (1,3%) e nas Áreas agrícolas (0,9%). Já a diferença entre a classe de cobertura de Cerrado foi maior, cerca de 5% maior na Alos em comparação a Landsat. Entretanto, nas áreas de Matas e cerradão o balanço foi invertido, sendo 4% menor na Alos.

É possível observar também, ainda na comparação dos resultados Alos com Landsat, maior quantidade de área úmida na primeira. Além da diferença da resolução espectral entre as imagens, contribuiu também para sua ocorrência a presença de sombras causadas por nuvens localizadas na área de estudo. Como a ocorrência destas sombras foi pequena (menos de 1% da área) e também pelo objetivo de comparar os métodos, não houve a reclassificação manual dessas áreas.

Se existe uma desvantagem ocasionada pela resolução espectral das imagens Alos com relação às Landsat, há, no entanto, vantagem quanto à resolução espacial daquela com relação a esta. Quando o objetivo for o levantamento de APP haverá maior contribuição das imagens Alos, uma vez que a ausência do infravermelho médio não interfere decisivamente na fotointerpretação de matas e cerrado. Ainda, uma maior resolução espacial proporciona um traçado mais acurado dos cursos d'água, possibilitando maiores escalas para os mapas finais.

Pode-se conceber também a fusão com a banda pancromática Alos, aumentando a resolução espacial das bandas multiespectrais para 2,5 metros, delimitando ainda mais a forma dos fragmentos de APP que poderiam ser analisados por meio de uma classificação orientada a objeto.

A acurácia, a matriz de confusão e o índice Kappa, usando o algoritmo do Erdas (2006), deste método são apresentados na tabela I. 4.

Tabela I. 4 – Acurácia, Matriz de Confusão e Índice Kappa do método supervisionado, imagem Alos.

Dados da Classificação	Dados de referência						Total	Acurácia do usuário
	A	B	C	D	E	F		
Áreas Agrícolas (A)	29	21	0	0	0	0	50	58,00%
Pastagens (B)	0	87	6	1	1	0	95	91,58%
Matas e Cerradão (C)	0	0	66	0	0	0	66	100,00%
Cerrado (D)	0	0	11	45	1	1	58	77,59%
Áreas Úmidas (E)	0	7	3	6	30	5	51	58,82%
Corpos Aquosos (F)	0	3	3	4	1	39	50	78,00%
Total	29	118	89	56	33	45	370	
Acurácia do produtor (%)	100,0	74,4	74,2	80,4	90,9	86,8		

Acurácia total da classificação = 80,00%
Kappa estatístico = 0,754

A acurácia total e o índice Kappa indicam forte concordância entre os dados de referência e os dados classificados, ou seja, valores de 80% para a acurácia total e 0,75 para o índice Kappa. A partir destas estatísticas de acurácia é possível confirmar que a classificação gerada pode ser utilizada, com as devidas ressalvas que a diferença da resolução espectral impõe em comparação a classificação Landsat.

5. CONCLUSÕES

A interação entre o homem e o ambiente pode ser vista como arranjo espacial de diferentes componentes que constitui a paisagem e suas dinâmicas. A compreensão da relação entre os fatores físicos, antrópicos e da cobertura em uma paisagem é determinante no planejamento de modo sustentável. Ou seja, a identificação, o mapeamento e a quantificação da ocupação do solo de uma determinada região fornecem elementos para planejamentos urbanos e ambientais adequados e o uso equilibrado dos recursos naturais.

Com o intuito de corroborar para tal fim, este estudo comparou imagens Alos e Landsat na geração de cartas de Uso e Ocupação do Solo na região de Dois Irmãos do Buriti, MS. Embora existam diferenças entre a resolução espectral dos satélites utilizados, especialmente com relação à presença dos infravermelhos médio e distante nas Landsat, pôde-se adaptar satisfatoriamente estas chaves para as imagens Alos, com algumas limitações.

Tais limitações serão muito sentidas em regiões com altas quantidades de áreas agrícolas, que poderão ser erroneamente interpretadas como pastagens em determinados locais. Porém, a junção destas áreas, formando uma classe mais abrangente, denominada agropecuária, é o exemplo de uma adaptação possível. No entanto, quando o foco de investigação do trabalho

for mapear áreas agrícolas separadamente, o sensor AVNIR-2 do satélite Alos é pouco indicado.

Com relação a todos os métodos de classificação empregados na imagem Landsat, os resultados obtidos não descaracterizaram a região, ou seja, houve maior parcela para áreas antrópicas, com destaque para as pastagens, corroborando o histórico do município em questão. Porém, os resultados foram mais expressivos com os métodos supervisionado e orientado a objeto, em ordem de melhor acurácia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) pela bolsa de Mestrado. Os autores também agradecem à Fundação Neotrópica do Brasil e à MMX Metálicos– Unidade Florestal, pelos dados disponibilizados e apoio financeiro a pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASF. Software ASF Map Ready, Remote Sensing Toolkit ver. 2.1.9 (8468). Fairbanks/AK: University of Alaska Fairbanks, Alaska Satellite Facility. 2008.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. *Notícias: Estados Unidos adotam política de dados abertos para Landsat*, data 23/abril/08. Disponível em http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=1411. Último acesso em 01/06/2011. 2008.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. ALOS. Imagem de Satélite Revolução/Frame 06294/4010, sensor AVNIR-2, bandas 1, 2, 3 e 4, data 31 de março de 2007. Rio de Janeiro/RJ: IBGE. 2007a.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. ALOS. Imagem de Satélite Revolução/Frame 06294/4020, sensor AVNIR-2, bandas 1, 2, 3 e 4, data 31 de março de 2007. Rio de Janeiro/RJ: IBGE. 2007b.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Imagem de Satélite Órbita/Ponto 225/074, sensor TM, bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, Data 20 de abril de 2007. São José dos Campos/SP: INPE. 2007c.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. *Manuais Técnicos em Geociências n.7 - Manual Técnico de Uso da Terra*. (2). Rio de Janeiro/RJ: IBGE. 2006. p 91.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Malha Municipal Digital - shape, 1:500.000. Contagem 2005. Rio de Janeiro/RJ: IBGE. 2005.

CORINE. *CORINE Land Cover (Coordination of Information on the Environment)*. Bruxelas: Comm of European Communities. 1992. p 192.

- DEFINIENS. Software Ecognition versão 2.0, Object Oriented Image Analysis. München/Austrália: Definiens Imaging GmbH. 2001.
- ERDAS. Imagine. Software versão 9.1. Norcross, GA, USA: Leica Geosystems Geospatial Imaging. 2006.
- HEYMANN, Y., STEENMANS, C., & BOSSARD, M. *CORINE Land Cover Project - Technical Guide*. Brussels/Luxembourg. 1994. p 136.
- LUNETTA, R.S., LYON, G.J. (Editors), *Remote Sensing and GIS Accuracy Assessment (Mapping Science)*. (1) CRC Press. 2004. p 304.
- MATOS FILHO, H., PARANHOS FILHO, A., CARRIJO, M., TORRES, T., LASTORIA, G., GAMARRA, R., et al. Carta de combustível no bioma cerrado, utilizando imagens do satélite CBERS-2. In: Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. *Resumo Expandido...* 2005. pp. 1019-1026.
- NASA. National Aeronautics and Space Administration. *The Landsat Program*, data June 9 2011. Disponível em <http://landsat.gsfc.nasa.gov/>. Último acesso 10/junho/2011. 2011.
- OLIVEIRA, J. M., PARANHOS FILHO, A. C., CARRIJO, M. G. & TORRES, T. G. Representação da Análise Ambiental de Área Ocupada por População Tradicional Quilombola (MS), Utilizando SIG e Sensoriamento Remoto. *OLAM – Ciência & Tecnologia*, 6, 2006. pp 219-252.
- PAGOTTO, T., CAMILOTTI, D., LONGO, J., & SOUZA, P. Introdução, Bioma Cerrado e Área Estudada. In: T. PAGOTTO, D. CAMILOTTI, J. LONGO, & P. SOUZA (Coordenadores), *Biodiversidade do Complexo Aporé-Sucuriú: Subsídios à Conservação e ao Manejo do Cerrado - Área Prioritária 316-Jauru Campo Grande/MS: UFMS*. 2006. p 308.
- PARANHOS FILHO, A. C., LASTORIA, G., & TORRES, T. G. (Coordenadores). *Sensoriamento Remoto Ambiental Aplicado: Introdução Às Geotecnologias*, Campo Grande, MS: UFMS. 2008. p 198.
- PARANHOS FILHO, A. C., FIORI, A. P., DISPERATI, L., LUCCHESI, C., CIALI, A., & LASTORIA, G. Avaliação Multitemporal das Perdas de Solos na Bacia do Rio Taquarizinho-MS. *Boletim Paranaense de Geociências* (52), 2003. p 49-59.
- SCHRADER, S., & POUNCEY, R. *Erdas Field Guide*. (4), Atlanta: Erdas Inc. 1997. p 656.
- STEFANES, M., & PARANHOS FILHO, A. C. Contribuição ao Uso do Sensor CCD/CBERS-2 para a Caracterização da Cobertura do Solo: um Estudo de Caso no Cerrado. *REA - Revista de Estudos Ambientais (online)*. , 11 (2), 2003. pp 71-87.
- TERUYA JUNIOR, H., LASTORIA, G., & PARANHOS FILHO, A. C.. Vulnerabilidade Natural e Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Geociências*. (no prelo)
- USGS – U.S. Geological Survey. GLS2000. Imagem de Satélite Órbita/Ponto 225/074, sensor ETM+, bandas 1, 2, 3, 4, 5, 7 e 8 (pancromática), data 08 de abril de 2000. 2000.

USO DE GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DA ESTABILIDADE MORFOLÓGICA E FRAGMENTAÇÃO.

Liliane Candida CORRÊA¹, Antonio Conceição PARANHOS FILHO¹

(1) Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul/Campus Campo Grande, s/n. Campo Grande/MS – Brasil.

lillycorrea@gmail.com; antonio.paranhos@pq.cnpq.br

RESUMO – As atividades antrópicas fragmentam o ambiente natural, transformando os remanescentes mais susceptíveis às influências da matriz onde estão inseridos. A análise da paisagem e as geotecnologias vêm como forma de estudar os elementos que compõem a paisagem e a sua dinâmica. Esta pesquisa propôs a análise de Dois Irmãos do Buriti, inserido no bioma Cerrado, quanto a sua estabilidade morfológica, utilizando dados de geomorfologia, geologia, solos e uso e ocupação do solo. Posteriormente, aplicaram-se métricas para avaliar a fragmentação, quanto ao tamanho, classes e grau de isolamento dos fragmentos. Após análise observou que a região é cerca de 80% medianamente estável a moderadamente vulnerável, com áreas vulneráveis localizadas no extremo norte, centro-oeste e costa leste, compostas por solos jovens e rochas sedimentares. Ao sul, temos uma região de estabilidade propícia ao desenvolvimento de atividades econômicas por apresentar classes medianamente estável/vulnerável até a estável. Quanto à fragmentação, a paisagem possui fragmentos pequenos (Moda 0,3 ha e Média 5,5 ha) com alto grau de isolamento (Média 190 m), porém com índice de forma tendendo ao circular. Por fim, a geotecnologias serviram ao propósito esperado facilitando a visualização e demonstração dos resultados, gerando um banco de dados georreferenciado aplicável.

Palavras-chave: geossistema, vulnerabilidade, fragmentação, métricas de paisagem.

ABSTRACT – *Landscape Analyses of Dois Irmãos do Buriti region, Mato Grosso do Sul.* Anthropogenic activities could be responsible for habitat fragmentation and probably make remnants more susceptible to matrix influences. The landscape analyzes and geotechnologies come as a way to study landscape elements and its dynamics. This work proposed to analyze the Dois Irmãos do Buriti area, inserted in the Cerrado Biome. We analyzed its morphological stability, using data from geomorphology, geology, soils, and coverage. Thereafter, we applied metrics to evaluate the size, class and isolation degree of the fragments. The study area is about 80% moderately stable to moderately vulnerable. The vulnerable areas are placed on extreme north, midwest and east coast, and composed by young soils and sedimentary rocks. We have a stable region on south region that favors development of economic activities due to moderately stable/vulnerable to stable classes. Regarding to fragmentation, the landscape has small fragments (Mode 0.3 ha e Mean 5.5 ha) with high isolation degree (Mean 190 m), and shape form similar to circular. Finally, the geotechnologies fitted to the expected purpose since became easier the results preview, creating applied georeferenced database.

Keywords: geosystem, vulnerability, fragmentation, landscape metrics.

1. INTRODUÇÃO

O desmatamento, incêndios e queimadas florestais trazem inúmeros prejuízos para o meio natural, enfraquecendo o solo, fragmentando a vegetação e diminuindo a biodiversidade na paisagem. Com a maior parte da biodiversidade se encontrando em pequenos fragmentos há um crescente interesse nos estudos sobre as consequências do processo de fragmentação (Viana & Pinheiro, 1998).

Para estudar os fragmentos tem sido utilizada a análise da paisagem, técnica que possibilita o diagnóstico dos processos ecológicos frente aos problemas ambientais, especialmente quanto a sua consequência.

