

**UNIVERSIDADE PARA O DESENVOLVIMENTO DO ESTADO E DA
REGIÃO DO PANTANAL – UNIDERP**

**PROGRAMA DE MESTRADO EM MEIO AMBIENTE E
DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

FELIPE MOREIRA SALLES

**ANÁLISE DA DINÂMICA DE OCUPAÇÃO DO SOLO DA REGIÃO DO
PARQUE ESTADUAL DAS VÁRZEAS DO RIO IVINHEMA – MATO
GROSSO DO SUL**

CAMPO GRANDE – MS

2005

FELIPE MOREIRA SALLES

**ANÁLISE DA DINÂMICA DE OCUPAÇÃO DO SOLO DA REGIÃO DO
PARQUE ESTADUAL DAS VÁRZEAS DO RIO IVINHEMA – MATO
GROSSO DO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em nível de Mestrado Acadêmico em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional da Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional.

Orientação:

Dra. Vera Lúcia Ramos Bononi

Dr. José Sabino

Dr. Silvio Jacks dos Anjos Garnés

CAMPO GRANDE – MS

2005

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: **Felipe Moreira Salles**

Dissertação defendida e aprovada em 30 de julho de 2005 pela Banca Examinadora:

Profa. Doutora **Vera Lúcia Ramos Bononi (orientadora)**

Prof. Doutor **Antônio Conceição Paranhos Filho (UFMS)**

Profa. Doutora **Eliane Cristina Vicente (UNIDERP)**

Prof. Doutor **Silvio Favero**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional

Profa. Doutora **Lúcia Salsa Corrêa**
Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação da UNIDERP

Aos meus pais Antonio e Leonor pelo apoio nessa jornada, a minha esposa Alline pela dedicação, compreensão e companheirismo e a minha filha Lívia que tanto amo.

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos,

Ao comitê de orientação: Prof^a. Dra. Vera Lúcia Ramos Bononi, Prof. Dr. Silvio Jacks dos Anjos Garnés e Prof. Dr. José Sabino pela valiosa orientação, críticas e sugestões durante o trabalho.

A Prof^a. Dra. Mercedes Abid Mercante e ao Prof. Dr. Cleber José Rodrigues Alho pela participação no exame de qualificação, correções e sugestões.

A CAPES pela bolsa de estudo.

Aos meus pais pelo apoio, a minha esposa pelo tempo dedicado e a minha filha que me encheu de alegria durante esse trabalho.

A todos professores, amigas da secretaria, e colegas do curso de Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional da Uniderp que me ensinaram, incentivaram e me acolheram nesse período.

Aos colegas do Laboratório de Geoprocessamento da Uniderp pela ajuda com o processamento das imagens.

Ao Prof. Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho da UFMS pela ajuda em todos os momentos do trabalho, incentivo e ensinamentos.

A Gerência de Conservação da Biodiversidade da Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul: Harold Fernando Vicente de Brito, Anna Cristina Mendo dos Santos, Leonardo Tostes Palma, José Valfrido Anunciação, pela sugestão da área de trabalho e fornecimento de dados.

Ao Geoprocessamento da SEMA – MS: Maurício Stefanés e Thaís Barbosa Azambuja Caramori pela imagem LANDSAT de 2002.

Ao guarda parque “Nardo” pela ajuda com trabalho de campo.

Ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – MS pelas imagens LANDSAT de 1996 e 1998.

Ao amigo Marco Costacurta de Barros pelas correções do trabalho, incentivo e idéias.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DA LITERATURA	03
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	03
2.1.1 Geologia.....	04
2.1.2 Solos.....	05
2.1.3 Geomorfologia.....	06
2.1.4 Clima.....	10
2.1.5 Hidrografia.....	11
2.1.6 Cobertura vegetal e fauna.....	12
2.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	14
2.3 ECOLOGIA DE PAISAGEM.....	18
2.4 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.....	21
2.5 SENSORIAMENTO REMOTO.....	24
2.5.1 Processamento de imagens digitais.....	31
3. MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	39
3.2 MATERIAL.....	40
3.2.1 Imagens de Satélite LANDSAT.....	40
3.2.2 Receptor GPS.....	40
3.2.3 Verificação de Campo.....	40
3.2.4 Software.....	41
3.3 MÉTODOS.....	41
3.3.1 Registro da Imagem.....	41
3.3.2 Recorte da Cena 224_076.....	42
3.3.3 Classificação supervisionada da imagem LANDSAT-5 TM de 2004.....	42
3.3.4 Classificação supervisionada das imagens LANDSAT-2 MSS de 1977, LANDSAT-5 TM de 1996, LANDSAT-5 TM de 1998 e LANDSAT-7 ETM+ de 2002.....	46

3.3.5 Mapa de Cobertura do Solo.....	51
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4.1 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO.....	52
4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS IMAGENS MULTITEMPORAIS.....	62
4.2.1 Imagem LANDSAT-2 MSS de 1977.....	62
4.2.2 Imagem LANDSAT-5 TM de 1996.....	65
4.2.3 Imagem LANDSAT-5 TM de 1998.....	69
4.2.4 Imagem LANDSAT-7 ETM+ de 2002.....	72
4.2.5 Análise da Dinâmica entre os Anos 1977 -2004.....	75
4.2.6 Análise da Dinâmica entre os Anos 1977-1996.....	77
4.2.7 Análise da Dinâmica entre os Anos 1996-1998.....	77
4.2.8 Análise da Dinâmica entre os Anos 1998-2002.....	78
4.2.9 Análise da Dinâmica entre os Anos 2002-2004.....	79
5. CONCLUSÃO.....	81
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo, representação do rio Paraná (rio de maior tamanho), baixo curso do rio Ivinhema (alto da figura acompanhando o rio Paraná à esquerda na figura) e limites do PEVRI em tracejado.....	04
Figura 2. Classes de cobertura do solo definidas para a região do PEVRI.....	44
Figura 3. Imagem LANDSAT-5 TM RGB 453 de 2004.....	53
Figura 4. Imagem LANDSAT-5 TM de 2004 classificada pelo método da mínima distância euclidiana.....	56
Figura 5. Imagem LANDSAT-5 TM de 2004 classificada pelo método da máxima verossimilhança.....	57
Figura 6. Imagem LANDSAT-5 TM de 2004 classificada pelo método da mínima distância euclidiana com as classes temáticas agrupadas em ÁGUA, NAT e ANTRP.....	58
Figura 7. Imagem LANDSAT-5 TM de 2004 classificada pelo método da máxima verossimilhança com as classes temáticas agrupadas em ÁGUA, NAT e ANTRP.....	59
Figura 8. Imagem LANDSAT-2 MSS RGB 754 de 1977.....	62
Figura 9. Imagem LANDSAT-2 MSS classificada pelo método da mínima distância euclidiana com as classes agrupadas em ÁGUA, NAT e ANTRP	

de 1977.....	63
Figura 10. Imagem LANDSAT-5 TM RGB 453 de 1996.....	66
Figura 11. Imagem LANDSAT-5 TM classificada pelo método da mínima distância euclidiana com as classes agrupadas em ÁGUA, NAT, ANTRP, NUVEM e SOMBRA de 1996.....	67
Figura 12. Imagem LANDSAT-5 TM RGB 453 de 1998.....	70
Figura 13. Imagem LANDSAT-5 TM classificada pelo método da mínima distância euclidiana com as classes agrupadas em ÁGUA, NAT e ANTRP de 1998.....	71
Figura 14. Imagem LANDSAT-7 ETM+ RGB 453 de 2002.....	73
Figura 15. Imagem LANDSAT-7 classificada pelo método da mínima distância euclidiana com as classes agrupadas em ÁGUA, NAT e ANTRP de 2002.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Áreas das classes temáticas nos métodos MINDIST e MAXVER.....	60
Tabela 2. Áreas das classes agrupadas nos métodos MINDIST e MAXVER.....	60
Tabela 3. Áreas das classes temáticas da imagem de 1977.....	64
Tabela 4. Áreas das classes agrupadas da imagem de 1977.....	65
Tabela 5. Áreas das classes temáticas da imagem de 1996.....	68
Tabela 6. Áreas das classes agrupadas da imagem de 1996.....	69
Tabela 7. Área das classes temáticas da imagem de 1998.....	72
Tabela 8. Áreas das classes agrupadas da imagem de 1998.....	72
Tabela 9. Área das classes temáticas da imagem de 2002.....	75
Tabela 10. Áreas das classes agrupadas da imagem de 2002.....	75
Tabela 11. Comparação das áreas das classes agrupadas entre 1977 e 2004.....	76
Tabela 12. Comparação das áreas das classes agrupadas entre 1977 e 1996.....	77
Tabela 13. Comparação das áreas das classes agrupadas entre 1996 e 1998.....	78
Tabela 14. Comparação das áreas das classes agrupadas entre 1998 e 2002.....	79

Tabela 15. Comparação das áreas das classes agrupadas entre 2002 e 2004..... 80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Característica espectral e espacial dos sensores LANDSAT.....	30
Quadro 2. Pontos de controle, localização, verdade no solo e classificação obtida com os métodos MINDIST e MAXVER.....	54

RESUMO

O principal objetivo deste trabalho é realizar uma análise da dinâmica da cobertura do solo da região do Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinhema – MS, com enfoque nas transformações das áreas naturais, através de processamento de imagens multitemporais do satélite LANDSAT. Foram utilizadas as imagens LANDSAT de diferentes períodos (1977, 1996, 1998, 2002 e 2004). Foi realizada primeiramente uma análise dos métodos de classificação supervisionada da mínima distância euclidiana (MINDIST) e da máxima verossimilhança (MAXVER), a fim de comparar seus resultados. O método da mínima distância euclidiana foi o que apresentou resultado mais próximo da verdade de campo para imagem de 2004, principalmente para classificação da classe temática florestal, que para este estudo é a classe chave para análise. Foram utilizados para desenvolvimento deste trabalho os “softwares” ERDAS IMAGINE 8.6 (ERDAS, 2002) e ENVI 3.4 (ENVI, 2000). Os resultados das classificações das imagens multitemporais mostram que a matriz de paisagem mudou de natural para antrópica na área em estudo. Houve uma perda de 47,59% das áreas naturais no período de 1977 a 2004 e um ganho de 100,14% de áreas antrópicas nesse mesmo período. As áreas florestais ocupavam 40,55% em 1977 e 17,41% em 2004 do total da superfície estudada. Esta perda de áreas naturais traz sérias conseqüências para diversidade biológica da região. Através da relação espécie/área da teoria de biogeografia de ilhas, estima-se que 10% das espécies da região tenham sido eliminadas. Através da grande fragmentação florestal sem conexão de corredores, a região torna-se frágil.

PALAVRAS CHAVES: ocupação do solo, classificador digital, imagem de satélite e fragmentação florestal.