Naveh (2000, segundo Martins et al., 2004) e Martins et al. (2004) entendem a paisagem como um ordenado de diferentes elementos e suas dinâmicas, sendo considerado além dos aspectos naturais, também o humano. Os sistemas específicos que estudam a paisagem podem ser denominados de geossistemas, resultantes da uma integração de mais de um elemento físico do meio (Sotchava, 1977). A depender da escala, pode um geossistema formar uma unidade de estudo pela associação de diversos elementos naturais como: relevos, solos e climas (Bertrand, 1968).

Para a análise desses elementos adota-se o conceito de Ecodinâmica, fundamentado no balanço entre a pedogênese/morfogênese, onde em meios estáveis predomina pedogênese com evolução lenta e em meios instáveis predomina a morfogênese com mudança no relevo (Tricart, 1977). Ou seja, a resultante desse equilíbrio reflete-se na estabilidade do geossistema, por conseguinte na paisagem.

No estudo da paisagem também é possível observar, essencialmente, três componentes que formam um mosaico: *matrix*, *patches* e *corridor* (Forman & Godron, 1986). O primeiro, a matriz, é o elemento dominante na paisagem que controla seu funcionamento e dinâmica, por ser a maior composição e mais homogênea. Já os *patches*, aqui determinados como fragmentos, é o elemento de constituição diferente da matriz que a engloba, podendo estar ligada ou não por corredores (*corridor*). Este último é uma área homogênea e linear, que se difere da vizinhança, podendo fazer ligação entre os fragmentos.

Considerando uma matriz antropizada inserida com fragmentos naturais Harris (1984) e Farina (1998) mostram que a redução no seu tamanho pode comprometer a sustentabilidade de um ecossistema com perda da biodiversidade regional. Forman (1995) e Metzger (1999) também afirmam que a implantação de corredores naturais é um importante meio para a ligação desses fragmentos, possibilitando o fluxo gênico e, conseqüentemente, a variabilidade genética.

Assim, este trabalho tem por objetivo a análise da paisagem empregando fundamentos da ecodinâmica, identificando os geossistemas conforme seu grau de fragilidade frente aos fatores naturais e antrópicos e, posteriormente, calculando-se métricas que irão descrever a situação da fragmentação da região, quanto ao tamanho, forma e grau de isolamentos dos remanescentes.

As geotecnologias vêm como uma ferramenta de análise ambiental, integrando o Sistema de Informação Geográfica (SIG), ambiente de integração de dados, informações e cartas de naturezas e escalas diferentes, e o Sensoriamento Remoto (SR), como técnica de obtenção de informação sobre um objeto, área ou fenômeno sem que haja contato direto com o sensor (Paranhos Filho et al., 2008).

Com isso obtém-se a condição da fragmentação vegetal de uma região inserida em um importante bioma, o Cerrado. Este é considerado um dos 10 *hotspot* mundiais (CI, 2005) e de caráter fundamental para o Brasil, pois é onde se localizam as principais nascentes e cursos d'água do país e representa 30% da diversidade brasileira (Pagotto et al., 2006).

2. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o Município de Dois Irmãos do Buriti, em Mato Grosso do Sul, de economia essencialmente pecuarista e comercial, apresentando área aproximadamente de 2.345 Km². Tem como divisa os Municípios de Sidrolândia e Terenos ao leste, Aquidauana ao norte, Anastácio a oeste e pequena divisa com Maracajú ao sul. Está localizado no retângulo envolvente 647.360/692.348E e 7.772.194/7.672.178N e pertence à bacia hidrográfica do Miranda, sub-bacia do Aquidauana (figura II. 1).

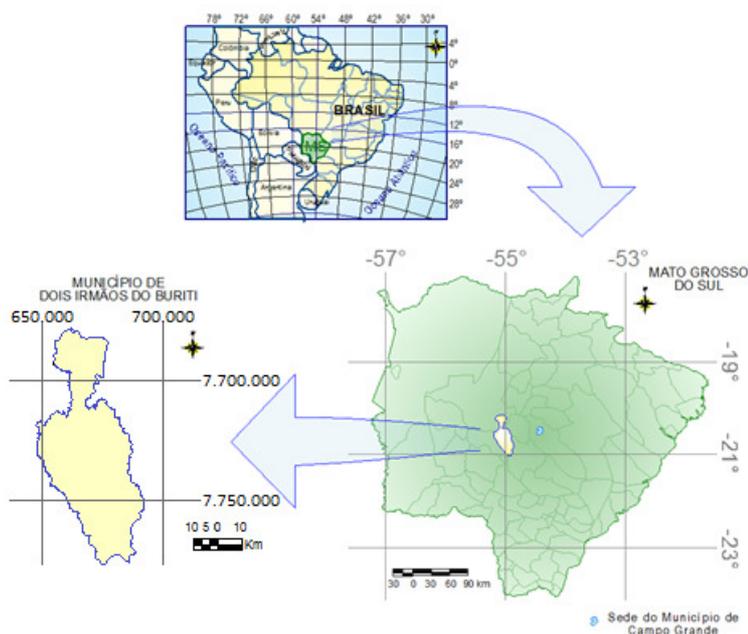


Figura II. 1 – Localização da área de estudo: município de Dois Irmãos do Buriti, MS.

O limite usado foi obtido no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/) e, apesar de existir um limite mais recente, de 2007 com escala 1:1.200.000, optou-se pelo de 2005, pela maior escala, 1:500.000 (Brasil, 2005).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a delimitação das unidades de paisagem, foram utilizados os Mapas temáticos do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de Mato Grosso do Sul (ZEE/MS), 1:250.000, com dados de Geologia, Geomorfologia e Solos (MS, 1989), e o Mapa de Uso e Ocupação do Solo, obtido a partir da classificação supervisionada de todas as bandas multiespectrais presentes na imagem do satélite Landsat, sensor *Thematic Mapper* (TM), Órbita/Ponto 225/074 do dia 20/04/2007 (Brasil, 2007).

Informações adicionais sobre as unidades de cada mapa temático (geologia, geomorfologia e solos) foram retiradas do Relatório Técnico do ZEE/MS (Fernandes et al., 2009), do Relatório do Projeto RADAMBRASIL (Brasil, 1982) e de Mendes et al. (2004).

Como auxílio na análise da paisagem também foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) do *Global Land Cover Facility* (GLCF), da mesma Órbita/Ponto da imagem Landsat, do ano de 2000 que possui algumas correções (GLCF, 2000). A partir do MDE foi gerado, na área do município, um Mapa de Declividade em graus e posteriormente um Hipsométrico para análise.

Os elementos fundamentais que comprometem a dinâmica dos fragmentos, e que serão os principais fatores analisados neste trabalho, são: tamanho, forma, grau de isolamento, tipo de vizinhança (Martins et al., 2004).

3.1 ANÁLISE DA ECODINÂMICA

Trata dos critérios empregados para estabelecer valores de vulnerabilidade à perda de solo para cada um dos temas. A análise procura realçar os processos que influem no desenvolvimento da pedogênese/morfogênese de forma abrangente, para posteriormente poder relacionar à área de estudo.

A definição dos valores de estabilidade à vulnerabilidade está condicionada a análise das características de cada tema considerado. A metodologia utilizada para estabelecer estes valores foi baseada em Crepani et al. (2001) que possui como referência, o trabalho desenvolvido por Tricart (1977) e pressupõe relações entre os componentes da paisagem que auxiliam os processos de pedogênese/morfogênese (tabela II. 1).

Tabela II. 1 – Valores atribuídos as unidades estáveis, instáveis e *intergrades*.

Unidade	Relação pedogênese / morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
<i>Intergrades</i>	Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese	2,0
Instáveis	Prevalece a morfogênese	3,0

Fonte: (Crepani et al., 2001).

Conforme os autores esta relação é qualitativa, com valores próximos de 1,0 para unidades que apresentassem maior estabilidade, valores de 3,0 para maior vulnerabilidade e 2,0 os meios *intergrades*, que são os ambientes onde há possibilidade de ocorrer os dois processos de forma equilibrada.

O grau de vulnerabilidade estipulado para cada unidade foi distribuído em escala de 1,0 a 3,0, com intervalo de 0,5, prevendo-se assim situações intermediárias que não se encaixassem perfeitamente em números cheios (1, 2 ou 3), assim como em Teruya Junior et al. (no prelo).

3.1.1 Litologia

No caso da geologia a informação final que pode ser analisada para definir os valores que representam estabilidade à vulnerabilidade é o grau de coesão das rochas. Rochas mais coesas prevalecem os processos pedogenéticos e rochas menos coesas predominam processos modificadores das formas de relevo, os morfogenéticos (Crepani et al., 2001). Ainda segundo estes autores, o grau de coesão das rochas pode ser determinado pela sua formação, ou seja, sua origem. Assim pode-se ordenar desde o mais resistente ao menos resistente: as rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. É importante considerar também a presença de fraturas na rocha, que possibilita o acesso da água, que é um agente intemperizador e pode causar a desagregação das partículas.

No local de estudo foram identificados cinco unidades geológicas, a Formação Serra Geral, a Formação Botucatu, a Formação Aquidauana, os Aluviões Atuais e os Depósitos Detríticos (figura II. 2).

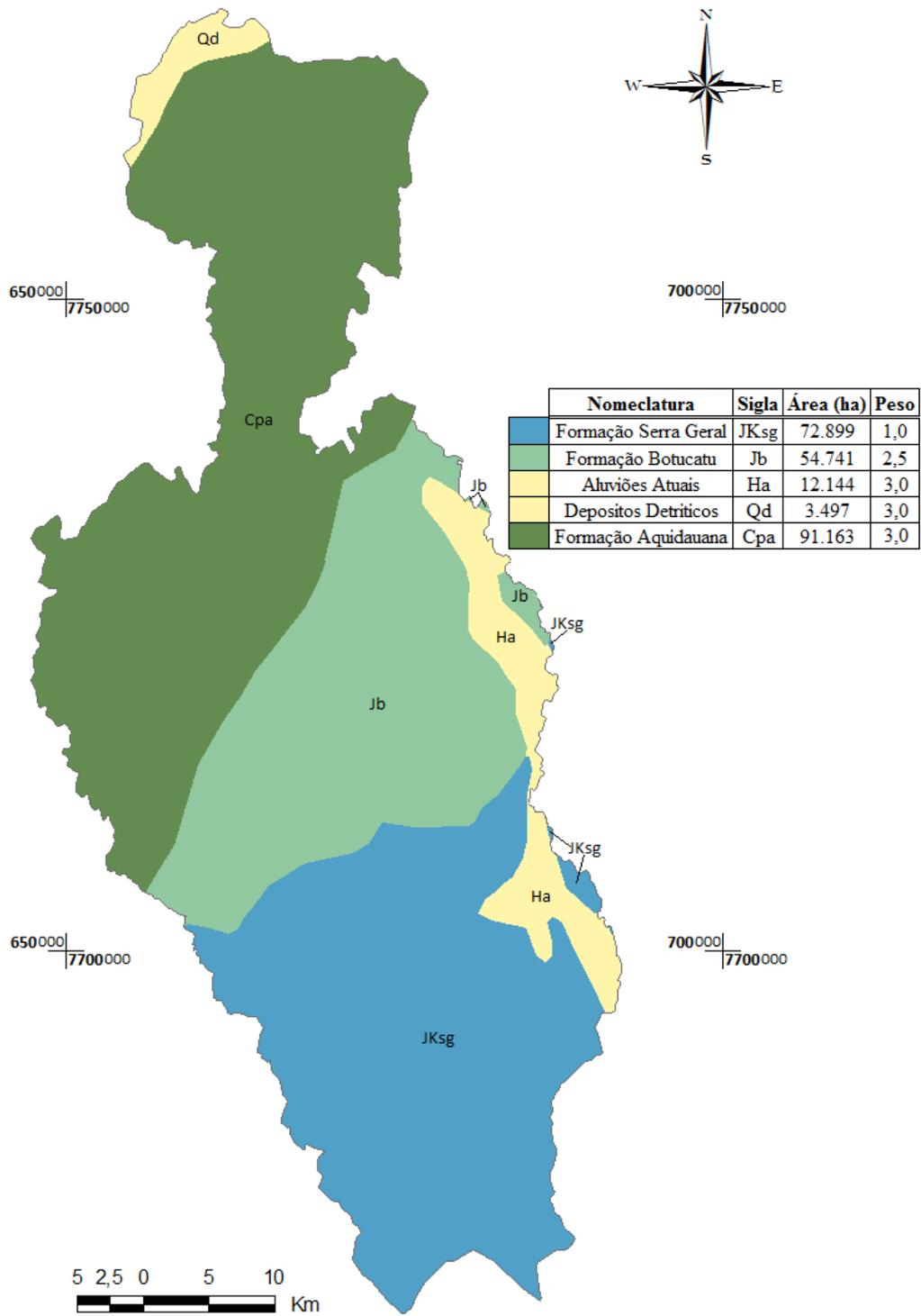


Figura II. 2 – Mapa com as unidades geológicas do Município de Dois Irmãos do Buriti (MS, 1989), com dados de área e peso de estabilidade à vulnerabilidade.

A região constituída por Formação Serra Geral apresenta-se com 31% da área total e estabilidade (valor 1,0), sendo formada principalmente por basalto e dacito, rochas ígneas de grande e média resistência ao intemperismo.

Também temos presente a Formação Botucatu, com 23% da área tendo um comportamento equilibrado para instável, formado basicamente por arenito quartzoso, rocha sedimentar.