ABSTRACT

This work aims at carrying out an analysis of the land cover dynamics in the region of the Várzeas do Rio Ivinhema State Park – MS, by focusing on transformations of the natural areas, and by processing multitemporal LANDSAT images. The work used LANDSAT images from different periods (1977, 1996, 1998, 2002 and 2004). First, an analysis of the supervised classification methods for the minimum distance to means (MINDIST) and the maximum likelihood (MAXVER) was performed, in order to compare their results. The minimum distance to means method presented results closest to the field truth for the 2004 image, especially for classification the forestal thematic class, which for this study is the key class for analysis. We used the software products ERDAS IMAGINE 8.6 (ERDAS, 2002) and ENVI 3.4 (ENVI, 2000) for developing this work. The results from multitemporal image classification evidence the landscape matrix has changed from natural to anthropic within the area being studied. There was a loss of 47.59% in natural areas in the period from 1977 to 2004 and a gain of 100.14% of anthropic areas in this same period. The forest areas occupied 40.55% in 1977 and 17.41% in 2004 from the total surface studied. This loss of natural areas brings severe consequences for the biological diversity in the region. By the species/area ratio of the island biogeography theory, we estimate that 10% of the species in the region have been eliminated. Due to the large forest fragmentation with no corridor connections, the region becomes fragile.

KEY WORDS: land cover, digital classifier, satellite image and forest fragmentation.

1 INTRODUÇÃO

O uso e a ocupação adequada do solo evitam ou diminuem a degradação dos recursos naturais. Entretanto, a não compatibilidade entre os usos econômicos da terra e a preservação de sua integridade ecológica geram numerosos impactos ambientais, além de não garantir a própria sustentabilidade econômica dessas formas de exploração da terra.

Atualmente, poucos são os locais de áreas intocadas, virgens, sem nenhuma alteração antrópica. Dessa forma, em maior ou menor grau de alteração, o espaço geográfico se modificou, e permanece em constante alteração, em uma dinâmica constante de construção do espaço atual vivenciado.

A demanda por mais áreas econômicas gera impactos como a fragmentação da paisagem, que divide ambientes anteriormente ocupados por grandes áreas em pequenos pedaços isolados, muitas vezes sem conectividade entre eles, de forma que a diversidade de espécies entre em declínio.

Uma das maneiras encontradas para conservar e preservar hábitat são as Unidades de Conservação ou UC. Os diversos tipos de UC visam contribuir para preservação e restauração da diversidade biológica, delimitando áreas de grande valor biológico onde os usos permitidos são restritos por legislação específica.

No Brasil, inúmeras UC foram criadas, porém poucas realmente atingiram os objetivos propostos de preservação e conservação, resultado de um manejo inadequado, falta de recursos financeiros, falta de pessoal capacitado para trabalhar em uma UC e principalmente inexistência de uma zona de transição entre áreas antropizadas e a UC.

Nesse contexto encontra-se a região do Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinhema – PEVRI, criado pelo Decreto nº 9.278 em 1998, constituindo-se na primeira unidade de conservação de uso indireto criada no Estado de Mato Grosso do Sul.

O Parque ocupa uma área de 73.315 hectares, abrangendo os municípios de Naviraí, Jateí e Taquarussu no Estado de Mato Grosso do Sul. Esta área se trata do último trecho livre sem represamento do Rio Paraná em território nacional.

Os diferentes modos de uso e ocupação dos solos existentes na região do PEVRI geram impactos não só nestas localidades como também dentro dos limites do Parque. No entorno do PEVRI, as atividades existentes deveriam seguir as restrições impostas pelo plano de manejo da unidade ou pelo órgão responsável pelo PEVRI, no caso a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul – SEMA-MS, porém o plano de manejo da unidade não contempla esta zona de transição, chamada de zona de amortecimento, e as atividades existentes atualmente no entorno do PEVRI não seguem nenhuma restrição.

As imagens de satélites aliadas às técnicas de processamento digital, são ferramentas poderosas para identificar a cobertura do solo na região do PEVRI. Pode-se com elas classificar em classes temáticas a cobertura atual e pretérita do solo e compará-las para um melhor entendimento da dinâmica de ocupação e da estrutura da paisagem, a fim de servir como base para subsidiar políticas de conservação.

A classificação das imagens em classes temáticas pode ser realizada por diferentes métodos existentes e é importante mostrar a existência de diferenças nos resultados entre os métodos utilizados.

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo principal analisar a dinâmica de ocupação do solo da região do PEVRI, com um enfoque nas áreas naturais, através de processamento de imagens multitemporais do satélite LANDSAT dos anos de 1977, 1996, 1998, 2002 e 2004.

Para alcançar os objetivos propostos, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- 1) Comparar o método de classificação supervisionado utilizando os métodos da máxima verossimilhança (MAXVER) e mínima distância euclidiana (MINDIST) para a região do PEVRI na imagem de 2004 e escolher o de melhor resultado para posterior classificação das imagens dos anos de 1977, 1996, 1998 e 2002;
- 2) Classificar a cobertura do solo na região do PEVRI das imagens multitemporais por meio de técnicas de processamento de imagens de satélite.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinhema foi instituído como medida de compensação ambiental da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta, antigo Porto Primavera. A importância fundamental que justificou sua criação foi por ser este o último trecho livre, sem represamento, do rio Paraná (MATO GROSSO DO SUL, 2001).

O Parque torna-se importante para o Estado e o país, visto que em decorrência da construção da usina, milhares de hectares desapareceram pela formação do lago, servindo assim de refúgio para fauna terrestre e conservação e preservação da flora e ictiofauna deste ecossistema (MATO GROSSO DO SUL, 2001).

Os principais objetivos de conservação do Parque são: conservar os fragmentos de florestas, os remanescentes de várzeas e ecossistemas associados dos rios Ivinhema e Paraná; manter mecanismos de regulação natural das bacias hidrográficas locais e promover à preservação da diversidade genética das espécies que habitam o Parque, principalmente, aquelas ameaçadas de extinção. O PEVRI encontra-se em processo de regularização fundiária. Atualmente já foram adquiridos 80% da área e os demais estão em fase de negociação (MATO GROSSO DO SUL, 2001).

A região de estudo, o baixo curso do Rio Ivinhema (rio meandrante que acompanha paralelamente o Rio Paraná) e o Rio Paraná (rio de maior tamanho) são mostrados na Figura 1. Os limites do PEVRI estão representados em tracejado.

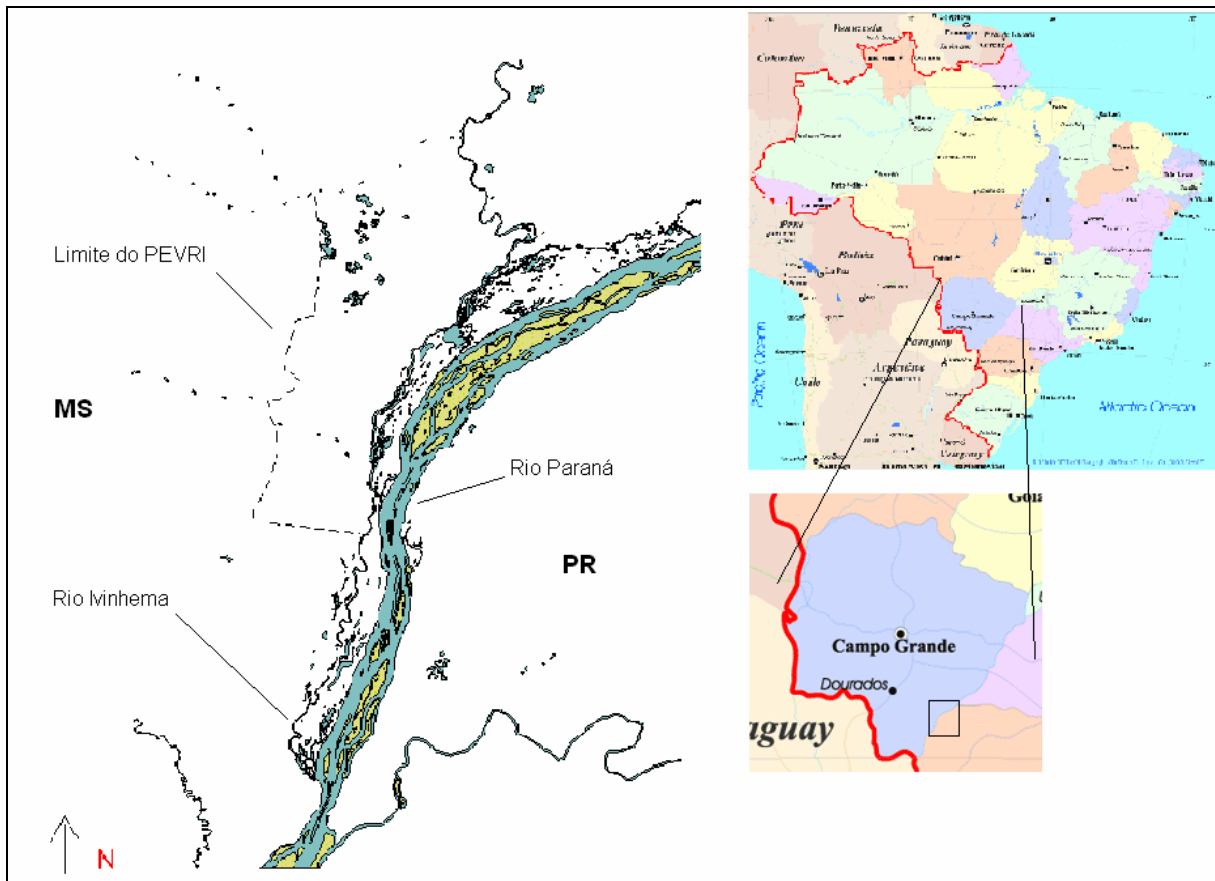


Figura 1. Localização da área de estudo, representação do Rio Paraná (rio de maior tamanho), baixo curso do Rio Ivinhema (alto da figura acompanhando o Rio Paraná à esquerda na figura) e limites do PEVRI em tracejado.

Fonte: adaptado de MATO GROSSO DO SUL 2001.

2.1.1 Geologia

A bacia de drenagem do rio Paraná, a montante de Guaíra, está implantada principalmente sobre a bacia sedimentar do Paraná. Os afluentes da margem direita possuem suas nascentes nas Serras de Maracajú (Ivinhema) e das Araras, área de afloramento das rochas do Grupo Bauru e da Formação Serra Geral (MATO GROSSO DO SUL (b), 2002).

A configuração da bacia hidrográfica foi imposta pelo maior soerguimento das serras do Mar, da Mantiqueira, da Canastra, do Caiapó e de Maracajú, com relação à calha da bacia (SOARES; LANDIM 1976 *apud* SOUZA FILHO; STEVAUX, 1997).