Os Aluviões Atuais, com 5% da área, formados por areia e cascalho, basicamente sedimentos aluvionares inconsolidados relacionados às planícies de inundação, barras de canais fluviais atuais. A Formação Aquidauana, com 39% da área, se constitui por arenito, diamicro, folhelho, siltito (rochas sedimentares) e junto com os Aluviões formam as unidades geológicas de característica vulnerável.

3.1.2 Geomorfologia

Para estabelecer valores na geomorfologia quanto à estabilidade analisaram-se os índices morfométricos do terreno e, no caso deste estudo, utilizou-se a matriz de Crepani et al. (2001).

As unidades consideradas no estudo foram seis: Patamares da Serra do Aporé, Segundo Patamar da Borda Ocidental, Depressão Inter-Patamares, Depressão Aquidauana – Bela Vista, Planície Fluvial AF e Planalto de Dourados (figura II. 3).

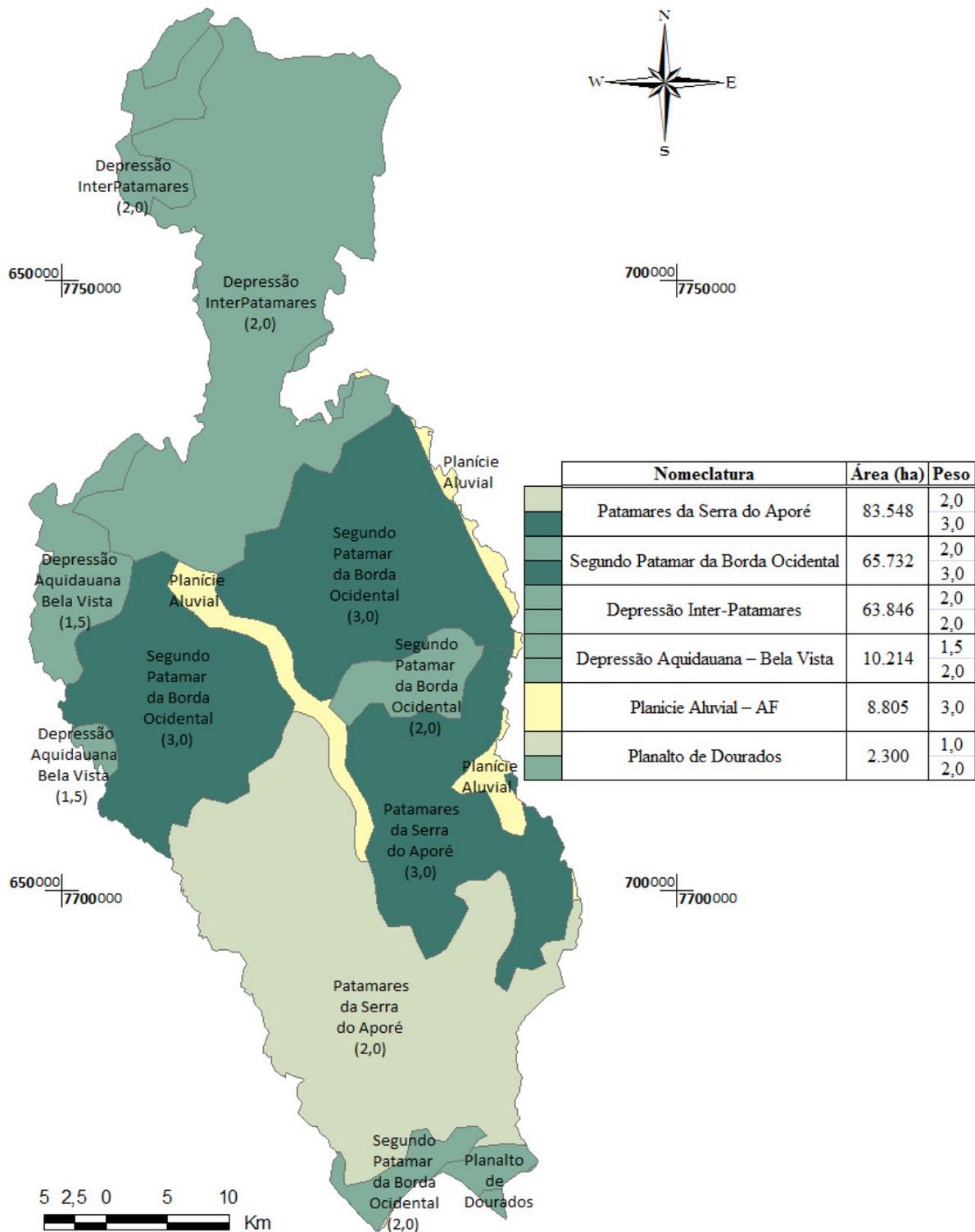


Figura II. 3 – Mapa com as unidades morfológicas do Município de Dois Irmãos do Buriti (MS, 1989), com dados de área e peso de estabilidade à vulnerabilidade.

Os Patamares da Serra do Aporé ocupa 36% da área total, localizado no centro-sul em duas áreas distintas, tendo a oeste formas tabulares e convexas, tendo em média um valor 2,0 (equilibrado) e a leste uma superfície pediplanada, forma erosiva, valor 3,0.

O Segundo Patamar da Borda Ocidental está presente com 28% da área, espalhado no centro, nordeste e extremo sul da região. Na região central tem por característica superfícies aplainadas (valor 3,0, por ser forma erosiva), a não ser pelas pequenas áreas do centro-leste, nordeste e sul com relevo de forma convexa (valor 2,0).

A Depressão Inter-Patamares, com área relevante de 27%, localiza-se em quase todo centro-norte em duas regiões, ao oeste sendo de forma tabular, e a leste sendo entre formas convexas e superfície pediplanadas, resultando, em média, uma unidade equilibrada (valor 2,0).

A Depressão Aquidauana – Bela Vista, com 4% do total, se encontra no oeste em duas formas, ao norte com dissecação do tipo tabular, resultando em uma unidade de valor 1,5, e ao sul com relevos de formas convexas, de valor 2,0.

A AF é uma área plana de acumulação aluvial, com possibilidade de inundações e de intensa morfodinâmica, sendo vulneráveis (valor 3,0) por ocorrer acumulação de sedimentos e estes são provenientes do arraste de outras áreas pela ação da água. Está presente em 4% da área, acompanhando rios ou córregos, no centro da região (rio Dois Irmãos – braço direito) e na costa leste (rio Cachoeirão e córrego Buriti).

E, o Planalto de Dourados, com apenas 1% da área total, localizado no extremo sul, divide-se em relevo com dissecação do tipo convexa, sendo uma unidade equilibrada (valor 2,0) e do tipo tabular, resultando em uma unidade estável (valor 1,0).

3.1.3 Solo

Os valores estabelecidos na análise dos solos são quanto ao seu grau de maturidade, isto é, se a formação do solo é antiga ou recente e sua profundidade. Solos mais estáveis, valores próximos a 1,0, tem por característica serem antigos, com grande profundidade, bem desenvolvidos, como os latossolos. Já os solos vulneráveis são pouco maduros, ainda em fase de desenvolvimento.

Antes de se realizar a combinação entre os mapas temáticos o Mapa de Solos foi atualizado para a legenda do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Brasil, 1999). Foram identificadas seis unidades de solo: Latossolo Vermelho; Argissolo Vermelho – Amarelo; Neossolo Litólico; Neossolo Quartzarênico; e Gleissolo Háptico (figura II. 4).

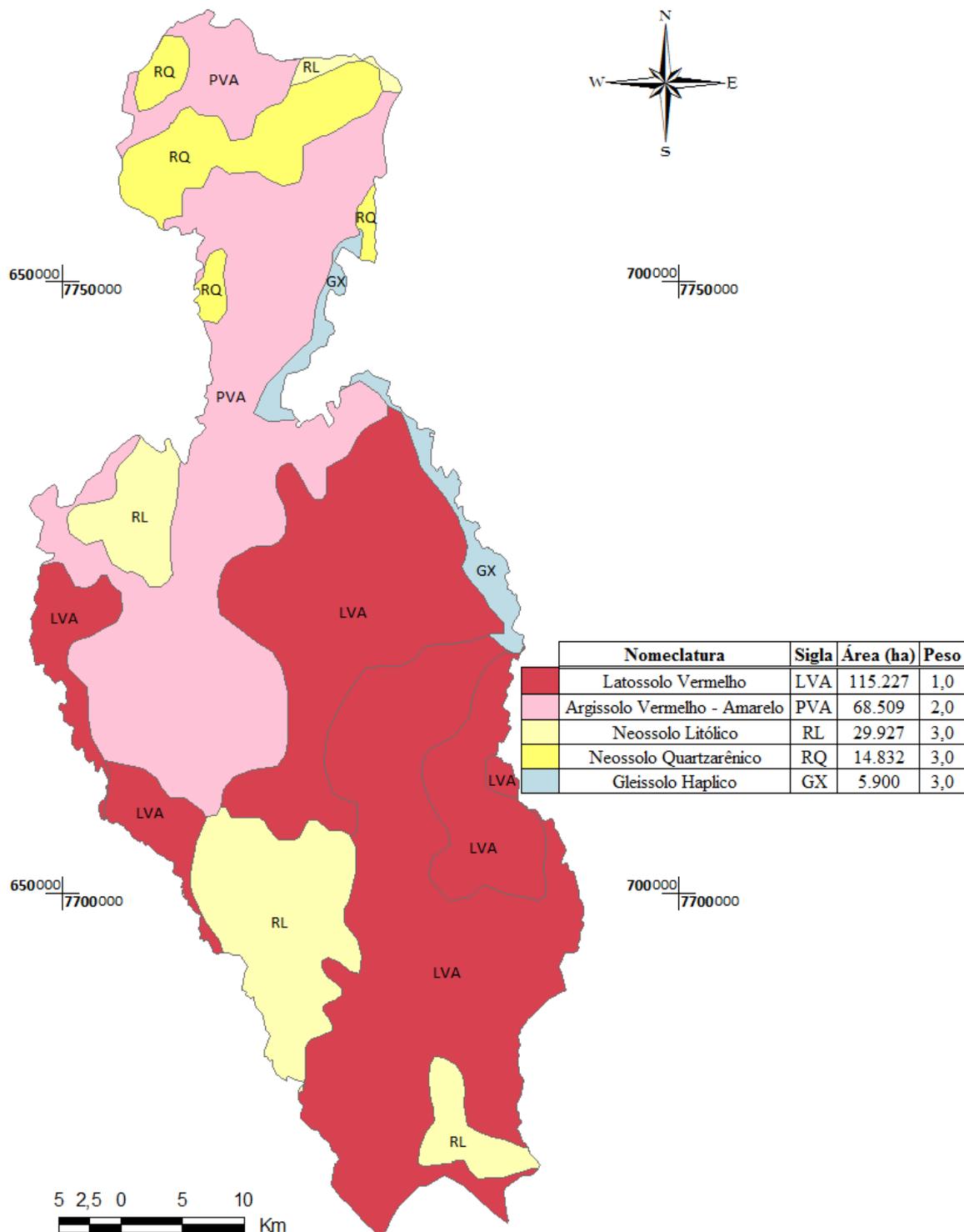


Figura II. 4 – Mapa com as unidades de solo do Município de Dois Irmãos do Buriti (MS, 1989), com dados de área e peso de estabilidade a vulnerabilidade.

O Latossolo Vermelho (49% da área total) foi único considerado como mais estável, por ser um tipo de solo mais antigo, homogêneo, tendo um bom desenvolvimento.

O solo do tipo Argissolo Vermelho – Amarelo, com segunda maior área (29%) foi considerado equilibrado, pois tem por característica marcante um aumento de argila no horizonte superficial A para o sub-superficial B.

Os solos Neossolo Litólico e Neossolo Quartzarênico apresentam área, respectivamente, de 13% e 6%, sendo considerados muito instáveis (valor 3,0), por serem jovens, em início de formação, sendo o litólico geralmente raso e o quartzarênico de textura arenosa e, por fim, o solo Gleissolo Háptico, com 3%, geralmente alagados pela sua má drenagem, limitando seu uso.

3.1.4 Uso e Ocupação do Solo

No caso deste tema analisamos os valores que representam os diferentes graus de vulnerabilidade de acordo com a cobertura da vegetação, pois ela está diretamente ligada ao balanço entre pedogênese/morfogênese.

Regiões com remanescentes de Mata ou Cerrado, por exemplo, formam uma barreira contra a ação das gotas de chuva, diminuindo sua força de impacto e por consequência o efeito *splash*. Áreas vegetadas também minimizam a ação do vento e do escoamento superficial como elementos erosivos. Em contraponto, uma área que se aproxime de um solo exposto acaba ficando sem barreiras contra a ação do efeito erosivo da chuva, do escoamento superficial e do vento.

Dessa forma, quanto mais densa a cobertura presente mais os valores ficam próximos a 1,0 indicando estabilidade e quanto menor cobertura os valores ficam próximos a 3,0 indicando instabilidade que se manifesta em processos erosivos (figura II. 5).