Todos os afluentes da bacia são rios conseqüentes ou resseqüentes, pois correm no sentido do mergulho das camadas litológicas; os principais afluentes

ocupam estruturas geológicas que compartimentam blocos estruturais (SOUZA FILHO; STEVAUX, 1997).

O substrato geológico da calha fluvial do rio Paraná, em seu alto curso, é constituído por basaltos da formação Serra Geral (JK) e por arenitos das formações Santo Anastácio e Caiuá, do Grupo Bauru (K). Os basaltos ocorrem a montante, até a região de Três Lagoas, e a jusante, a partir de Guaíra para o sul. A área de menor taxa de soerguimento é responsável pela preservação dos arenitos do Grupo Bauru, sobre os quais o rio corre por mais de 450 km até Guaíra (SOUZA FILHO; STEVAUX, 1997).

Os diferentes substratos rochosos impõem características distintas a partes diversas do rio. Nas áreas de ocorrência de basalto o vale é mais fechado, com corredeiras e saltos, como os de Urubupungá e de Sete Quedas, hoje encobertos pelos reservatórios de Jupia e de Itaipu, respectivamente. Na área de ocorrência dos arenitos do Grupo Bauru o quadro é bastante distinto, pois não há corredeiras, e o vale é bastante aberto (SOUZA FILHO; STEVAUX, 1997).

A área compreendida pelo PEVRI está associada a três conjuntos de depósitos de origem colúvio-aluvial, aluvial e fluvial. Morfologicamente estão relacionados aos terraços médio e baixo e à planície aluvial. Localmente é possível observar a ocorrência de setores erodidos de depósitos de terraço alto na área do PEVRI, porém sem significância espacial para a escala de mapeamento utilizada. Geologicamente, os depósitos têm idade quaternária e associam-se as variações de caráter paleo-hidrológico (MATO GROSSO DO SUL (b), 2002).

As estruturas geológicas na área que compreende o PEVRI foram mapeadas e classificadas segundo o Plano de Manejo da SEMA em: depósito de terraço alto; depósito de terraço médio; depósito de terraço baixo, abrigando a zona de leques aluviais, zona retrabalhada e zona reliquiar; depósitos de planície aluvial, abrigando a zona de paleobarras, zona de bacia de inundação e zona de diques (MATO GROSSO DO SUL (b), 2002).

2.1.2 Solos

A classificação de solos da região do PEVRI utilizada neste trabalho foi obtida das cartas Loanda e Umuarama do Projeto Estudos Integrados do Potencial de

Recursos Naturais do Estado de Mato Grosso do Sul, realizado pela Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral – SEPLAN/MS de 1987. Segundo a SEPLAN/MS (1987), na região do PEVRI, podem-se encontrar os seguintes solos:

- Latossolo Vermelho-Escuro álico;
- Latossolo Roxo distrófico;
- Podzólico Vermelho-Escuro álico;
- Podzólico Vermelho-Amarelo álico;
- Planossolo álico;
- Glei pouco húmico distrófico;
- Solos orgânicos distróficos;
- Areias Quartzosas distróficas;
- Associação complexa (planossolo álico + glei húmico distrófico e eutrófico + glei pouco húmico distrófico e eutrófico + areias quartzosas hidromórficas álicas + areias quartzosas álicas + solos orgânicos álicos + solos aluviais distróficos e eutróficos).

2.1.3 Geomorfologia

A paisagem do PEVRI é produto momentâneo dos dois sistemas morfodinâmicos - Encosta e Fluvial, que se alternam em importância durante as fases secas e úmidas do Quaternário Superior. Em face às condições atuais úmidas, os processos ligados à ação das águas canalizadas e dissecação linear (voçorocas, sulcamentos e escorregamentos) são preponderantes (MATO GROSSO DO SUL (c), 2002).

No subsistema de encosta e interflúvio atuam os processos ligados à erosão e sedimentação inclinada. Neste tem-se a atuação das águas de escoamento pluvial, originando os depósitos de formação superficial detrítica denominados genericamente de colúvio. No subsistema fluvial atuam os processos ligados à erosão e sedimentação sub-horizontal. Neste, tem-se a atuação dos processos ligados à dissecação linear através das águas canalizadas e formação dos terraços (MATO GROSSO DO SUL (c), 2002).

As unidades geomorfológicas do PEVRI são assim classificadas (MATO GROSSO DO SUL (c), 2002):

Ambiente de Planície Fluvial:

- Zona de Canal (leito maior)
- Zona de Diques
- Zona de Barra de Meandro
- Zona de Bacia de Inundação
- Zona de Paleobarras

Ambiente de Terraço:

- Terraço Baixo
 - Zona de Leque Aluvial
 - Zona Retrabalhada
 - Zona Reliquiar
- Terraço Médio
- Terraço Alto

a) Ambiente Fluvial

Zona de Canal (leito maior)

Na área do PEVRI os canais de escoamento principais são representados pelo Rio Ivinhema, complexo Araçatuba/Curutuba/rio Baia, Rio Guiraí, córrego Fumaça, Rio Curupaí e córrego Nhundaí (MATO GROSSO DO SUL (c), 2002).

Em escala regional, um fenômeno caracteriza todos esses canais, a retomada de erosão em seus leitos, ganhando importância o aprofundamento do talvegue, a corrosão vertical e lateral e a geometria meândrica (o Rio Ivinhema está em processo de retificação, revelando sua dinâmica de evolução sob as condições atuais) (MATO GROSSO DO SUL (c), 2002).

A bacia de inundação que se desenvolve quase de forma contínua na margem esquerda do Rio Ivinhema é denominada de várzea do Ivinhema, tem origem associada ao Rio Paraná. Apenas em cheias excepcionais o Rio Ivinhema transborda por sobre parte desta unidade (MATO GROSSO DO SUL (c), 2002).

Zona de Diques

Nesta zona predominam os processos ligados a acreção vertical, através do transbordamento do rio durante as cheias. Como feições associadas existem os diques marginais, lagoas de dique marginal e rompimento de dique (todas no rio Ivinhema). Porém estas feições são pouco desenvolvidas no PEVRI, pela atual importância dos processos de corrasão vertical e lateral. As feições de diques marginais ocorrem em trechos isolados após a inflexão para sul no setor médio da margem direita (MATO GROSSO DO SUL (c), 2002).

Zona de Barra de Meandros

A área de ocorrência de barras de meandro restringe-se ao setor do rio Ivinhema a montante do canal de Araçatuba. Atualmente essas áreas funcionam como uma feição de terraço de várzea, inundável em cheias superiores (MATO GROSSO DO SUL (c), 2002).

Zona de Bacia de Inundação

A zona de Bacia de inundação ocorre praticamente em toda margem esquerda do rio Ivinhema. Essa zona, atualmente em face da mudança do nível de base do rio Paraná e por consequência de seus afluentes, comporta-se como terraço de várzea, sendo atingida apenas em cheias superiores (MATO GROSSO DO SUL (c), 2002).

Associada a essas antigas bacias de inundação, verifica-se uma concentração de lagoas de transbordamento, a maioria não conectada a rede de drenagem atual e não atingida pelas cheias, tendendo a apresentar uma forma alongada, e apenas as lagoas dos Patos, do Ventura e do Pintado acham-se conectadas ao rio Ivinhema (MATO GROSSO DO SUL (c), 2002).

Zona de Paleobarras

Desenvolve-se juntamente à área de bacia de inundação voltado para o rio Paraná. Apresentam feixes de antigas barras longitudinais formadas sob condições hidrológicas diferentes das atuais e está associada diretamente a dinâmica do rio Paraná. Essas feições se originam quando a corrente no canal fluvial é incapaz de transportar a sua carga mais grosseira, podendo formar ilhas ou se em feixes, áreas

de várzeas. Atualmente essas áreas funcionam como um terraço de várzea (MATO GROSSO DO SUL (c), 2002).

b) Ambiente de Encosta

- Terraço Baixo

Zona de Leque Aluvial

A zona de Leque Aluvial é uma forma deposicional constituída por sedimentos coluviais e aluviais sobrejacentes ao nível do Terraço Baixo e Zona Reliquiar. Essa configuração dos depósitos indica morfologicamente feições de rampa-terraço em nível de Terraço. Atualmente, encontram-se inundados funcionando como área de planície inundada dos canais do córrego Fumaça, Nhundaí e de drenagens locais. A atuação dinâmica mostra uma tendência geral de aprofundamento de seus talvegues, indicando uma possível evolução deste leque aluvial para uma feição de terraço de várzea (MATO GROSSO DO SUL (c), 2002).

Zona Retrabalhada

A zona Retrabalhada apresenta feições associadas a processos fluviais de ambiente meândrico sub atual, feições de sistema de drenagens incipientes, podendo localmente apresentar a forma de vereda e formas relictas isoladas da Zona Reliquiar. Essa Zona Retrabalhada desenvolveu-se sobre sedimentos de Terraço Baixo preservados na Zona Reliquiar, portanto por retrabalhamento do rio Ivinhema em fase sub atual e mais semelhante às condições vigentes úmidas (MATO GROSSO DO SUL (c), 2002).

Zona Reliquar

A zona Reliquiar correspondente a um terraço embutido, originado pela remoção parcial dos depósitos do Terraço Médio durante o aprofundamento da drenagem. Esta zona corresponde aos setores superiores do Terraço Baixo e ocorre como uma faixa contínua situada em torno de 5 a 7 km de distância do rio Ivinhema. Corresponde a uma superfície sub-horizontal tendo na sua parte superior material

colúvio-aluvial, demonstrando uma fase de alternância de importância de processos de encosta e fluvial (MATO GROSSO DO SUL (c), 2002).

- Terraço Médio

O terraço médio ocorre na parte Norte e Oeste do PEVRI entre as cotas de 245 e 230m. Estes teriam-se originados do retrabalhamento dos depósitos de Terraço Alto a partir de processos ligados a atuação do escoamento superficial por erosão laminar, sob condições distintas das atuais. As características fisionômicas hoje são de lagoas/banhados, dales, ravinas e rampas de areia branca que denunciam um jogo de forças entre a dissecação linear, a erosão generalizada areolar e a colmatagem progressiva dos dales e lagoas. A denominação terraço é mais de caráter litológico do que morfodinâmico, pois trata-se de uma forma de relevo de rampa-terraço na qual predominam processos ligados a erosão/sedimentação em ambientes de encosta (MATO GROSSO DO SUL (c), 2002).

- Terraço Alto

Está praticamente fora dos limites do PEVRI, porém é importante como área fonte de material seja através de águas canalizadas ou como da atuação das águas de escoamento superficial pluvial. A maior parte dos materiais associados a este terraço compreende formações arenosas a argilosas-arenosas que recobrem encostas, interflúvios e avança em direção aos vales, constituindo muitas vezes seu substrato na área de transição para o PEVRI, onde tendem a se desenvolver os canais de drenagem de primeira ordem, ravinamentos e voçorocamentos (MATO GROSSO DO SUL (c), 2002).