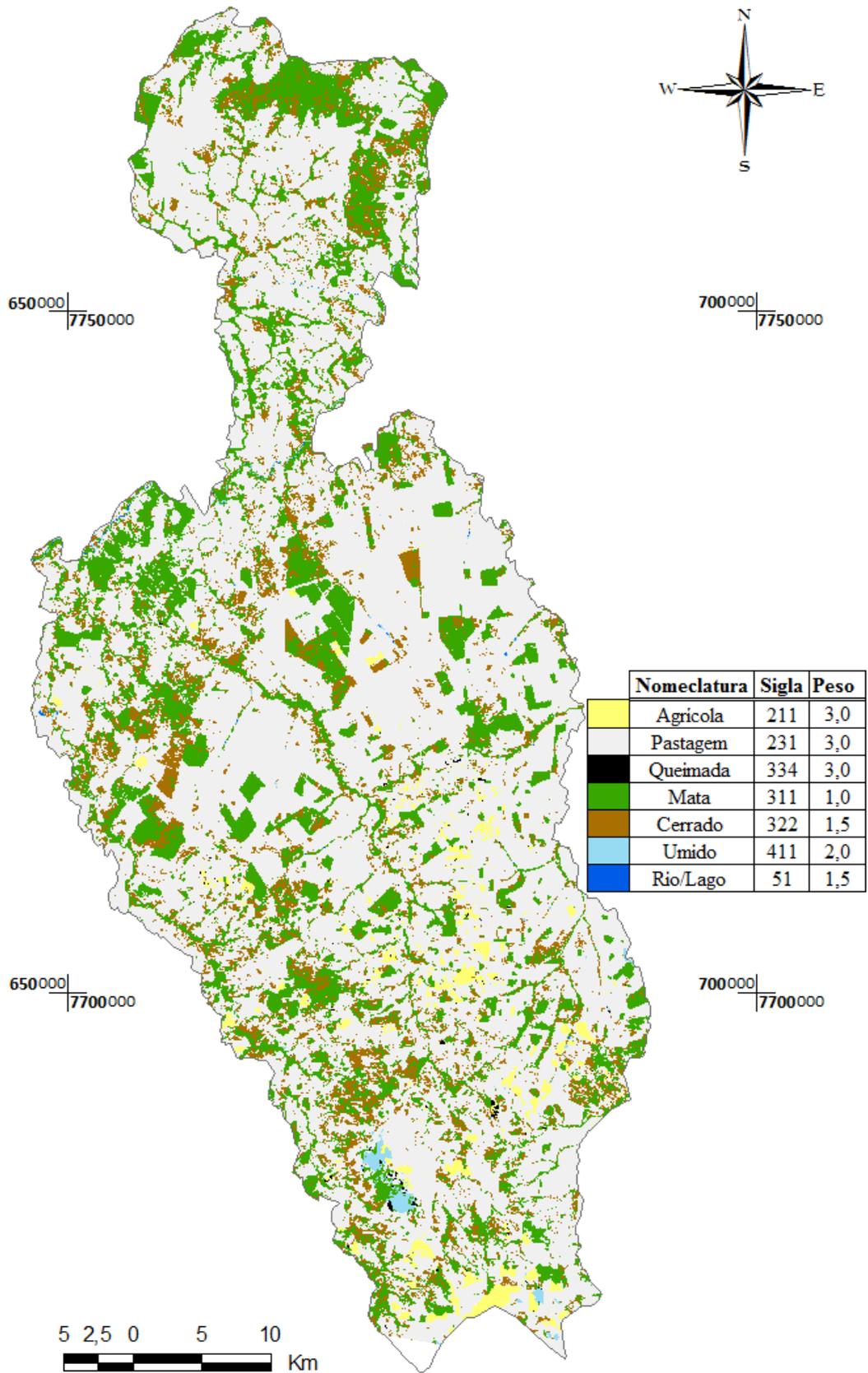


Figura II. 5 – Mapa com as unidades de uso e ocupação do Município de Dois Irmãos do Buriti, com dados de peso de estabilidade à vulnerabilidade e a legenda Corine.

O Mapa de Uso e Ocupação do Solo foi obtido em etapa anterior pelo método de classificação supervisionada, considerando todas as bandas multiespectrais presentes, usando o algoritmo *Maximum Likelihood*, no programa Erdas v9.1 (Erdas, 2006), com base na imagem do satélite Landsat.

3.1.5 Vulnerabilidade

Para obter as unidades de paisagem, ou geossistemas, utilizou-se a ferramenta de análise com o método de *overlay (analysis tools)*, que consiste no cruzamento dos dados e informações obtidos, neste caso, no ambiente SIG ArcGis 9.3 (ESRI, 2008), sendo preservados todos os atributos de cada mapa temático.

Com os pesos já inseridos em todos os temas, foi realizada uma média aritmética para gerar o mapa final com as informações de estabilidade e vulnerabilidade da região, reorganizado de acordo com a tabela II. 2, em 5 intervalos: Estável, Moderadamente estável, Medianamente estável/vulnerável, Moderadamente vulnerável e Vulnerável.

Tabela II. 2 – Intervalos da Vulnerabilidade/Estabilidade do município.

Grau de Vulnerabilidade	Peso
Estável	1,0 – 1,3
Moderadamente Estável	1,4 – 1,7
Medianamente Estável / Vulnerável	1,8 – 2,2
Moderadamente Vulnerável	2,3 – 2,6
Vulnerável	2,7 – 3,0

Fonte: (Crepani et al., 2001)

3.2 ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO

O estudo de McGarigal et al. (2002) analisa a paisagem utilizando diversas métricas separadas em três categorias, aqui adotadas como: fragmentos, classes e paisagem. Ainda assim as métricas podem ser categorizadas em oito níveis de acordo com o seu foco de análise, sendo escolhidos para este estudo três delas, apresentadas na tabela II. 3, com as respectivas métricas analisadas.

Quadro II. 1 – Métricas analisadas com respectivas fórmulas e descrições.

MÉTRICAS DE ÁREA		
<i>Métricas dos fragmentos</i>		
Área dos fragmentos (AREA)	A_f, A_f = área de cada fragmento (ha).	
<i>Métricas de classe</i>		
Área total de classe (CA)	A_c, A_c = área dos fragmentos de cada classe (ha).	
Porcentagem da paisagem (PLAND)	$P_i = (\sum_{j=1}^n a_{ij} / A) * (100)$	P_i = proporção da área ocupada em cada classe na paisagem, a_{ij} = área de cada classe (m^2), A_p = área total da paisagem (m^2).
Números de fragmentos (NP_c)	n_i, n_i = número de tipos de classes na paisagem.	
Parâmetros da área do fragmento (AREA_MD, _SD, _CV)	É a média, desvio padrão e covariância dos dados de área de cada classe.	
<i>Métricas de paisagem</i>		
Área total (TA)	$A_p * (1/10.000)$, A_p = área total da paisagem (ha).	
Número de fragmentos (NP_p)	n_i, n_i = número de fragmentos na paisagem	
Parâmetros da área da paisagem (Area_MD, _SD, _CV)	É a média, desvio padrão e covariância dos dados de área da paisagem.	
MÉTRICAS DE FORMA		
<i>Métricas dos fragmentos</i>		
Índice de forma (SHAPE)	$p_{ij} / \min. p_{ij} = \frac{1}{4} * \frac{P_f}{\sqrt{A_f}}$	p_{ij} = perímetro (m) da classe, $\min. p_{ij}$ = mínimo perímetro de cada classe.
Dimensão fractal (FRACT)	$2 \ln(0.25 p_{ij}) / \ln a_{ij}$	p_{ij} = perímetro (m) de cada classe, a_{ij} = área (m^2) de cada classe.
MÉTRICAS DE DIVERSIDADE		
<i>Métricas de classe</i>		
Índice de divisão da paisagem (DIVISION)	$\left[1 - \sum_{j=1}^n \left(\frac{a_{ij}}{A} \right)^2 \right]$	a_{ij} = área de cada classe (m^2), A = área total da paisagem (m^2).
<i>Métricas de paisagem</i>		
Riqueza dos fragmentos (PR)	m , sendo m = número de tipos de classes presente na paisagem	
Índice de diversidade de Simpson's (SIDI)	$1 - \sum_{i=1}^m P^2$	P = proporção ocupada por cada tipo de classe na paisagem.

Fonte: Adaptado de (McGarigal et al., 2002)

Também se realizou a análise do grau de isolamento dos fragmentos com relação aos mesmos, para isso, no ArcGis (ESRI, 2008), calculou-se o centróide dos fragmentos e, posteriormente, pela ferramenta de análise de proximidade (*Analysis Tools, Proximity*) Near, o cálculo do polígono de borda mais próxima.

Além dos dois índices de forma calculados (SHAPE e FRACTAL), ainda utilizou-se o índice de forma pela equação II. 1, que dá origem a Vulnerabilidade Ecológica Relativa, e tem por premissa também avaliar a dimensão do fragmento vegetal, classificando-o quanto a sua sensibilidade a potencial interferência da matriz antrópica (Bergher et al., 2003; Carrijo, 2005).

O cálculo do índice de forma pelo também chamado índice de borda (Bergher et al., 2003) ou índice de circularidade (Carrijo, 2005), pode ser descrito pela seguinte fórmula:

$$IC = (P_c/P_f) = (2\pi) * (\sqrt{A_f/\pi}), \text{ onde} \quad \text{Equação II. 1}$$

IC = Índice de Forma de circularidade;

P_c = Perímetro (m) do fragmento considerando sua forma circular;

P_f = Perímetro real (m) do fragmento; e

A_f = Área real (m²) do fragmento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DA VULNERABILIDADE

O Mapa de Vulnerabilidade, apresentado na figura II. 6, segue o padrão proposto por Crepani et al. (2001), onde a categoria de estabilidade, com valores próximos a 1,0 apresentam cores frias (azul e ciano) e as categorias de vulnerabilidade, com valores próximos a 3,0 apresentam cores quentes (vermelho e amarelo).

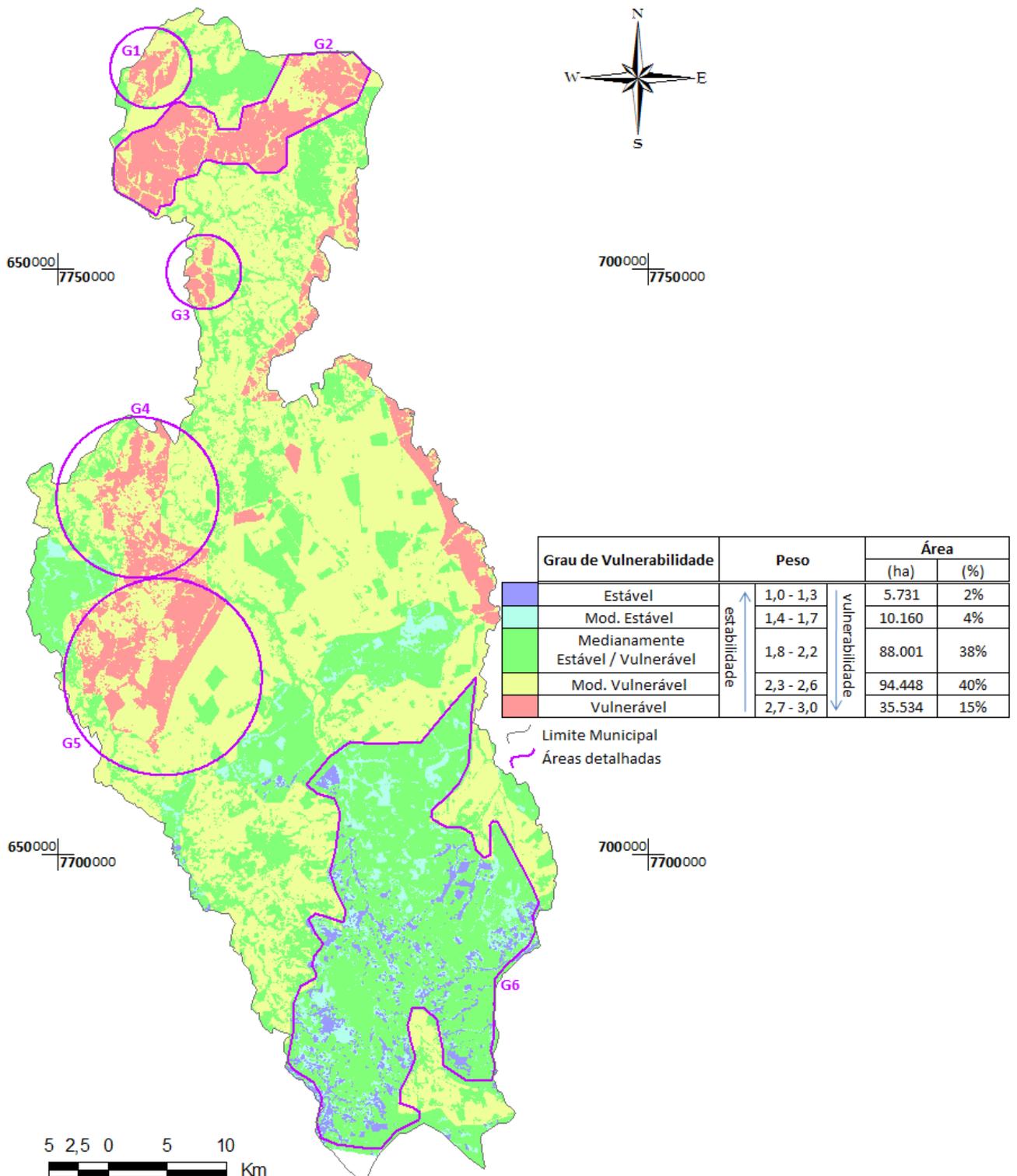


Figura II. 6 – Mapa de Vulnerabilidade/Estabilidade a perda de solo do Município de Dois Irmãos do Buriti. Note as áreas classificadas como Vulnerável destacadas (G1 – G5) e uma grande área de estabilidade ao sul (G6).

Foram analisadas, na classe Vulnerável, seis unidades denominadas de G1 a G5 mais a área à costa leste (figura II. 6).

A primeira unidade Vulnerável (G1), localizada no extremo norte do município, tem altitude entre 200-300 metros, relevo aplainado, com declividades variando entre 0 e 6 graus, e tem por unidade de solo o Neossolo Quartzarênico, o uso predominante é pastagem com grandes fragmentos de mata.

A segunda (G2), também no extremo norte, é muito parecida com a primeira, com a diferença de seu relevo ser aplainado e em poucas áreas inclinadas chegando a 20 graus de declividade e altitudes de até 500 metros, e além do Neossolo Quartzarênico possui Neossolo Litólico.

A terceira área Vulnerável (G3), com Neossolo Litólico, ainda com mesmos parâmetros, porém com altitudes de 100 a 200 metros no limite do município e 200 a 300 na maior parte da região, possuindo um relevo aplainado.

A quarta unidade (G4), com Neossolo e Argissolo, sendo à borda do município apresentando altitudes de 100 a 200 metros, ao redor de 200 a 300, e na região central chegando de 300 a 500 metros, com relevo ondulado, mas com áreas de 50° de inclinação.

A quinta (G5), apenas com Argissolo, possui também grandes fragmentos de cerrado além de mata, com altitudes de até 500 metros, e relevo ondulado com declividade podendo chegar a 20° em algumas áreas.

A sexta unidade Vulnerável, que acompanha leito de rios, localizada na costa leste desde o norte até quase o sul do município, composta pelos aluviões e também com arenitos e basaltos, possui solos Gleissolo Háptico e solo Neossolo Quartzarênico, altitudes de no máximo 200 metros, com relevo suave ondulado, e onde está com localizado o Neossolo com declividades de até 50°.

Por terem características de relevo e geologia parecidas, um dos elementos que se mostrou distinto nessas seis regiões foi o tema solos, o que deve ser tratado com mais atenção. Por sua característica econômica voltada para pecuária, o que se mostrou verdadeiro no Mapa de Uso e Ocupação do Solo, essa atividade pode, sem uma estrutura adequada, causar desgaste dos recursos, provocando ablação do solo e diminuição da densidade vegetal e, conseqüentemente, ocorrer à diminuição da fertilidade natural, deficiência hídrica, irregularidade climática e solos rasos.

As áreas classificadas como Moderadamente vulneráveis ocupam 40% do total, o que era esperado, já que cerca de 70% da região é coberta por área antropizada e se localizam na maior parte no centro norte do município.

A classe Medianamente Estável/Vulnerável Média ocupa cerca de 38% da superfície e sua maior densidade está na região centro sul do município, com uma geologia composta por basalto e solo do tipo latossolo nos Patamares da Serra do Aporé. Nessas áreas há ação simultânea dos processos de dinâmica de estabilidade e instabilidade, portanto a uma razoável capacidade produtiva dos recursos naturais, incluindo condições regulares dos recursos hídricos e possibilidades do uso das reservas paisagísticas.

A classe Moderadamente estável se apresentou basicamente junto com a Estável apresentando 4% e 2% respectivamente, com exceção de alguns pontos no centro do município que são regiões de Mata. Principalmente pela presença da cobertura vegetal, esses pontos apresentam maior estabilidade, além de terem solos moderadamente profundos com média à alta fertilidade natural e susceptível à conservação vegetal.

4.2 ANÁLISE DA PAISAGEM

4.2.1 Paisagem

Com as métricas analisadas, tem-se a paisagem de área 234.379ha (TA), com 12.889 fragmentos (NP_p) tendo uma variedade de cinco tipos de classes (PR), sendo elas: cerrado, mata (e cerradão), áreas úmidas, lagos e rios. A matriz foi determinada como sendo a classe agrupada de pastagem, áreas agrícolas e área de queimada/incêndio.

O tamanho médio dos fragmentos foi de 5,5 ha, com fragmentos mínimos de 0,3 e máximo de 2984,4 hectares, com valor mais freqüente de 0,3 hectares.

Aplicou-se índice de Simpson (SIDI) para verificar a diversidade da região, que resultou em 0,95. Este é um índice de dominância, que nos mostra a diversidade local, e o fato de estar tão próximo a 1,0, além da homogeneidade local, pode ser devido à escala do trabalho.

4.2.2 Classes

As classes de maior representatividade foram Mata com 44.929 hectares (CA) sendo 19,2% (PLAND), com 3.736 fragmentos (NP_c) e Cerrado com 24.375 hectares, 10,4% da composição da paisagem e contendo 8.648 fragmentos. Já a classe de Área úmida aparece com 0,5% da área, sendo 1.065 hectares e 398 fragmentos, e Rios e Lagos com 0,02%, sendo respectivamente, 54 e 48 hectares, com 41 e 66 fragmentos cada.

A métrica DIVISION é a probabilidade de que dois *pixels* escolhidos aleatoriamente na paisagem não estejam situados no mesmo local da classe correspondente, mostrando assim a condição de divisão e espalhamento de cada classe. Para as classes rio, lago e úmido era esperado que o valor fosse alto, no caso 1,0. Para a classe cerrado o resultado foi 0,99 e para

mata 0,96, o que mostra que não há grandes concentrações das duas classes no município, e sim uma distribuição mais homogênea.

Os parâmetros de área de cada classe são apresentados na tabela II. 4, sendo calculados a média, o valor mais freqüente de área, o tamanho máximo e mínimo de fragmento encontrado e os números de fragmentos nas classes.

Tabela II. 3 – Parâmetros de área (média, máximo, mínimo e moda) de cada classe em hectares, e números de fragmentos.

	<i>Mata</i>	<i>Cerrado</i>	<i>Úmido</i>	<i>Lago</i>	<i>Rio</i>
Média	12,0	2,8	2,7	1,2	0,8
Moda	0,5	0,3	0,4	0,5	0,3
Mínimo	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Máximo	2.984,4	469,7	233,2	7,3	3,3
Contagem	3.736	8.659	398	41	66

O tamanho médio da classe Mata foi de 12 ha, sendo seu fragmento de menor tamanho com 0,3 ha e de maior com 2.984,4 hectares, com o valor de maior freqüência 0,5 ha. Com isso já se pode notar que a região apresenta uma área com a classe mata muito recortada, mas ainda possui grandes fragmentos, pelo mapa podemos observar que geralmente são fragmentos localizados ao longo de rios.

A classe Cerrado resultou em fragmentos com tamanho médio de 2,8 ha, sendo seu menor fragmento 0,3 ha e o com máximo tamanho de 469,7 hectares e sua moda foi de 0,3 ha. Ou seja, o tamanho de maior freqüência da classe Cerrado foi também o menor fragmento da mesma, totalizando 13% de toda a classe.

Já a classe úmida apresentou um tamanho de área média de 2,7 ha com máximo 233,2 hectares e menor fragmento de 0,3 ha, com seu valor mais freqüente de 0,4 ha. A classe Lago obteve uma média de 1,2 ha, com mínimo de 0,3 e máximo de 7,3 hectares e seu valor de maior freqüência de 0,5 ha. A área média da classe Rio foi de 0,8 hectares, com área mínima de 0,3 ha e máxima de 3,3 hectares, e moda 0,3 ha.

As paisagens que apresentam menores valores de área média dos fragmentos são consideradas mais fragmentadas (McGarigal et al., 2002), portanto este é um item importante, pois indica o grau de fragmentação de uma região, além de se considerar que algumas espécies dependem diretamente do tamanho dos fragmentos para sua conservação.

4.2.3 Fragmentos

Os fragmentos foram reagrupados em classes de áreas e classificados quanto a um grau de vulnerabilidade (figura II. 7), considerando os menores fragmentos mais susceptíveis aos

efeitos de borda causados pela matriz que faz parte, e os de maior área menos vulneráveis, pois teriam mais ‘área de amortecimento’ para proteger sua área central (*area core*).

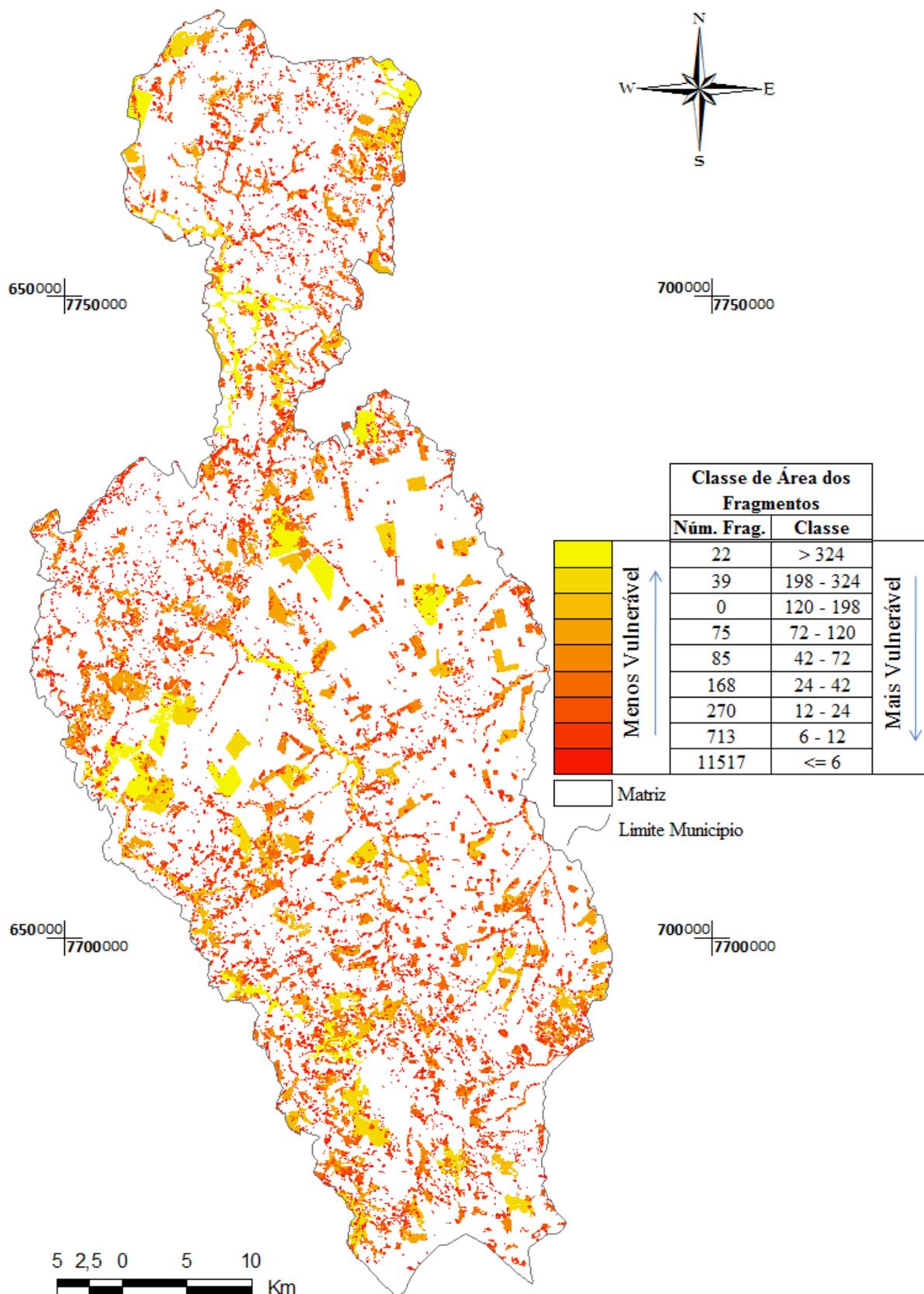


Figura II. 7 – Mapa dos fragmentos classificados quando vulnerabilidade ao tamanho de área.

A região apresentou uma maior quantidade de fragmentos menores que 6 hectares, se apresentando principalmente na classe Cerrado, em contraponto os fragmentos maiores que 324 hectares em sua maioria foram da classe Mata.

Os índices de forma são possíveis de serem visualizados em forma de mapa (figura II. 8), portanto foram calculados no próprio *shape* de uso e ocupação de solo como atributos e reorganizados.