2.1.4 Clima

O clima da região em estudo é classificado por Köppen como tropical úmido (Aw), caracterizada por estações úmidas e secas alternadas e a precipitação anual é maior do que a evapotranspiração anual. É geralmente encontrado entre as

localizações médias das baixas pressões equatoriais e das altas pressões subtropicais. Neste tipo de clima a estação seca é severa e tem amplo efeito sobre a vegetação (AYOADE, 1998).

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, as normais climatológicas para a região do PEVRI são: temperatura máxima anual de 27°C a 30°C, temperatura média anual de 21°C a 24°C, temperatura mínima anual de 15°C a 18°C, precipitação anual de 1500 a 1800 mm, número de dias de chuva anual de 210 a 240 dias, insolação anual de 2100 a 2400 horas, nebulosidade anual de 3 a 4 décimo, umidade relativa anual de 60 a 70% e evaporação anual de 1200 a 1600 mm.

2.1.5 Hidrografia

A área de estudo faz parte da bacia hidrográfica do Rio Ivinhema, bacia afluente da margem direita da região denominada de Bacia do Alto Curso do Rio Paraná, na porção média (MATO GROSSO DO SUL (a), 2002).

Hidrograficamente o PEVRI localiza-se no trecho fluvial de baixo curso do Rio Ivinhema e em ambiente de várzea desta unidade hidrográfica. A maior parte dos limites desta unidade de conservação é constituída por drenagens. Ao norte tem como limite o afluente da margem direita denominado Guiraí, o trecho do Rio Ivinhema compreendido entre a foz do Rio Guiraí e o canal de Araçatuba, o canal de Araçatuba, o Rio Curutuba e o baixo curso do Rio Baía. A leste tem como limite às barrancas do Rio Paraná. A oeste verifica-se que seus limites estão associados a dois critérios distintos: na área referente ao limite centro-oeste a noroeste este se associa ao limite aproximado das áreas com influência flúvio-lacustre, enquanto, a parte sudoeste apresenta uma linha seca até o Rio Ivinhema e deste até a sua foz mais ao sul. Ao sul tem-se a foz principal do Rio Ivinhema (MATO GROSSO DO SUL (a), 2002).

O canal Araçatuba, o Rio Curutuba, o Rio Baía e o Rio Ivinhema com os seus afluentes o Rio Guiraí, córrego Fumaça, Rio Curupaí, córrego Nhundaí formam os principais canais ativos da rede de drenagem na área do PEVRI (MATO GROSSO DO SUL (a), 2002).

A maior parte dos afluentes do rio Ivinhema apresentam poucos tributários e predominam os de primeira ordem. O Rio Laranjaí também afluente do Rio Ivinhema, nesse trecho de baixo curso, tem apenas a sua foz como parte da unidade de conservação. É observada, ainda, a presença de pequenos canais de drenagem com hierarquia de primeira ordem que desembocam e se espraiam nas áreas de banhados e várzeas (MATO GROSSO DO SUL (a), 2002).

Além dos canais citados, as inúmeras lagoas e banhados configuram os demais corpos d'água que completam a rede de drenagem na área do PEVRI. São observadas ainda na região áreas com grande concentração de pequenas depressões secas ou com pequena lâmina d'água, normalmente denominada dales (MATO GROSSO DO SUL (a), 2002).

2.1.6 Cobertura Vegetal e Fauna

A região Centro-Oeste, devido sua grande extensão, apresenta quase todas as formações vegetais do Brasil. Particularmente no Estado de Mato Grosso do Sul, ocorre predominantemente à formação de Cerrado, e secundariamente as formações de Campo, Floresta Ombrófila Densa, Complexo do Pantanal e uma estreita faixa de Floresta Estacional Semidecidual e transição Cerrado/Floresta Estacional Semidecidual ao sul, que se estende desde as proximidades de Três Lagoas até Ponta Porã, pelo rio Ivinhema (SANTOS *et al.*, 1977 *apud* MATO GROSSO DO SUL (e), 2002).

As diferenças de formações vegetais acompanham as modificações de natureza climática, topográfica e edáficas, agindo de forma conjugada. Desse mosaico vegetacional, particularmente na área de estudo, a cobertura vegetal original era representada pela Floresta Estacional Semidecidual, áreas de transição Floresta Estacional Semidecidual/Cerrado e áreas de Formações Pioneiras, distribuídas em diferentes unidades geomorfológicas. As fitofisionomias presentes na área de estudo apresentam os seguintes conceitos (VELOSO *et al.*, 1992 *apud* MATO GROSSO DO SUL (f), 2002).

A Floresta Estacional Semidecidual está condicionada pela dupla estacionalidade climática, uma tropical, com épocas de chuvas intensas de verão, seguidas por estiagem acentuada e outra subtropical, sem período seco, mas com

seca fisiológica provocada pelo intenso frio de inverno. Na área de estudo ocorrem às formações Aluviais e Submontana em função da variação altimétrica. Algumas espécies dessa fisionomia são: *Acrocomia* sp. (macaúba), *Tillandsia streptocarpa* (gravatá), *Aspidosperma polyneuron* (peroba rosa), *Cereus* sp. (mandacaru), *Triplaris brasiliensis* (formigueiro ou pau-de-novato), *Hymenaea courbaril* (jatobá), *Cedrela fissilis* (cedro), *Tabebuia* sp. (ipê), *Cecropia* sp. (embaúba) (MATO GROSSO DO SUL (f), 2002).

A Vegetação Pioneira com Influência Fluvial é a vegetação de primeira ocupação dos terrenos rejuvenescidos pelas seguidas deposições dos solos ribeirinhos aluviais e lacustres, tratando-se, portanto de comunidades vegetais das planícies aluviais que refletem as cheias dos rios ou então das depressões alagáveis todos os anos. Destacam-se algumas espécies: *Sagittaria montevidensis* (capim flecha), *Andropogon bicornis* (rabo de burro), *Typha domingensis* (taboa) e *Pffafia glomerata* (ginseng) (MATO GROSSO DO SUL (f), 2002).

As Áreas de Tensões Ecológicas ou Vegetações de Transição são determinadas quando duas ou mais regiões ecológicas se interpenetram, constituindo o ecótono ou contatos edáficos. Na área de estudo essa associação é verificada entre a Floresta Estacional Semidecidual Submontana e a Savana (Cerrado). Algumas espécies dessa fisionomia são marcadas por: *Pterogine niterus* (amendoim) e *Ingá* sp. (anguinho-do-cerrado) (MATO GROSSO DO SUL (f), 2002).

A listagem de fauna foi elaborada pelo Plano de Manejo do PEVRI – Relatório 8, nela encontra-se o sub reino dos metazoários, a partir do Filo dos Cordados, incluindo apenas o Sub-Filo dos Vertebrados. Dentre os vertebrados foram contempladas as classes: dos Peixes ósseos, Répteis, Aves e Mamíferos (MATO GROSSO DO SUL (f), 2002).

Das classes encontradas na lista, os répteis são aqueles que representam menor diversidade, duas ordens (Crocodilia e Squamata), três famílias e também três espécies. Ao contrário, aves foram à classe mais diversificada, totalizando 42 espécies, sendo cinco indeterminadas, distribuídas em 10 ordens e 22 famílias. Os mamíferos compreendem sete ordens, 13 famílias e 18 espécies e os peixes seis ordens, sendo Characiformes a mais representativa com oito espécies (MATO GROSSO DO SUL (f), 2002). Nitidamente pela listagem apresentada pelo Plano de Manejo do PEVRI – Relatório 8, todos os grupos estão sub amostrados.

2.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA REGIÃO DO PEVRI

Devido à falta de publicações sobre o histórico de ocupação da região em estudo, a descrição do uso e ocupação do solo baseou-se em Rosa, (1997) e no Plano de Manejo do PEVRI, (MATO GROSSO DO SUL (d), 2002).

Na área de entorno direto do PEVRI predominam atividades produtiva vinculadas à pecuária bovina com níveis diferenciados de intensividade. Secundariamente, ocorre restrito a arrendamentos e pequenas propriedades, o cultivo de alguns produtos agrícolas como mandioca, trigo, soja e milho. Além dessas atividades cita-se, como atividade também importante, a pesca que se desenvolve na área de influência do rio Paraná (MATO GROSSO DO SUL (d), 2002).

A área compreendida hoje pelo PEVRI, estava até 1998, incorporada ao modo de produção de pecuária, principalmente de engorda, com rotação de pasto. Ocorriam, ainda, atividades pesqueiras, principalmente de “espera”, ao longo do rio Ivinhema e nas lagoas de várzea. Além dessas, duas outras atividades informais também importantes caracterizavam a apropriação de recursos no PEVRI, o extrativismo de ginseng e a caça (MATO GROSSO DO SUL (d), 2002).

Até o último quarto do século 19, os planaltos do Oeste de São Paulo e do Norte do Paraná, localizados na bacia do alto rio Paraná, constituíam áreas pouco conhecidas, habitadas, sobretudo por grupos indígenas. Por volta de 1870, a expansão da “frente pioneira” paulista transformou as florestas da margem esquerda do rio Paraná em terras de cultura, enquanto se desenvolvia a pecuária nos campos sul-matogrossenses (ROSA, 1997).

As ocupações modernas dessas terras no então Estado de Mato Grosso datam de 1931, quando posseiros e grileiros se instalaram na região noroeste do Paraná, empreendendo derrubadas das matas e abrindo caminhos que ligaram o Mato Grosso ao norte do Paraná. Nesse processo, marcado pela grilagem e disputas de terras, agricultores nordestinos e paulistas, plantadores de algodão e café, tornaram-se pela primeira vez proprietários de um pedaço de terra, ou apenas se apossaram daquelas que conseguiram desmatar. Vieram também colonos do Sul, gaúchos e catarinenses, ocupar o espaço virgem do extremo noroeste do Paraná (ROSA, 1997).

Além do algodão, o gado bovino esteve presente na região. O processo de ocupação, acelerado a partir da década de 60, levou ao povoamento e expansão da área central, que sofreu influência direta do eixo ferroviário e rodoviário de ligação com São Paulo, permanecendo relativamente vazios os municípios que beiram o rio Paraná, especialmente as áreas alagáveis. Na época, a região de Dourados era importante fornecedora de madeiras para Brasília e São Paulo. Tratava-se, como ainda ocorre em outras regiões do Centro-Oeste, de uma atividade primária destinada principalmente a propiciar as condições para a formação de pastos. O cultivo de cereais, particularmente o arroz de sequeiro, era feito no sistema de arrendamento de pequenas parcelas, enquanto se formavam as pastagens (ROSA, 1997).