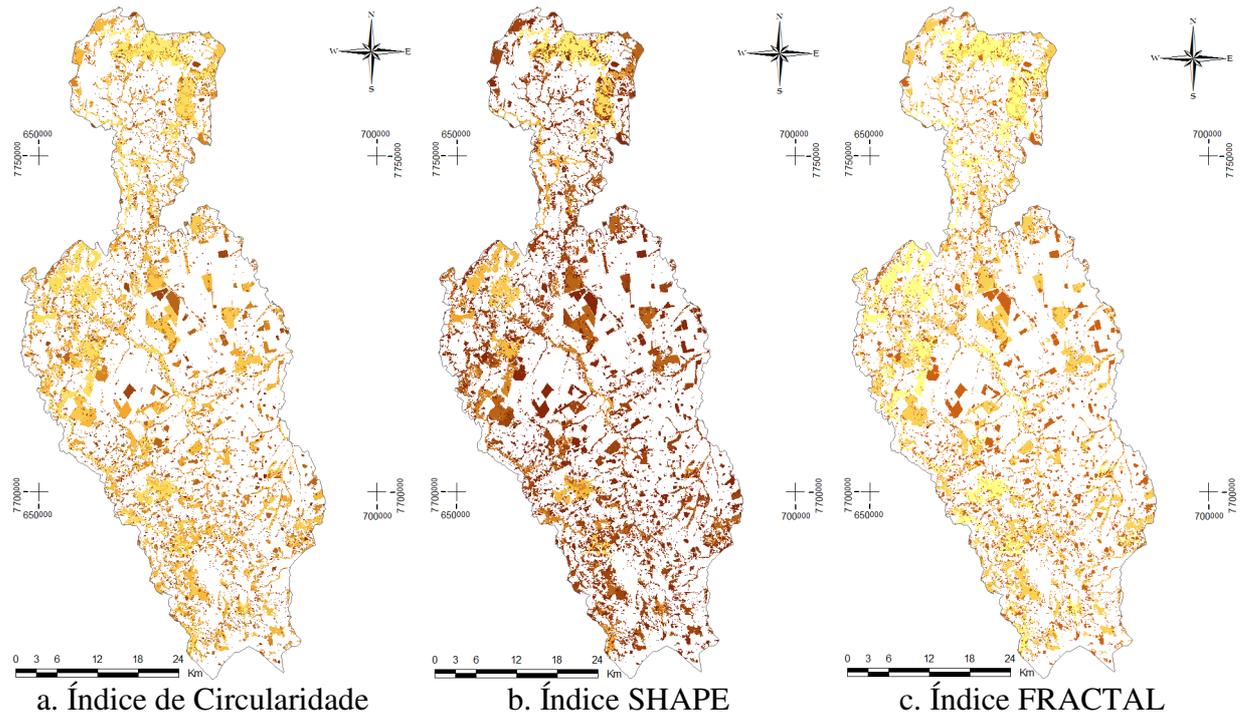


Figura II. 8 – Mapa de Fragmentos classificados quanto a sua forma.

Fragmentos de forma irregular são mais susceptíveis ao efeito de borda, principalmente se são pequenos em relação ao tamanho da paisagem. Se há o efeito de borda, diminui-se a área central desse fragmento, também chamada de área nuclear, que é um *buffer* interno onde o fragmento recebe o impacto. Com isso há interferência de processos ecológicos importantes na dinâmica local.

Os índices que calculam a irregularidade dos fragmentos são chamados de índices de forma, e geralmente comparam a sua forma com um círculo ou um quadrado hipotético. Nesta pesquisa foram considerados os índices: de Circularidade (IC), o SHAPE (IS) e o FRACTAL (IF).

O IC varia de 0 a 1 sendo que ao se aproximar de 1,0 os fragmentos são mais arredondados, enquanto que valores distantes de 1,0 serão mais recortados ou alongados.

O Mapa de Fragmentos baseado no índice IC foi classificado em intervalos de 0,1 resultando em 10 classes, sendo que a maior parte dos fragmentos (90%) pertence às classes de 0,5 a 1,0, que possuem formas arredondadas (figura II. 8a).

Para o IS o menor valor é 1, sendo valores próximos apresentando fragmentos circulares, e quanto mais se afasta, mais recortado é o fragmento. Como o IS não possui valor máximo o índice mostra de forma mais representativa o quão recortado o fragmento se encontra, ou seja, representa as formas mais complexas.

O Mapa de Fragmentos baseado no índice IS foi classificado em intervalos de 1,0 resultando em 10 classes, sendo que a maior parte dos fragmentos (95%) pertence às classes de 5,0 a 0,0, que possuem formas circulares (figura II. 8b).

O IF varia de 1 a 2, sendo que para valores próximos de 1,0 apresenta-se forma de perímetros muito simples e próximos de 2,0 formas de perímetro mais sinuosos. Esse é um índice que também mostra a complexidade da forma a ser analisada, porém na região em estudo apresentaram-se somente em 4 classes, com quase 100% dos resultados próximo ao valor 1,0 (figura II. 8c).

Apesar do IF se apresentar visualmente parecido com IC, a sensibilidade entre classes de fragmentos mais recortados ou mais simples não foi sentida para o IF na região. Conforme McGarigal et al. (2002) o índice de forma IF não é o mais adequado para a análise das variações dos fragmentos quando a paisagem é altamente fragmentada, pois ele tem uma limitação, tornando-o menos sensível a variações.

Entre o IS e o IC os resultados foram parecidos em fragmentos pequenos ou grandes, mas com forma regular, sendo a principal diferença notada apenas em fragmentos muito recortados. A tendência do IC foi que, quanto maior o perímetro do fragmento, seu valor convergia à zero (fragmentos recortados) enquanto que para o IS essa sensibilidade não foi percebida.

Também foi calculado o grau de isolamento dos fragmentos de acordo com a sua borda. Fragmentos muito isolados não permitem o fluxo gênico, ou seja, a passagem da fauna e a dispersão de semente, por isso esse fator torna-se importante.

A média de isolamento dos fragmentos do município foi de cerca de 190 metros, com um valor freqüente de 86, sendo a distância mínima de 8,5 e a maior distância de 1.255 metros.

A classe cerrado teve média de 200 metros, mas chegou à distância máxima de 1.195 m de isolamento e mínima de 8,5 m, com a distância mais freqüente de 75 metros.

A classe de mata também apresentou um quadro similar, com média cerca de 170 metros, tendo isolamento máximo de aproximadamente 1.255 e mínimo de 8,5 m, com moda de 85 metros.

5. CONCLUSÃO

A identificação dos geossistemas foi de grande importância como unidades de análise, pois é necessário estabelecer o grau de fragilidade do ambiente às interferências antrópicas. Dessa forma espera-se iniciar de forma adequada análises dos problemas ambientais da região.

As informações manifestadas no mapa de vulnerabilidade permitem observar que o município, em grande parte, possui relevo suave ondulado e, principalmente ao sul, sua geologia é mais estável, com solos maduros e propícios para desenvolvimento da agropecuária. Ressalva-se, nesse caso, que áreas de 'importância socioambiental', como áreas de preservação permanente e unidades de conservação, devem ser protegidas.

A região centro-oeste e centro-norte podem estar com vulnerabilidade alta devido a um manejo inadequado do solo. Assim, é necessária a implantação de medidas mitigadoras e ações corretivas e preventivas para que essas áreas possam ser recuperadas.

Os índices de análise de paisagem foram satisfatórios na compreensão da estrutura da cobertura vegetal remanescente do município, possibilitando um entendimento inicial do processo de fragmentação da região.

Há grandes fragmentos que podem ser usados como conectores de biodiversidade como, por exemplo, o fragmento de mata localizado no extremo norte. Este é também o maior fragmento do município e está conectado a unidade de conservação (UC) federal Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda Lajeado.

Há outros dois grandes fragmentos, sendo o segundo e terceiro maiores em tamanho, que também pode servir de conectores. São compostos por mata com diversos fragmentos de cerrado ao redor, ligados a outra UC que é a Área de Proteção Ambiental (APA) Estrada Parque do Piraputanga, localizada ao centro oeste do município.

A região estudada encontra-se em um estágio preocupante de fragmentação, principalmente da classe cerrado, com fragmentos muito pequenos e distantes entre si. Dessa forma acabam por não cumprir uma importante tarefa para a biodiversidade: a transferência gênica entre as diferentes unidades.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Mestrado. Os autores também agradecem à Fundação Neotrópica do Brasil e à MMX Metálicos – Unidade Florestal, pelos dados disponibilizados e apoio financeiro a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BERGHER, I. S., MENDES, S. L., & LIMA, R. N. Vulnerabilidade Ecológica Relativa dos Fragmentos de Vegetação de uma Microbacia do Rio Santa Maria, em Santa Maria de Jetibá, E.S. 5. In: GIS Brasil 2003 - 9º Show de Geotecnologias - 3ª Mostra do Talento Científico. *Resumos Expandidos...* 2003.
- BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale: Esquisse méthodologique. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 39, 1968. pp. 349-372.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Imagem de Satélite Órbita/Ponto 225/074, sensor TM, bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, Data 20 de abril de 2007. São José dos Campos/SP: INPE. 2007.
- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Malha Municipal Digital - shape, 1:500.000. Contagem ano-base 2005. Rio de Janeiro/RJ: IBGE. 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisas de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1999. p 412.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. *Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais, Folha SF.21 Campo Grande: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. (28)* Rio de Janeiro/RJ. 1982. p. 416.
- CARRIJO, M. G. *Análise da Vulnerabilidade Ambiental: o Caso do Parque Estadual das Nascentes do Rio Taquari - MS*. (Dissertação de Mestrado em Tecnologias Ambientais). Campo Grande: UFMS. 2005. p 112.
- CI. Conservation International. *Biodiversity Hotspots*. Disponível em <http://www.biodiversityhotspots.org/Pages/default.aspx>. Último acesso em 07/11/2010. 2005.
- CREPANI, E., MEDEIROS, J. S., HERNANDEZ FILHO, P., FLORENZANO, T. G., DUARTE, V., & BARBOSA, C. C. *Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial*. São José dos Campos, SP: INPE. 2001. p 106.
- ERDAS. Imagine. Software versão 9.1. Norcross, GA, USA: Leica Geosystems Geospatial Imaging. 2006.
- ESRI. Software ArcGis version 9.3. 2008.
- FARINA, A. *Principles and methods in landscape ecology*. Londres/UK: Chapman & Hall. 1998.
- FERNANDES, D. J., OSHIRO, R. M., & OSHIRO, M. Perspectivas para o Setor Florestal do Mato Grosso do Sul. In: MS (Coordenador), *Zoneamento Ecológico-Econômico do Mato Grosso do Sul - Contribuições Técnicas, Teóricas, Jurídicas e Metodológicas* (Vol. II). Campo Grande. 2009.
- FORMAN, R. T. *Land mosaics: the ecology of landscape and regions*. Cambridge/UK: Cambridge University Press. 1995.

FORMAN, R. T., & GODRON, M. *Landscape Ecology*. New York/NY, NY: John Wiley and Sons. 1986.

GLCF - Global Land Cover Facility – USGS - U.S. Geological Survey. Digital Elevation Model (DEM) Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) - WRS2, tiles, Path/Row 225/074, 3 arcseg, Filled Finished-B. 2000.

HARRIS, L. D. *The fragmented forest: island biogeography theory and the preservation of biotic diversity*. Chicago/IL: University of Chicago. 1984.

MS. Mato Grosso do Sul. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral - SEPLAN/MS. *Macrozoneamento do Estado de Mato Grosso do Sul*. 242. Campo Grande/MS. 1989.

MARTINS, E. D., REATTO, A., CARVALHO JR, O. A., & GUIMARÃES, R. F. *Documentos 121 - Ecologia de Paisagem: conceitos e aplicações potenciais no Brasil*. Planaltina/DF: Embrapa Cerrados. 2004. p 33.

MCGARIGAL, K., CUSHMAN, S. A., NEEL, M. C., & ENE, E. *FRAGSTATS v3.3: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program and Guide*. Amherst/MA: University of Massachusetts. 2002.

MENDES, C. A., GREHS, S. A., PEREIRA, M. C., BARRETO, S. R., BECKER, M., LANGE, M. B., et al. *Bacia Hidrográfica do Rio Miranda - Estado da Arte. Consórcio Intermunicipal para o Desenvolvimento Integrado das Bacias dos Rios Miranda e Apa - CIDEMA*. (1), 119. Campo Grande/MS: Editora UCDB. 2004.

METZGER, J. P. Estrutura da Paisagem e Fragmentação: Análise Bibliográfica. *An. da Academia Brasileira de Ciência*, 3 (1), 1999. pp. 445-462.

PAGOTTO, T., CAMILOTTI, D., LONGO, J., & SOUZA, P. Introdução, Bioma Cerrado e Área Estudada. In: T. PAGOTTO, D. CAMILOTTI, J. LONGO, & P. SOUZA (Coordenadores), *Biodiversidade do Complexo Aporé-Sucuriú: Subsídios à Conservação e ao Manejo do Cerrado - Área Prioritária 316-Jauru* (p. 308). Campo Grande/MS: UFMS. 2006.

PARANHOS FILHO, A. C., LASTORIA, G., & TORRES, T. G. (Coordenadores). *Sensoriamento Remoto Ambiental Aplicado: Introdução Às Geotecnologias* (p. 198) Campo Grande, MS: UFMS. 2008.

SOTCHAVA, V. B. *O Estudo de geossistemas*. São Paulo/SP: USP. 1977.

TERUYA JUNIOR, H., LASTORIA, G., & PARANHOS FILHO, A. C. Vulnerabilidade Natural e Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Geociências*. (no prelo)

TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro/RJ: IBGE. 1977. p 97.

VIANA, V. M., & PINHEIRO, L. A. Conservação da Biodiversidade em Fragmentos Florestais. *Série Técnica IPEF*, 12 (32), 1998. pp. 25-42.