O período de 1960 a 1970 foi marcado pela acentuação das transformações na paisagem decorrentes de uma ocupação esparsa, por posseiros, que ocorria ao longo dos rios Ivinhema e Paraná. Estes proprietários desenvolviam como atividades produtivas a pesca e a cata de madeira e ainda utilizavam a área para o lazer através de construção de ranchos para pescar (MATO GROSSO DO SUL (d), 2002).

No período de 1970 a 1990, na região do PEVRI, ocorreram as mais expressivas mudanças na paisagem. A ocupação, no primeiro decanato, foi dinamizada tanto na parte continental, quanto na insular, estando este dinamismo associado às transformações nos setores de extrativismo, agrícola e pecuarista. No que tange ao setor extrativista, ampliou-se à retirada de madeira de lei, principalmente a peroba e cedro, promovendo o desmatamento de vastas áreas. Dentre as atividades agrícolas, merece destaque a rizicultura, porém este cultivo não perdurou, dadas as limitações técnicas, as cheias e ao clima desfavorável, predominando, portanto, pequenas lavouras de subsistência. Por fim, instalou-se a pecuária extensiva de bovinos e ovinos, especialmente para engorda e corte, responsável por acelerar as obras de drenagem das várzeas, o desmatamento e por liberar mão de obra, diminuindo o contingente populacional da região (MATO GROSSO DO SUL (d), 2002).

No Mato Grosso do Sul, a região de Dourados tornou-se o centro desse desenvolvimento. Os municípios mais próximos ao rio Paraná, contudo, não acompanharam tal processo, limitando-se a desenvolver a pecuária extensiva e as lavouras de subsistência. São exceções Naviraí, Nova Andradina e Ivinhema, onde

se expandiram às lavouras de café e algodão, em áreas distantes do rio Paraná e seus afluentes (ROSA, 1997).

Em meados da década de 1970, o INCRA iniciou a implantação de projetos de colonização em Mundo Novo, Iguatemi e Sete Quedas, os quais contribuíam sensivelmente para a expansão das atividades agrícolas na região. Em 1979, o INCRA loteou 250 ilhas do rio Paraná, entregando títulos de posse que não poderiam ser transferidos por cinco anos a, aproximadamente, 995 posseiros (ROSA, 1997). Do ponto de vista demográfico, a década de 1970 marcou um acentuado decréscimo de população na maioria dos municípios situados às margens do rio Paraná. Na década seguinte, a tendência de decréscimo populacional, sobretudo da zona rural, continuou, em razão da rápida mecanização da produção agrícola e da concentração fundiária.

Nas ilhas do rio Paraná, do contingente significativo de pessoas que abandonaram suas posses na época das grandes cheias de 1982/83, uma parcela retornou. A densidade de ocupação permanece, no entanto, reduzida, se comparada ao início da década de 1970 (ROSA, 1997).

Nos anos de 1990 a 1998, ano de criação do PEVRI, processaram-se novas transformações, que se vinculam principalmente à reestruturação das atividades agropecuárias e a reinstalação do perfil turístico. Marcam este período o aumento da extração de ginseng nas áreas alagadas, ocasionando grandes incêndios, a redução e concentração da população em alguns pontos estratégicos, como a comunidade residente no Porto Caiuá, sendo o restante da área constituído por um contingente populacional rarefeito e grandes pastagens (MATO GROSSO DO SUL (d), 2002).

Na porção continental sul-matogrossense, os maiores adensamentos populacionais rurais localizam-se nas proximidades dos eixos viários que ligam Porto Morumbi ao município de Eldorado, e Porto Caiuá ao município de Naviraí, onde as atividades agrícolas são mais expressivas. No restante da área, observa-se o predomínio da pecuária extensiva e um contingente populacional rarefeito (ROSA, 1997).

Do ponto de vista econômico, nos municípios ribeirinhos se encontram atividades produtivas essencialmente primárias, destacando-se a pecuária de corte, as lavouras temporárias e permanentes, a coleta de “pfafia” (ou ginseng-brasileiro), a extração de areia e a pesca. Os aglomerados urbanos também estão voltados para essas atividades, não se verificando a presença de atividades de transformação

industrial com significação econômica. O setor de serviços é praticamente inexistente, exceção aos serviços de travessia de balsa no rio Paraná (ROSA, 1997).

Atualmente a extração de “pfaia” é uma das atividades que mais empregam bóias frias. Da bacia do rio Paraná sai cerca de 60 toneladas mensais da raiz. Por se tratar de uma atividade altamente degradante, pois para extração da raiz utilizam-se queimadas nas matas, os órgãos ambientais de Mato Grosso do Sul e Paraná atuam de forma intensiva na área, tentando combater essa atividade que se trata, na realidade, de uma atividade criminosa contra o meio ambiente. (ROSA, 1997).

Na porção sul da margem direita do rio Paraná, encontram-se pequenas e médias propriedades dedicadas à produção de alimentos, café e insumos industriais, como o algodão e a soja. Nas áreas próximas aos eixos viários (Eldorado e Naviraí), há produção de alimentos e de bens de insumos industriais, em pequenas e médias propriedades que também se dedicam à pecuária de corte. Nas demais áreas ribeirinhas, existem o predomínio absoluto da pecuária de corte, em grandes propriedades. Nas várzeas inundáveis são encontradas plantações de arroz (ROSA, 1997).

Nos extensos banhados do rio Baía, aproveitando as várzeas inundáveis, são encontrados plantações de arroz e canais de drenagem que roubam terras do leito do rio. Essa atividade vem apresentando resultados econômicos satisfatórios para seus empreendedores (ROSA, 1997).

A qualidade ambiental da área que margeia o rio Paraná decai rapidamente, principalmente devido à devastação contínua de suas florestas e destruição das várzeas, o que se traduz em processos de erosão dos solos superficiais e perda de biodiversidade. Em resumo, pode-se afirmar que o leito e as margens do rio Paraná, no trecho compreendido entre a foz do rio Paranapanema e o reservatório de Itaipu, vem sofrendo um processo acelerado de modificação das condições ambientais, que afeta, principalmente, a população mais pobre, que se encontra sem alternativas de sobrevivência, enquanto fazendeiros e especuladores se aproveitam da situação (ROSA, 1997).

Nesse sentido, quaisquer tentativas de preservação/conservação do rio Paraná e seu entorno têm, necessariamente, que levar em conta os problemas sociais existentes, os usos atuais do solo, e a delimitação de áreas de preservação permanente que se conectem aos habitats menos degradados e às áreas de proteção existentes.

2.3 ECOLOGIA DE PAISAGEM

O termo paisagem foi cientificamente e geograficamente introduzido por Humbolt no século XIX como “a totalidade das características de uma região do planeta” (NAVEH; LIEBERMAN, 1994).

Carl Troll em 1939, enquanto estudava os problemas do uso das terras e o desenvolvimento do oeste da África, criou o termo “ecologia de paisagem”, imaginando o potencial que as fotografias aéreas teriam nos estudos da paisagem. Ele considerava a paisagem como uma entidade holística integrada, na qual o todo é mais que a soma das partes, portanto devendo ser estudado em sua totalidade (VALENTE, 2001).

A capacidade de quantificar a estrutura da paisagem segundo McGarigal e Marks (1995), é o pré-requisito para estudo da função e das alterações de uma paisagem. As paisagens possuem uma estrutura comum e fundamental, formado por fragmento, matriz e corredor (FORMAN; GORDON, 1986).

O fragmento é o elemento básico que forma uma paisagem, podendo ser chamado de “patch”, ecótopo, biótopo, componente da paisagem, elemento da paisagem, célula da paisagem, “site”, entre outros. Para Forman e Godron (1986), os fragmentos são superfícies não-lineares que estão dentro de uma matriz e diferem em aparência de seu entorno, variam em forma, tipo de heterogeneidade e limites. Farina (1998), afirma que a estrutura da paisagem é uma seqüência de fragmentos em uma matriz com composição diferente. Os fragmentos podem ser de formação natural ou antrópica.

A fragmentação florestal possui dois componentes, a redução dos tipos de formações e a redução proporcional na forma, tamanho, e grau de isolamento dos fragmentos. A matriz representa o elemento com maior representatividade, conectividade e de maior extensão numa paisagem e, por isso, tem maior influência no funcionamento dos outros ecossistemas. Em uma paisagem tomada por soja, com alguns fragmentos de florestas, o elemento matriz será a soja (McGARIGAL; MARKS, 1995); (SAUNDERS *et al.*, 1991 *apud* VALENTE, 2001).

Os corredores são faixas estreitas, naturais ou antrópicas, que diferem da matriz em ambos os lados. A grande maioria das paisagens são divididas e unidas pelos corredores (FARINA, 1998).

Os corredores facilitam o fluxo de genes e a colonização de plantas e animais de um fragmento para outro, permitindo que eles se dispersem. Eles também podem ajudar a preservar os animais que são obrigados a migrar sazonalmente entre uma série de habitats diferentes. Um outro ponto importante, é que os corredores podem facilitar a dispersão de espécies daninhas, exóticas e doenças, de forma que uma paisagem muito conectada por corredores poderia espalhar esses problemas a fragmentos que não os possuem (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

Os corredores em linha são resultantes de atividades humanas, geralmente estreitos, e sua função é de movimentação de espécies de bordas. Os corredores em faixa têm a função de movimentação de espécies do interior de um fragmento florestal e na maioria das vezes esses corredores são grandes o bastante para apresentarem efeito de borda (FORMAM, 2001). O efeito de borda é a alteração da composição da paisagem nas bordas dos fragmentos através do aumento dos níveis de luz, temperatura, umidade e vento. Esses efeitos de borda são algumas vezes evidentes até 500 metros para dentro de uma floresta, porém mais freqüentemente nos primeiros 35 metros (LAURANCE, 1991; RODRIGUES, 1998; PRIMACK e RODRIGUES, 2001).

O tamanho considerado mínimo necessário para a estabilidade de um fragmento florestal de mata semidecídua, pela sua florística, é de 25 hectares (METZGER, 1995 *apud* VALENTE, 2001). A maioria das espécies de insetos, mamíferos e pássaros tornam-se sensíveis a fragmentos de um, dez e cem hectares respectivamente (FARINA, 1998).

Segundo Ranta *et al.* (1998 *apud* VELENTE 2001), quando a largura de uma borda ultrapassa 60 metros, a área central do fragmento (*core* ou nuclear) é praticamente inexistente, tendo como estudo a estrutura de paisagem de Mata Atlântica em Pernambuco.

McArthur e Wilson (1967) propuseram a teoria da biogeografia de ilhas que consistiu em um modelo que pressupõe na relação de espécies que habitam uma ilha e o tamanho dessa ilha mais à distância dela ao continente. Nesse modelo propõem que as comunidades atinjam um equilíbrio dinâmico no qual o número de espécies de uma dada ilha resulta da combinação das taxas de imigração e extinção. Desse modelo tem-se que a distância ao continente afeta a taxa de imigração e o tamanho da ilha afeta a taxa de extinção.

A relação de espécies/área tem sido expandida de ilhas para reservas naturais, que podem ser vistas como ilhas de habitats circundadas por habitats degradados. Esta relação cita que quando 50% de uma ilha ou uma ilha de habitat são destruídas, aproximadamente 10% das espécies dessa ilha serão eliminadas. Quando 90% do habitat são eliminados, 50% das espécies serão eliminadas e quando 99% do habitat são destruídos, cerca de 75% das espécies serão perdidas. Se essas espécies forem endêmicas a essas áreas, então elas serão extintas (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

Segundo previsões de Simberloff (1986 *apud* PRIMACK; RODRIGUES, 2001), se o desmatamento de florestas tropicais continuar até que permaneçam apenas as reservas naturais, cerca de dois terços de todas as espécies de plantas e pássaros serão levados à extinção. As principais causas da extinção advêm das atividades humanas, como a destruição, fragmentação e degradação de habitats, superexploração econômica das espécies, introdução de espécies exóticas e aumento de ocorrência de doenças.

A fragmentação de habitat em particular, gerada pelo desmatamento, leva à formação de pequenas manchas de habitat em volta de uma matriz de ocupação diferente. A fragmentação ocorre mesmo quando a área do habitat não é tão afetada, como no caso de estradas, linhas de transmissão, vias férreas, canais, cercas, tubulações de óleos, aceiros ou outras barreiras ao fluxo de espécies (SCHONEWALD-COX; BUECHNER, 1992 *apud* PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

Os fragmentos de habitat diferem do habitat original, pois os fragmentos apresentam uma quantidade maior de borda por área de habitat e porque os centros dos fragmentos de habitat estão mais próximos dessa borda. A fragmentação do habitat aumenta a vulnerabilidade dos fragmentos à invasão de espécies exóticas. A borda da floresta é um ambiente alterado onde espécies exóticas podem se estabelecer, reproduzirem e dispersarem para o interior do fragmento (Paton, 1994 *apud* PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Outra consequência da fragmentação de habitats é a maior ocorrência de incêndios, através do aumento dos ventos, das temperaturas e da redução da umidade.

2.4 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

A história das Unidades de Conservação – UC começou com a criação do Parque Nacional de Yellowstone nos Estados Unidos em 1872. Desde então, diversos países adotaram a prática de criação de Parques visando à conservação de áreas naturais. Em 1998 o número de áreas naturais protegidas reconhecidas pela *International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources* - IUCN atingiu a marca de 9869 unidades. Essas unidades protegem uma área de 931.787.396 ha, ou seja, cerca de 6,29% da superfície terrestre (MORSELLO, 2001).

De acordo com a União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN), uma UC é uma superfície de terra ou mar consagrada à proteção e manutenção da diversidade biológica, assim como dos recursos naturais e culturais associados e manejadas por meios jurídicos e outros eficazes (COSTA, 2002).

Segundo Morsello (2001), a IUCN reconhece seis categorias de manejo:

1. Reserva Natural Estrita/Área Silvestre: área protegida manejada especialmente para fins científicos ou proteção da vida silvestre;
2. Parque Nacional: área protegida manejada especialmente para proteção de ecossistemas e recreação;
3. Monumento Natural/Formação Natural: área protegida especialmente para a conservação de uma característica natural específica;
4. Área de Manejo de Espécies ou Habitat: área protegida especialmente para a conservação através de intervenção ou manejo;
5. Paisagem Terrestre ou Marinha Protegida: área protegida especialmente para a proteção de paisagens e recreação;
6. Área Protegida de Manejo de Recursos: área protegida para o uso sustentável dos recursos naturais.

No Brasil a primeira UC criada foi o Parque Nacional de Itatiaia – RJ, em 1937. Porém a história das UCs brasileiras remonta do fim do século XIX. Durante o Império, em 1876, o político André Rebouças fez a proposta de criação de Parques Nacionais nas áreas de Sete Quedas – PR e da ilha do Bananal – TO, inspirado nos moldes de *Yellowstone*, quatro anos antes (COSTA, 2002).

Depois da criação do PN de Itatiaia – RJ, foram criados o PN de Iguaçu – PR e o PN da Serra dos Órgãos - RJ em 1939. Após 20 anos sem a criação de novos Parques Nacionais, em 1959 foram criados o PN de Aparados da Serra – RS/SC, o PN do Araguaia – TO/GO e o PN do Ubajara – CE. Durante o ano de 1961 diversos Parques Nacionais foram criados, entre eles: das Emas e Chapada dos Veadeiros – GO, Caparaó – MG/ES, Sete Cidades – PI, São Joaquim – SC, Tijuca – RJ, Monte Pascoal – BA, Brasília – DF e Sete Quedas – PR (COSTA, 2002).

No fim da década de 1970, o Decreto nº 84.017 de 21 de Setembro de 1979 regulamentou os PN brasileiros e em 1981 a Lei nº 6.902 criou as Áreas de Proteção Ambiental – APA e Estações Ecológicas. Na década de 1990 a preocupação geral com UC enfatizou as relações destas com as populações do entorno das UC e com projetos de desenvolvimento sustentável.

Após quase dez anos tramitando no Congresso Nacional, em 19 de julho de 2000 foi aprovado o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, a primeira normatização nacional de áreas naturais protegidas por lei, Lei nº 9.985 (BRASIL, 2000).

O SNUC divide as Unidades de Conservação em duas categorias: Unidades de Proteção Integral ou uso indireto e Unidades de Uso Sustentável ou uso direto. O objetivo básico das Unidades de Proteção Integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. O objetivo básico da Unidade de Uso Sustentável é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais (BRASIL, 2000).

O grupo das Unidades de Proteção Integral é composto pelas seguintes categorias de UC: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio da Vida Silvestre. Constituem o grupo das Unidades de Uso Sustentável as seguintes UC: Área de Proteção Ambiental - APA, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional - FLONA, Reserva Extrativista - RESEX, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN (BRASIL, 2000).

No Brasil as Unidades de Proteção Integral perfazem 2,61% do território nacional e as Unidades de Uso Sustentável contemplam 5,52% do território nacional. As UC federais administradas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, somam aproximadamente 45 milhões de hectares, sendo 256 Unidades de Conservação de uso direto e indireto, divididas

em: 29 APA's, 34 RESEX's, 26 Reservas Biológicas, 30 Estações Ecológicas, 64 FLONA's, 19 Áreas de Relevante Interesse Ecológico, 53 PN's, 364 RPPN's e 1 Refúgio da Vida Silvestre. As UC's sob domínio dos Estados brasileiros perfazem uma área total de vinte e dois milhões de hectares (MMA, 2005).

O Estado de Mato Grosso do Sul possui uma área coberta por UC de 1.952.978,26 hectares, sendo 732.692,33 hectares de UC federais (dois Parques Nacionais, uma APA e nove RPPNs), 272.092,58 ha de UC estaduais (seis Parques Estaduais, dois Monumentos Naturais, dezenove RPPNs e três Estradas-Parque) e 948.193,37 hectares de UC municipais (doze Parques Naturais Municipais, seis APAs e um Monumento Natural Municipal) (TORRECILHA, 2003; REPAMS, 2005).

O Parque Nacional em específico tem como objetivo básico à preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico. São áreas de posse de domínio público, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites devem ser desapropriadas de acordo com a lei. A visitação pública está sujeita a normas e restrições impostas no Plano de Manejo da unidade ou às normas estabelecidas pelo órgão responsável por sua administração. As unidades dessa categoria, quando criadas pelo Estado ou Município, são denominadas, respectivamente, Parque Estadual e Parque Natural Municipal (BRASIL, 2000).

As UC, exceto as APA e RPPN, devem possuir uma zona de amortecimento e, quando conveniente, corredores ecológicos. O órgão responsável pela administração da unidade deve estabelecer normas regulamentando a ocupação e o uso dos recursos da zona de amortecimento e dos corredores ecológicos de uma UC (BRASIL, 2000).

A zona de amortecimento é definida (BRASIL, 2000) como o entorno de uma Unidade de Conservação, em que as atividades humanas estão sujeitas as normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade. A zona de amortecimento tem duas funções principais: ampliar a presença na área protegida de certo tipo de hábitat, permitindo a manutenção de populações maiores que aquelas possíveis dentro da reserva e pode servir para suprir benefícios econômicos à comunidade residente com incentivo a atividades

que geram recursos de subsistência, sem que afetem os objetivos da área protegida (MORSELLO, 2001).

As UC devem dispor de um Plano de Manejo (BRASIL, 2000) que deve abranger a área da unidade, sua zona de amortecimento e os corredores ecológicos, incluindo medidas para promover a integridade à vida econômica e social das sociedades vizinhas. Esse Plano de Manejo deve ser elaborado no prazo de cinco anos a partir da data de criação da UC.

Quando o Plano de Manejo de uma Unidade de Conservação não abordar a zona de amortecimento, esta fica definida segundo a resolução nº 13/90 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, num raio de dez quilômetros. Qualquer atividade que possa afetar a biota deverá ser obrigatoriamente licenciada pelo órgão ambiental competente (CONAMA, 1990).

2.5 SENSORIAMENTO REMOTO

Sensoriamento remoto consiste da utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto com eles. Os sensores são equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações (NOVO, 1992).

Sensoriamento remoto é “a ciência e arte de obter informações a respeito de um objeto, área ou fenômeno pela análise de dados adquiridos por um sistema que não se encontra em contato com o objeto, área ou fenômeno sob investigação”, de acordo com Lillesand *et al.* (2004). Em um outro aspecto, Rosa (2003), ressalta que o sensoriamento remoto pode ser definido segundo a radiação eletromagnética como um conjunto de atividades cujo objetivo consiste na caracterização das propriedades físico-químicas de alvos naturais, através da detecção, registro e análise do fluxo de energia radiante, por eles refletidos e/ou emitido. Fussel *et al.* (1986 *apud* CENTENO, 2001), aponta que devem ser considerados os seguintes elementos nas busca de uma definição adequada para o sensoriamento remoto:

- aquisição, coleta ou registro sem necessidade de entrar em contato com o objeto;
- utilização de regiões do espectro eletromagnético que incluem e excedem a região do visível;

- uso de instrumentos localizados em plataformas móveis;
- transformação simbólica dos dados coletados por meio de técnicas de interpretação e/ou técnicas de reconhecimento de padrões utilizando computadores.

A amplitude de aplicação do sensoriamento remoto tem por base sua capacidade de coletar dados multiespectrais em diferentes escalas, diferentes épocas, oferecendo a oportunidade de analisar os vários fenômenos sinopticamente através do tempo (JENSEN, 1996).