CONCLUSÕES GERAIS

A eficiência da gestão ambiental de uma região depende em parte de levantamentos e estudos sistemáticos prévios sobre os componentes do meio físico e sua dinâmica. É imperativo o monitoramento de processos erosivos, reflorestamento de mata ciliar entre outras atividades que objetivam uma política de gestão do uso e ocupação do solo baseada, nos princípios da sustentabilidade socioambiental.

Esta pesquisa permitiu a geração de diversos produtos que podem contribuir com a gestão dos recursos naturais no Município de Dois Irmãos do Buriti, MS. Inseridas em um banco de dados SIG, essas informações podem ser visualizadas de forma rápida, colaborando para as decisões baseadas no máximo de dados técnicos.

O Mapa de Vulnerabilidade/Estabilidade indica área para agropecuária na região sul do município (G6). Esta foi assim considerada principalmente pela sua estabilidade frente a um solo mais desenvolvido, por derrames de basaltos coesos e por sua área com pastagem já implementada.

É possível, por exemplo, verificar a estrutura local dessa área. Com o banco gerado podemos observar que nessa região temos a rodovia MS-162 chegando ao sul de Sidrolândia, a MS-347 pelo oeste, de Nioaque, e a MS-347/MS-355 vindo do leste, de Terenos. A disponibilidade hídrica é fornecida por duas bacias principais, rio Dois Irmãos – braço direito (à esquerda – oeste) e córrego Buriti (à direita – leste), além de suas sub-bacias. Também se obtêm a informação de que não há nenhuma unidade de conservação e nem assentamento humano, porém mais ao sudeste há uma terra indígena já consolidada.

O Mapa de Uso e Ocupação do Solo, que é um dado fundamental no correto zoneamento das cidades tanto para a parte urbana quanto para a zona rural, mostra que a área de estudo apresenta cerca de 70% de áreas antrópicas, em ambas as imagens de satélite e em todos os métodos de classificação. Isso mostra que a realidade deste município não tem se mostrado diferente de outras regiões do Estado de Mato Grosso do Sul, onde cada vez mais remanescentes de Mata e Cerrado tem diminuído de área.

Esses dados e informações reunidos em forma de mapa e com atributos espaciais associados, ou seja, após o banco SIG já montado, tornou a pesquisa mais rápida e mais compreensível, além de que é possível que se insira mais informações posteriormente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CI. Conservation International. *Biodiversity Hotspots*. Disponível em <http://www.biodiversityhotspots.org/Pages/default.aspx>. Último acesso em 07/11/2010. 2005.

CREPANI, E., MEDEIROS, J. S., HERNANDEZ FILHO, P., FLORENZANO, T. G., DUARTE, V., & BARBOSA, C. C. *Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial*. São José dos Campos, SP: INPE. 2001. p 106.

MARTINS, E. D., REATTO, A., CARVALHO JR, O. A., & GUIMARÃES, R. F. *Documentos 121 - Ecologia de Paisagem: conceitos e aplicações potenciais no Brasil*. Planaltina/DF: Embrapa Cerrados. 2004. p 33.

MS. Mato Grosso do Sul. *Lei Estadual nº 775, de 13 de novembro de 1987*. Desmembram-se do município de Anastácio os distritos de Dois Irmãos e Palmeiras, para formar o novo município de Dois Irmãos do Buriti. 1987.

PARANHOS FILHO, A. C., FIORI, A. P., DISPERATI, L., LUCCHESI, C., CIALI, A., & LASTORIA, G. Avaliação Multitemporal das Perdas de Solos na Bacia do Rio Taquarizinho-MS. *Boletim Paranaense de Geociências* (52), 2003. p 49-59.

SOTCHAVA, V. B. *O Estudo de geossistemas*. São Paulo/SP: USP. 1977.

TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro/RJ: IBGE. 1977. p 97.

APÊNDICE

próximo
artigo



Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3665-3672.

Uso de Geotecnologias para a Gestão de Recursos Naturais: Estudo de Caso Projeto Reflorestar Legal

Liliane Candida Corrêa^{1,2}
Antonio Conceição Paranhos Filho¹
Eleri Rafael Muniz Paulino²
André Targa Cavassani²
Carulina Gomes de Menezes¹

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS
Cidade Universitária – Bairro Universitário, CEP 79.070-900 Campo Grande - MS, Brasil
lillycorrea@gmail.com; paranhos@nin.ufms.br; carulina_gomes@yahoo.com.br

²Fundação Neotrópica do Brasil
Rua 2 de Outubro – Bairro Recreio, CEP 79.290-000 Bonito - MS, Brasil
eleri@fundacaoneotropica.org.br; atcavassani@gmail.com

Abstract. Brazil has a comprehensive environmental legislation that provides, mainly, natural resources management. The geotechnologies are tools to help this process with low cost and few time. The main objective of this study is to use these tools in a first stage, during a year, in the project named “Reflorestar Legal” (a partnership initiated in 2008 between the NGO “Fundação Neotrópica do Brasil” and the company “MMX Metálicos Corumbá Ltda”). The study is develop in two cities in the state of “Mato Grosso do Sul”, “Anastácio” and “Dois Irmãos do Buriti”. To build these products has built up a database with the same projection data rasters (digital topographic maps and satellite images), grid (digital elevation model) and vectors. Until now were generated four products: Map of the Drainage, Map of the Watersheds, Map of the Roads and Map of the Restriction on Planting. These maps provide a subsidy for planning, management and monitoring with target of integrating plantation area with natural resources conservation and degraded areas recovery, respecting the Brazilian environmental law. The project is still in progress, but so far it can be concluded that the use of geotechnologies was important to identify and indicate improvements in environmental conditions in the area.

Palavras-chave: remote sensing, drainage, watersheds, restriction on planting, sensoriamento remoto, drenagem, bacias hidrográficas, restrição de plantio.

1. Introdução

No Estado de Mato Grosso do Sul - MS a atividade siderúrgica é uma das causas da fragmentação de ambientes naturais como o Pantanal e o Cerrado. Devido à grande demanda por carvão vegetal, a alteração desenfreada do uso do solo é um fator preocupante para a conservação de habitats, conforme Harris *et al.* (2005). Segundo Carvalho *et al.* (2008) a exploração de madeira em áreas naturais para a produção de carvão se tornam atrativas também por subsidiar os custos para a implantação de novas pastagens ou áreas cultivadas.

Uma solução para reduzir esse tipo de pressão nos remanescentes é a produção de carvão vegetal através de plantio de espécies de crescimento rápido. Sendo assim, a MMX Metálicos Corumbá Ltda iniciou em 2007 um programa de reflorestamento de eucalipto para a produção de carvão vegetal que sustentará as atividades da siderurgia localizada em Corumbá, MS.

Para a ação ser mais efetiva para a conservação da natureza, iniciou-se em 2008 o projeto Reflorestar Legal, que tem o objetivo de conciliar a produção de eucalipto e a conservação da natureza em Mato Grosso do Sul. É uma iniciativa pioneira de parceria entre uma ONG, a Fundação Neotrópica do Brasil (sediada em Bonito/MS, com a missão de promover e praticar a conservação da natureza) e uma empresa, a MMX Metálicos Corumbá Ltda.

No Brasil, temos uma gama de legislação ambiental, entre elas o Código Florestal (Lei 4.771/1965), que, entre outras coisas, define as áreas de preservação permanente (Brasil, 1965), a Lei 6.938/1981 que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente (Brasil, 1981), a chamada Lei das Águas (Lei 9.433/1997) - que institui a Política Nacional de

Recursos Hídricos e define as bacias hidrográficas como unidades de estudo (Brasil, 1997) e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (Lei 9985/2000) que trata das diferentes categorias de áreas protegidas (Brasil, 2000). Essas leis prevêem principalmente a gestão dos recursos naturais em um país que, junto com outras 11 nações, detém 70% da biodiversidade total do planeta (IBGE, 2008).

O uso de ferramentas que auxiliem no processo de gestão ambiental é fundamental e as geotecnologias vêm se mostrando essenciais para se obter um resultado de forma rápida e com custo relativamente baixo. O objetivo principal deste estudo foi usar as geotecnologias como forma de se obter um banco de dados que subsidie as políticas ambientais da região de estudo dentro do Projeto Reflorestar Legal.

1.1 O Projeto

O Projeto Reflorestar Legal está dividido em quatro etapas: Identificação da Área de Estudo, Avaliação Ecológica Rápida, Corredor Florestal e Monitoramento da Paisagem, nos municípios de Anastácio e Dois Irmãos do Buriti, em MS.

O presente trabalho refere-se à primeira etapa, a Identificação da Área de Estudo, com duração de um ano, que prevê ações como: demarcar a rede de drenagem; delimitar as principais bacias hidrográficas - BHs dos municípios; definir BHs de atuação do projeto; demarcar a malha viária; e identificar e demarcar Áreas Protegidas e Assentamentos Humanos (áreas com restrição de plantio).

2. Metodologia

A área de estudo está na região dos Municípios de Anastácio e Dois Irmãos do Buriti no Estado de Mato Grosso do Sul (figura 1).



Figura 1 – Localização da área em estudo.

A principal plataforma SIG de trabalho utilizada é o *software* Geomatica versão 10.1.3 (PCI, 2007). A base de dados foi obtida através de cartas, imagens de satélite, do Modelo Digital de Elevação (MDE) *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) e diversos vetores. Atividades de campo foram realizadas com objetivo de obter pontos de controle para apoio e caracterização das áreas de interesse, usando o GPS Juno ST.

Todos os dados obtidos foram transformados para PIX e reprojitados para o sistema UTM 21, *datum* Córrego Alegre, para formar um banco de dados. A escolha da projeção se deve ao fato da mesma ser utilizada nas cartas topográficas IBGE/DSG.

As etapas de trabalho podem ser descritas da seguinte forma:

- ✓ Identificação da área usando: os limites municipais do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/) originalmente no formato SHP e na projeção Lat/Long WGS84 (IBGE, 2005) e os limites das fazendas de atuação do Projeto, fornecidos pela MMX, originalmente no formato SHP e na projeção UTM 21 SAD69;

- Rede de Drenagem e Bacias Hidrográficas

- ✓ Georreferenciamento e vetorização da hidrografia com base na fotointerpretação das bandas pancromática do satélite Landsat sensor ETM+ (cenas 225/074, 225/075 e 226/074 das respectivas datas 04/08/2002, 17/06/2002 e 27/09/2002), disponibilizadas pelo Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS (Landsat, 2002b; Landsat, 2002a; Landsat, 2002c);
- ✓ Integração dos dados do MDE da missão SRTM obtidos no site <http://srtm.csi.cgiar.org/> (cena 25/16 e 25/17), para auxiliar a vetorização da rede de drenagem e na delimitação das bacias hidrográficas (CGIAR-CSI, 2007; CGIAR-CSI, 2008);
- ✓ Integração da carta topográfica Folha SF 21 que após a digitalização foi georreferenciada e inserida em ambiente SIG para a vetorização das feições de interesse (hidrografia, curvas de nível, pontos cotados) com o objetivo de auxiliar a delimitação preliminar das bacias hidrográficas (IBGE, 1998);

- Malha Viária

- ✓ Pelo site do Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes – DNIT, <http://www.dnit.gov.br/>, obteve-se o Mapa Rodoviário do Estado de Mato Grosso do Sul, em formato PDF, que foi convertido, georreferenciado e reprojitado para a vetorização da malha viária da região (DNIT, 2002);
- ✓ Um dos dados obtidos na etapa de campo foi a trilha das rodovias, com isso obteve-se um detalhamento dos dados obtidos pelo material do DNIT;

- Restrição de Plantio

- ✓ Para identificação e demarcação de áreas protegidas foram obedecidos o SNUC (Brasil, 2000) e o Código Florestal (Brasil, 1965). Os dados de Unidades de Conservação – UC e Terra Indígena – TI foram obtidos pelo Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental – SISLA, do Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul – IMASUL pelo site <http://sisla.imasul.ms.gov.br/>, originalmente no formato SHP e na projeção Lat/Long WGS84 (TI da Fundação Nacional do Índio – FUNAI do ano de 2008). Os dados de Assentamento Humano do ano de 2008 foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, originalmente no formato DWG. E as Áreas de Preservação Permanente foram geradas a partir da drenagem obtida anteriormente.

3. Resultados e Discussão

3.1 Rede de Drenagem

A rede de drenagem fotointerpretada com base em uma banda pancromática do satélite Landsat sensor ETM+ pode ser observada na figura 2.

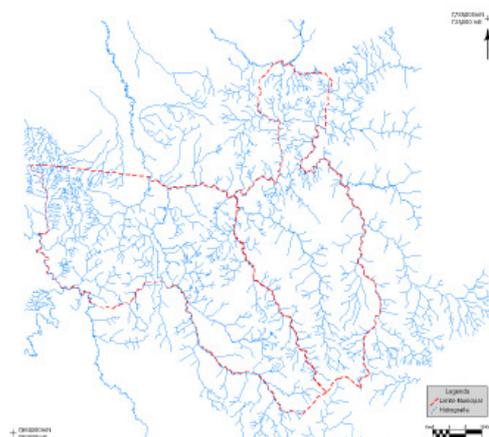


Figura 2 – Drenagem com base em uma banda pancromática Landsat, à esquerda o Município de Anastácio e a direita Dois Irmãos do Buriti.

3.2 Bacias Hidrográficas

A delimitação das bacias hidrográficas foi realizada inicialmente com os dados da Folha Campo Grande, SF 21 (IBGE, 1998), do MDE SRTM versão 3 e 4 (CGIAR-CSI, 2007; CGIAR-CSI, 2008) e dos resultados obtidos anteriormente na geração da rede de drenagem, e foram importantes para um melhor detalhamento. As bacias de atuação do Projeto são aquelas onde estão localizadas as fazendas de atuação do Projeto Reflorestar Legal (figura 3).

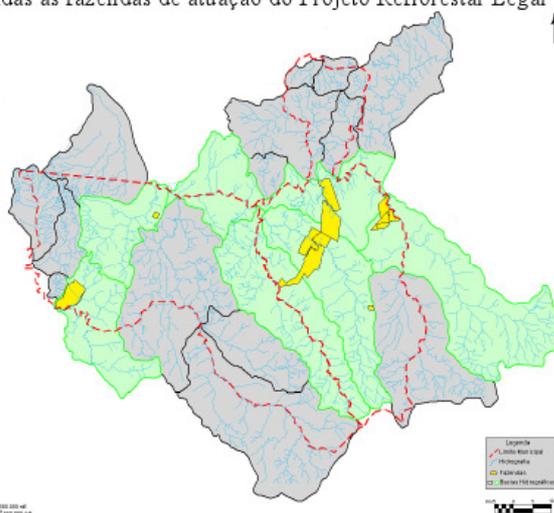


Figura 3 – Principais Bacias Hidrográficas da região de estudo. As BHs de atuação, destacadas em verde, são as que englobam as fazendas abrangidas pelo Projeto Reflorestar Legal.

3.3 Malha Viária

A confecção do mapa da malha viária foi com base no Mapa Rodoviário do Estado de MS do DNIT e detalhado com dados pós-processados obtidos em campo com GPS de precisão. Na figura 4 pode-se observar a malha viária de acordo com o DNIT, em escala 1:1.200.000 e na figura 5 a malha detalhada com o GPS (erro de 2 a 5 metros após o pós-processamento).

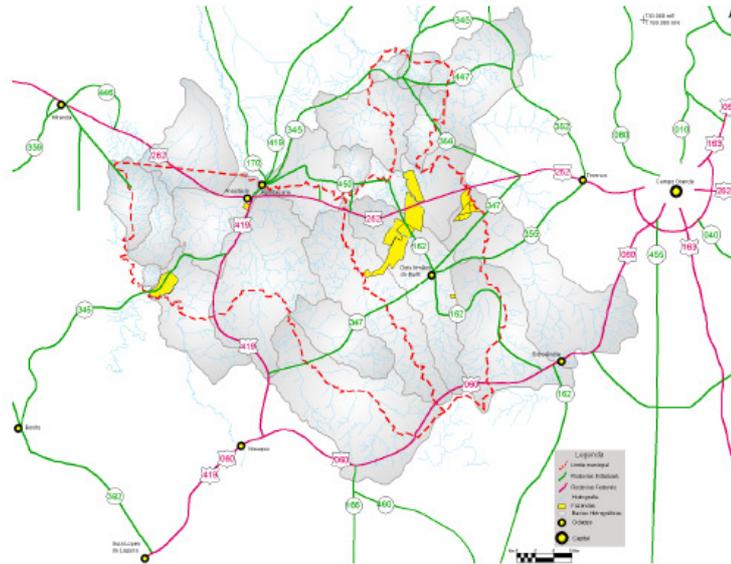


Figura 4 – Malha Viária obtida pela vetorização do Mapa Rodoviário do Estado de MS (DNIT, 2002).

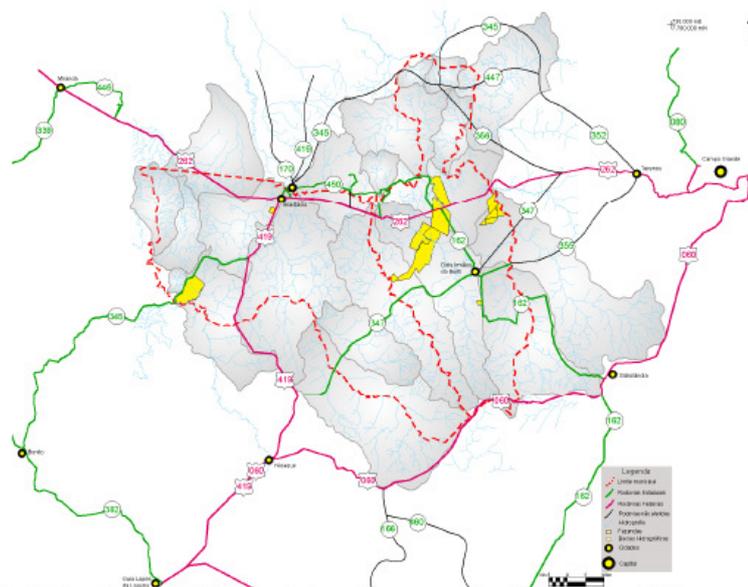


Figura 5 – Malha Viária obtida com dados pós-processados do GPS Juno ST.

3.5 Restrição de Plantio

Para melhor visualização, optou-se por separar o mapa por Município, sendo na figura 6 Anastácio e na figura 7 Dois Irmãos do Buriti.

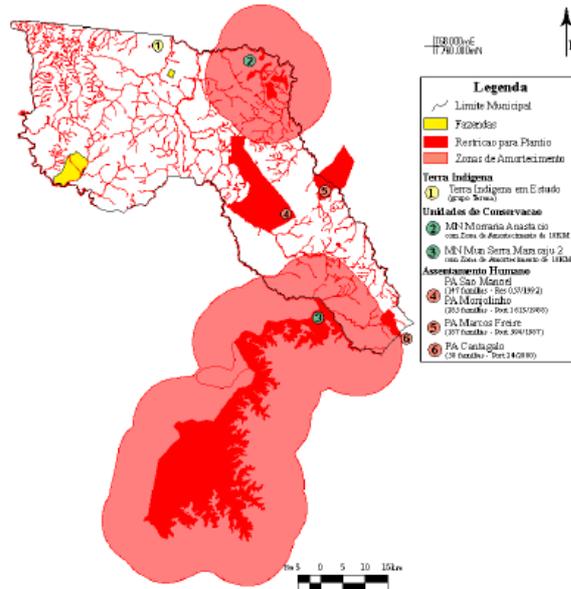


Figura 6 – Mapa de Restrição de Plantio, Município de Anastácio, MS.

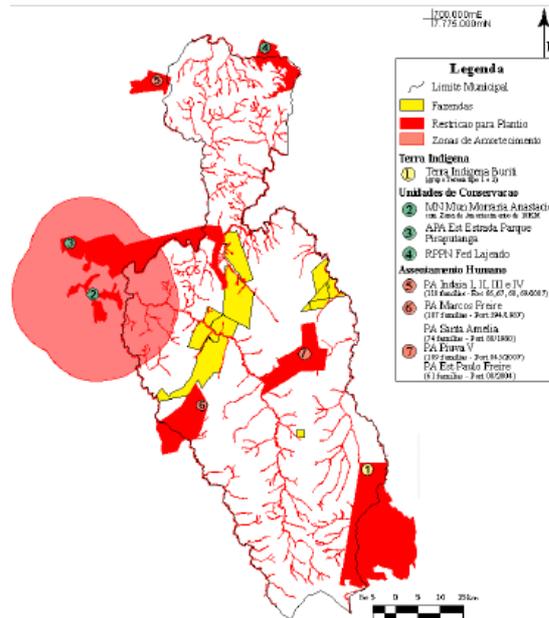


Figura 7 – Mapa de Restrição de Plantio, Município de Dois Irmãos do Buriti, MS.

4. Conclusões

Fornecer produtos que subsidie o planejamento, gerenciamento e tomada de decisões na área de estudo é essencial para haver harmonia entre a área de cultivo, recuperação das áreas degradadas e conservação dos recursos naturais.

Foram produzidos, até agora, quatro mapas principais:

- ✓ O Mapa de Hidrografia, que foi importante para gerar as Áreas de Preservação Permanente com base na drenagem;
- ✓ O Mapa das Bacias Hidrográficas, identificando as bacias de atuação efetiva da empresa;
- ✓ O Mapa da Malha Viária, mostrando as rodovias federais e estaduais, o acesso à área de estudo, que também será importante informação na possível implantação de corredores de vegetação natural;
- ✓ E, por fim, o Mapa de Restrição de Plantio, com função de identificar áreas nas quais não poderão haver plantios ou que respeitam normas específicas, e assim, deverão merecer maior atenção para que o projeto atinja o objetivo de conservação dos ambientes naturais da região.

Esta primeira etapa do Projeto Reflorestar Legal ainda está em andamento, e apesar dos importantes resultados obtidos, ainda é preciso comparar os produtos gerados com dados das fazendas de abrangência do Projeto (talhamento e remanescentes florestais), a fim de diagnosticar algumas situações, como por exemplo, o estado de conservação destas bacias.

O uso de geotecnologias é uma ferramenta importante no planejamento ambiental para gerar mapas e formar um banco de dados de forma rápida e confiável. Assim, acredita-se que os mapas já produzidos irão auxiliar no planejamento e gestão dos recursos naturais no Mato Grosso do Sul, traçando diretrizes ambientais para minimizar os impactos do plantio de eucalipto para a produção de carvão vegetal nos municípios de Anastácio e Dois Irmãos do Buriti.

Agradecimentos

Os autores agradecem à MMX Metálicos Corumbá Ltda – Unidade Florestal, ao INCRA e ao Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais/UFMS pelos dados disponibilizados.

Referências Bibliográficas

- Brasil, Leis. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Institui o novo Código Florestal**. Data da legislação: 15/09/1965 – Publicação DOU: 16/09/1965. 1965.
- Brasil, Leis. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Data da legislação: 31/08/1981 – Publicação DOU: 02/09/1981. 1981.
- Brasil, Leis. Lei nº 9.433 de 08 de Janeiro de 1.997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei 8.001 de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990 de 28 de dezembro de 1989**. Data da legislação: 08/01/1.997 – Publicação DOU: 09/01/1997. 1997.
- Brasil, Leis. Lei 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**. Data da legislação: 18 de julho de 2000 – Publicação DOU: 19/07/2000. 2000.
- Carvalho, A. P.; Neto, M. P. M.; Hübner, D. B.; Figueiredo, J. C. & Amorim, P. Q. R. Impactos socioeconômicos e ambientais do complexo minero-siderúrgico de Mato Grosso do Sul (CMS-MS). **Política Ambiental nº6**. Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas - Escola de Administração de Empresas de São Paulo. Conservação Internacional do Brasil. 2008.

CGIAR Consortium for Spatial Information – CSI. **Shuttle Radar Topography Mission – SRTM Modelo Digital de Elevação versão 3**. Disponível em <http://srtm.csi.cgiar.org/>. Último acesso em maio de 2008. 2008.

CGIAR Consortium for Spatial Information – CSI. **Shuttle Radar Topography Mission – SRTM Modelo Digital de Elevação versão 4**. Disponível em <http://srtm.csi.cgiar.org/>. Último acesso em novembro de 2008. 2008.

Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes – DNIT. **Mapa Rodoviário de Mato Grosso do Sul**. Disponível <http://www.dnit.gov.br/menu/rodovias/mapas>. Último acesso em novembro de 2008. 2002.

Harris, M.B.; Arcangelo, C.; Pinto, E.C.T.; Camargo, G.; Ramos Neto, M.B.; Silva, S. M. **Estimativas de perda da área natural da Bacia do Alto Paraguai e Pantanal Brasileiro. Relatório técnico não publicado**. Conservação Internacional, Campo Grande, MS. 2005. 35p.

Instituto Brasileiro Geografia e Estatística – IBGE. **Folha Campo Grande SF 21**. 1998.

Instituto Brasileiro Geografia e Estatística – IBGE. **Malhas Digitais – Municipal – 2005**. Disponível em ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas/malhas_digitais/municipio_2005/E500/. Último acesso em novembro de 2008. 2005.

Instituto Brasileiro Geografia e Estatística – IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável – Brasil 2008**. Estudos e Pesquisas Informação Geográfica número 5. ISSN 1517-1450. Rio de Janeiro/RJ. 2008.

Landsat ETM+. **Imagens de satélite**. Canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos. Órbita 225 Ponto 075. CD ROM. 17/06/2002. 2002a.

Landsat ETM+. **Imagens de satélite**. Canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos. Órbita 225 Ponto 074. CD ROM. 04/08/2002. 2002b.

Landsat ETM+. **Imagens de satélite**. Canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos. Órbita 226 Ponto 074. CD ROM. 27/09/2002. 2002c.

PCI Geomatics. **Geomatica Versão 10.1.3 for Windows**. Canada. 1 CD-ROM. 2007.

Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental – SISLA, Fundação Nacional dos Índios – FUNAI. **Terras Indígenas**. Disponível em <http://sisla.imasul.ms.gov.br/>. Último acesso em novembro de 2008. 2008.

Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental – SISLA, Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul – IMASUL. **Unidades de Conservação em MS e zonas de amortecimento**. Disponível em <http://sisla.imasul.ms.gov.br/>. Último acesso em novembro de 2008. 2008.