Entre as principais vantagens do sensoriamento remoto segundo Chuvieco (1990 *apud* CENTENO, 2001) pode-se destacar:

- permite uma visão panorâmica de uma região. Uma imagem do sistema LANDSAT, por exemplo, cobre uma região de 185x185 km². Com isto é possível observar uma bacia hidrográfica inteira, um parque ou uma cidade numa mesma imagem. Esta capacidade torna-se muito útil no estudo de fenômenos dinâmicos;
- Permite a cobertura global da Terra, já que imagens de satélites vêm sendo obtidas sistematicamente. Isto permite observar a redução das áreas cobertas por vegetação nos continentes, por exemplo;
- As imagens de sensoriamento remoto oferecem condições homogêneas para a observação de um fenômeno que ocorre numa faixa extensa de área. O sensoriamento remoto permite obter uma única imagem de uma extensa área com as mesmas condições de iluminação, algo que não é facilmente possível por outros meios, como a fotografia aérea, que cobrem áreas menores;
- Os diferentes sensores utilizados ampliam a sensibilidade humana para perceber o meio ambiente. Os sensores desenvolvidos para sensoriamento remoto são capazes de medir a energia em faixas espectrais às quais são invisíveis aos olhos. Alguns sensores medem a energia infravermelha emitida sob forma de calor pelos objetos;
- A possibilidade do processamento digital dessas imagens também é destacada como uma vantagem, pois permite melhorar a qualidade das mesmas de maneira a facilitar a sua análise.

A energia utilizada em sensoriamento remoto é a radiação eletromagnética, que se propaga em forma de ondas eletromagnéticas. O espectro eletromagnético

representa a distribuição da radiação eletromagnética, por regiões, segundo o comprimento de onda e a frequência. O espectro eletromagnético abrange desde curtos comprimentos de ondas, como os raios gama, até longos comprimentos de onda, como as ondas de rádio (FLORENZANO, 2002).

Os sistemas sensores podem ser classificados quanto à fonte de energia em sensores passivos e sensores ativos. Os sensores passivos detectam a radiação solar refletida ou a radiação emitida pelos objetos da superfície. Portanto, dependem de uma fonte de radiação externa, como o Sol. Por sua vez os sensores ativos são aqueles que produzem sua própria radiação que irá interagir com os objetos da superfície, como exemplo os radares (NOVO, 1992).

Os sistemas sensores podem também ser classificados em função da região do espectro eletromagnético em que operam. Assim, os sensores podem operar na região óptica do espectro, como os sensores termais e sensores de energia solar refletida, e os sensores que operam na região das microondas, entre 1mm e 1 metro (NOVO, 1992).

Os sistemas sensores podem ainda ser classificados em função do tipo de transformação sofrida pela radiação detectada. Desta forma, existem os sensores não imageadores, ou seja, que não fornecem uma imagem da superfície sensoriada como, por exemplo, os espectroradiômetros que medem a energia refletida pelos objetos e o resultado desta medição pode ser representado por tabelas ou séries de dados, e os sensores imageadores, que fornece como resultado uma imagem da superfície observada. Esses sistemas sensores imageadores, fornecem informações sobre a variação espacial da resposta espectral da superfície observada (NOVO, 1992; CENTENO, 2001).

Segundo Centeno (2001), os sistemas utilizados para medir a energia podem estar compostos por um ou vários sensores operando no mesmo comprimento de onda. Quando vários sensores são utilizados estes podem ser classificados em:

- imageadores de quadro, quando um arranjo bidimensional de sensores é utilizado para registrar a imagem. As câmaras digitais são um exemplo. Neste caso, a imagem é registrada simultaneamente por todos os sensores, sendo que cada um deles é encarregado de registrar uma pequena unidade da projeção da cena no plano da imagem;

- Imageador por varredura, quando utiliza um arranjo linear de sensores. Neste caso, os sensores são dispostos em linha na direção perpendicular à linha de vôo ou deslocamento da plataforma;
- Outro tipo de imageador por varredura é aquele que utiliza apenas um único sensor que é empregado para fazer a varredura da cena nas duas direções. Este sistema possui um sistema óptico composto de lentes e espelhos oscilantes que possibilitam o desvio do feixe incidente no sensor.

Os satélites de recursos terrestres têm uma órbita circular, quase polar e síncrona ao Sol. Isto quer dizer que o satélite se desloca em torno da Terra com a mesma velocidade de deslocamento da Terra em relação ao Sol, o que garante as mesmas condições de iluminação para a superfície terrestre e a passagem aproximadamente no mesmo horário e local sobre as diferentes áreas da Terra (FLORENZANO, 2002).

A finalidade de cada estudo determina quais serão as características da imagem a ser utilizada. O conteúdo de informação de uma imagem é dado em função das resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal do sistema de sensoriamento remoto utilizado na coleta de dados (CENTENO, 2001).

A resolução espectral está associada ao número de faixas e à largura das faixas espectrais nas quais a radiação eletromagnética é medida. As faixas espectrais correspondem aos intervalos de comprimento de onda nos quais o sistema sensor opera. Quanto maior o número de faixas e menor a largura delas, maior é a capacidade do sistema registrar diferenças espectrais entre os objetos. Uma alta resolução espectral é obtida quando as bandas de um sistema sensor são estreitas e/ou quando se utiliza um maior número de bandas espectrais (CENTENO, 2001; ROSA, 2003).

A resolução espacial pode ser definida como sendo a mínima distância entre dois objetos que um sensor pode registrá-los como sendo objetos distintos. Depende das características dos detetores, altitude da plataforma, contraste entre objetos entre outras características (ROSA, 2003).

A resolução temporal de um sistema se refere ao mínimo intervalo de tempo entre a aquisição de duas imagens consecutivas de uma mesma área. Quanto maior for o intervalo de tempo, menor é a resolução temporal (CENTENO, 2001).

A resolução radiométrica está associada à sensibilidade do sensor. Um sensor mais eficiente é capaz de distinguir muitos níveis intermediários da energia incidente. Por outro lado, um sensor com baixa resolução radiométrica distingue apenas poucos níveis de energia. A resolução radiométrica de uma imagem digital é medida na quantidade de bits utilizados para armazenar os dados correspondentes a um pixel. As imagens de sensoriamento remoto utilizam geralmente oito bits, por isso, um total de 256 níveis é comumente usado pelos sistemas de processamento de imagens (CENTENO, 2001).

Entre os vários satélites de sensoriamento remoto existentes, destacam-se os americanos LANDSAT, os franceses SPOT e o sino brasileiro CBERS. O Brasil recebe imagens LANDSAT desde 1973, através de uma antena de recepção do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (FLORENZANO, 2002).

O primeiro satélite LANDSAT 1 foi lançado em 1972. Este satélite foi inicialmente batizado de ERTS (*Earth Resources Technology Satellite*) com a finalidade de monitorar a superfície da Terra, contrastando com os satélites meteorológicos utilizados até então. Comprovado o sucesso desta missão, novos satélites foram colocados em órbita e a missão passou a se chamada de LANDSAT (CENTENO, 2001).

O LANDSAT 2 foi posto em órbita em 1975, o LANDSAT 3 em 1978, o LANDSAT 4 em 1982, o LANDSAT 5 em 1984, o LANDSAT 6 falhou antes de ser colocado em órbita e o LANDSAT 7 foi posto em órbita em 1999. Apenas o LANDSAT 5 da série ainda encontra-se em atividade, todos os outros estão inativos (LILLESAND *et al.*, 2004).

Os satélites da série LANDSAT descrevem órbitas semi-polares, heliosíncronas, isto é, o ângulo Sol-Terra-satélite permanece constante, o que garante condições semelhantes de iluminação ao longo do ano na área imageada (CENTENO, 2001; ROSA, 2003).

A órbita dos primeiros satélites da série encontrava-se ligeiramente inclinada, em torno de 99,1 graus e era de aproximadamente 917 km, o que possibilitava completar 14 órbitas por dia, voltando a passar pelo mesmo ponto da Terra a cada 18 dias, sempre à mesma hora local (CENTENO, 2001).

A partir do LANDSAT 4, a altura da órbita foi reduzida, passando a ser 705 km. Com isto, a plataforma completa 14,56 voltas a Terra num dia, o que possibilita passar acima do mesmo local a cada 16 dias (CENTENO, 2001).

Os LANDSAT 1, 2 e 3 estavam equipados com dois sistemas sensores; um sensor MSS (*Multispectral Scanner System*) e um sensor RBV (*Return Beam Vidicon*) (ROSA, 2003).

O sistema MSS é um imageador de varredura multiespectral que usa um espelho oscilante para varrer continuamente a superfície da Terra numa direção perpendicular à direção de deslocamento da plataforma. Para compensar o movimento do satélite, seis linhas são lidas ao mesmo tempo, completando uma faixa de 185 km de largura. A largura de cada linha é de 79, portanto ao completar uma varredura, uma faixa de 474 metros pode ser registrada. Uma imagem completa cobre 185 km, ou seja, 2340 linhas ou 390 varreduras. O campo instantâneo de visão (IFOV) nominal do MSS é de 79 m, mas, devido a uma superposição lateral da projeção dos detectores no terreno, a área atribuída a um pixel é de 55 x 79 m (CENTENO, 2001; ROSA, 2003).

O sistema RBV era composto de um conjunto de três câmaras, as quais permitiam a observação em três bandas espectrais distintas (canais 1, 2 e 3), para os LANDSATs 1 e 2 e de um conjunto de duas câmaras (LANDSAT 3), que permitiam a observação em apenas uma banda espectral (canal 1) (ROSA, 2003).

A partir da missão LANDSAT 4, os instrumentos a bordo foram modificados, com novos sensores incorporados. O sistema TM (*Thematic Mapper*) a bordo do LANDSAT 4 e 5 conta com sete bandas espectrais. As três primeiras localizam-se na faixa visível do espectro, duas no infravermelho próximo, uma no infravermelho médio e uma no infravermelho distante. O IFOV do TM é menor que o do MSS, conseqüentemente a resolução espacial foi melhorada para 30 x 30 m. A varredura transversal do sistema TM é efetuada nas duas direções. O TM varre uma linha transversal de 480 m a cada giro do espelho oscilante, ao longo de uma faixa transversal de 185 km (CENTENO, 2001).

O LANDSAT 7 dispunha de um sistema ETM+ (*Enhanced Thematic mapper*) que contava além das mesmas bandas espectrais do TM, uma banda pancromática com resolução espacial de 15 metros. Outro aprimoramento foi à redução do tamanho do pixel na banda termal, que passou a ser de 60 m (CENTENO, 2001).

A Tabela 1 a seguir apresenta as características espectrais e espaciais dos sensores da série LANDSAT.

Quadro 1. Característica espectral e espacial dos sensores LANDSAT

SENSOR	MISSÃO	FAIXA ESPECTRAL (μm)	RESOLUÇÃO (m)
RBV	1,2	0,475-0,575	80
		0,580-0,680	80
		0,690-0,830	80
MSS	3	0,505-0,750	30
		1-5	79/82 ^a
		0,5-0,6	79/82 ^a
		0,6-0,7	79/82 ^a
		0,7-0,8	79/82 ^a
TM	3	0,8-1,1	79/82 ^a
		10,4-12,6	240
		4,5	30
		0,45-0,52	30
		0,52-0,60	30
		0,63-0,69	30
		0,76-0,90	30
ETM	6	1,55-1,75	30
		10,4-12,5	120
		2,08-2,35	30
		equivalente às bandas do TM	30 (120 banda termal)
		pancromática 0,50-0,90	15
ETM+	7	equivalente às bandas do TM	30 (60 banda termal)
		pancromática 0,50-0,90	15

^a 79 m para LANDSAT 1 ao 3 e 82 m para LANDSAT 4 e 5.

Fonte: adaptado de LILLESAND *et al.* 2004

As imagens digitais obtidas com sensores imageadores representam à forma de captura indireta de informação espacial. As informações são armazenadas como matrizes, sendo que cada elemento da imagem, denominado de “pixel”, tem um

valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície terrestre correspondente (VALENTE, 2001).

2.5.1 Processamento de Imagens Digitais

A função primordial do processamento de imagens digitais é fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração da informação das imagens brutas. O resultado desse processo é a produção de outras imagens, contendo informações específicas, extraídas e realçadas a partir das imagens brutas (CROSTA, 1992).

O fato de as imagens de sensores remotos possuírem a característica de serem multiespectrais faz com que seja necessário o uso intensivo de técnicas de processamento baseadas em métodos estatísticos (CROSTA, 1992).

As imagens de satélite são constituídas por um arranjo de “pixels” que possuem um sistema de coordenadas “x” e “y”. Cada “pixel” possui também um atributo numérico “z”, que indica o nível de cinza desse pixel, que pode variar do preto ao branco. Esse nível de cinza é conhecido por DN, do inglês “*digital number*”. O DN de um “pixel” representa a média da intensidade da energia refletida ou emitida pelos diferentes materiais presentes na área que abrange esse “pixel” (CROSTA, 1992).

a) Pré-Processamento

O pré-processamento refere-se ao tratamento inicial dos dados brutos obtidos pelo sistema sensor e tem a finalidade de calibrar radiometricamente a imagem, corrigir distorções geométricas e remover ruídos, produzindo uma imagem representativa das características da energia radiante da cena original (JENSEN, 1986 *apud* SAMPAIO, 1998).

Os valores armazenados em cada pixel deveriam representar a energia média proveniente da porção do terreno correspondente. No entanto, no processo de aquisição, o verdadeiro valor da energia é distorcido por diferentes fatores entre os quais: calibração inadequada dos sensores, interação com a atmosfera

(espalhamento) e defeitos no registro e ou transmissão da informação. As técnicas chamadas de correções radiométricas são operações na imagem que tem por finalidade alterar os valores digitais dos “pixels” de maneira a diminuir as distorções em termos de valores do contador digital decorrentes do imageamento (CENTENO, 2001).

Em relação às distorções geométricas, estas podem estar relacionadas à curvatura e rotação terrestre, ao relevo e à órbita do satélite estar próxima aos pólos e não ser exatamente polar (PARANHOS-FILHO, 2000).

Estas distorções geométricas podem ser corrigidas através do uso de determinados modelos matemáticos que descrevem as distorções existentes nos dados. Após a aquisição dos coeficientes deste modelo, uma função matemática é criada para a construção da nova imagem corrigida (ROSA, 2003).

A relação entre o sistema de coordenadas do mapa e da imagem pode ser calculada de duas maneiras: através do conhecimento exato dos parâmetros geométricos do sistema sensor e da órbita do satélite ou através da definição de pontos de controle no terreno (SAMPAIO, 1998).

O principal instrumento utilizado para correção geométrica é o modelo polinomial, onde o ponto de controle é o elemento principal e pode ser definido como sendo uma característica detectável na imagem, com localização geodésica precisamente conhecida e preferivelmente invariável no tempo. Os pontos devem ser criteriosamente escolhidos, para evitar a introdução de novos erros por dificuldade de leitura da posição dos pontos na imagem (CENTENO, 2001; ROSA, 2003). Alguns critérios devem ser tomados na escolha dos pontos, como:

- Os pontos devem ser facilmente identificáveis na imagem e no terreno, como cruzamentos de ruas, pontes, rios e feições visíveis desde o espaço;
- A distribuição espacial dos pontos deve cobrir toda a área de maneira uniforme;
- É importante evitar a concentração de pontos em algumas regiões da imagem, deixando outras regiões descobertas ou com poucos pontos;
- Em relação ao número de pontos, do ponto de vista matemático, para um modelo de primeira ordem, com seis parâmetros, apenas três pontos seriam suficientes, pois cada ponto resulta em duas equações, da mesma forma para um modelo de segunda ordem seis pontos de controle seriam suficientes. No entanto, uma solução utilizando mais pontos de controle é preferida.

Outra maneira de manipulação geométrica de imagens é o registro de imagens, que entende-se como o processo que envolve a superposição de uma mesma cena que aparece em duas ou mais imagens distintas, de tal modo que os pontos correspondentes nestas imagens coincidam espacialmente e, para isto, uma delas deve ser adotada como referência, adotando-se seu sistema, em termos de linhas e colunas, para ser o novo referencial. As outras imagens são então corrigidas para este referencial de maneira similar à correção geométrica, ou seja, escolhendo pontos de controle. Este processo é necessário para realizar análises comparativas de imagens multitemporais, produzir mosaicos de imagens, comparar imagens de diferentes sensores ou combinar imagens multitemporais numa composição colorida (CROSTA, 1992; CENTENO, 2001; ROSA, 2003).

O processamento de realce de uma imagem visa a melhorar a qualidade visual da imagem, para facilitar os trabalhos de interpretação sobre a mesma, otimizando as capacidades da mente humana e do computador. Pode-se fazer um realce de imagem, sem, contudo perder os dados do arcabouço radiométrico neste processo (PARANHOS-FILHO, 2000; LILLESAND *et al.*, 2004).

O contraste de uma imagem é uma medida do espalhamento dos níveis de intensidade que nela ocorrem (CROSTA, 1992). O brilho e o contraste de uma imagem podem ser alterados adicionando um valor constante a todos os níveis de cinza, deslocando sua média e tornando a imagem mais clara. Subtraindo uma constante a todos os níveis de cinza equivale a tornar a imagem mais escura (CENTENO, 2001).

A ampliação linear de contraste representa uma técnica de manipulação de contraste que permite, através de uma transformação linear, ampliar o intervalo original para toda a escala de cinza disponível. A principal característica desta técnica é que as barras verticais que formam o histograma de freqüências da imagem de saída ficam espaçadas igualmente, uma vez que a função de transferência é uma reta (CROSTA, 1992; SAMPAIO, 1998).

A transformação também pode ser não-linear, como é o caso da equalização do histograma. Esta transformação assina maior número de valores intermediários aos tons mais freqüentes e menor aos menos freqüentes, de maneira que a diferença entre os valores que mais ocorrem na imagem seja relativamente maior em termos de nível de cinza, ou seja, estes valores apresentam maior contraste. Embora este efeito seja proveitoso na análise visual, ele deve ser levado em

consideração quando se deseja analisar os valores ou deduzir informações a partir deles (CENTENO, 2001).

b) Interpretação visual de imagens

Segundo Centeno (2001), a análise visual dos dados oferece a vantagem de integrar dados junto com a imagem, pois faz proveito do conhecimento e experiência do intérprete, o que é difícil de atingir numa análise automática, baseada em algoritmos numéricos.

O sucesso na interpretação de imagens varia com o treinamento e experiência do intérprete, a natureza dos objetos ou fenômenos a serem interpretados e a qualidade das imagens utilizadas (LILLESAND *et al.*, 2004).

A imagem digital é um arranjo de números relativos à reflectância ou emitância das correspondentes porções do terreno, a variação destes números depende das características espectrais dos objetos. A imagem é portanto uma representação do mundo real, na qual apenas determinados aspectos são representados, as características espectrais dos objetos. Dessa forma existe uma grande diferença entre a imagem e a realidade, pois a informação contida numa imagem é muito menor que a realidade, e as relações entre objeto da imagem nem sempre correspondem às relações dos mesmos na realidade (CENTENO, 2001).

A maioria das aplicações considera os seguintes elementos básicos da interpretação visual: forma, tamanho, padrão, tonalidade ou cor, textura, sombra, localização, associação e resolução (JENSEN, 2000; OLSON, 1960 *apud* LILLESAND *et al.*, 2004):

- forma: diz respeito à forma em geral, configuração ou linha de contorno dos objetos;
- tamanho: é estimado pela quantidade de “pixels” e diferencia objetos semelhantes como por exemplo um córrego de um rio;
- padrão: descreve o arranjo espacial dos objetos. A repetição de algumas formas ou relacionamentos são características de muitos objetos naturais ou construídos, como por exemplo uma rodovia;

- tonalidade: diz respeito ao brilho ou cor dos objetos numa imagem. Considerando apenas uma banda espectral, a imagem é representada utilizando níveis de cinza, que variam do preto ao branco, com várias tonalidades intermediárias;
- textura: é a frequência de mudança de tons na imagem. A textura se refere ao grau de uniformidade de uma região e pode unicamente ser medida analisando diferentes “pixels” adjacentes, nos quais “pixels” idênticos representam uma textura lisa e “pixels” com grande diferença confere uma aparência rugosa;
- sombra: são importantes para interpretação sobre dois pontos, as formas das sombras permitem uma impressão da visão do perfil do objeto e objetos com sombra refletem pouca luz e são difíceis para discernir na imagem;
- localização: diz respeito à localização topográfica e geográfica e é particularmente importante para diferenciar espécies vegetais em função de seu hábitat;
- associação: diz respeito à ocorrência de certas características em relação a outras, como por exemplo identificar os solos que estão cobertos pela vegetação através de determinados tipos vegetacionais associados a eles;
- resolução: depende de muitos fatores, mas existe um limite para interpretação, pois alguns objetos são demasiadamente pequenos para visualizar na imagem.

c) Classificação de imagens

Segundo Centeno (2001), uma opção mais apropriada à natureza dos dados do sensoriamento remoto é a análise digital, pois quando a análise envolve muitas bandas espectrais a capacidade do analista de visualizar as variações espectrais em todas as bandas é limitada. Neste caso, a análise é feita utilizando recursos de computação e as informações são derivadas através de aplicação de algoritmos.

A classificação digital de imagens multiespectrais de sensoriamento remoto tem como objetivo associar cada pixel da imagem a um tema ou classe, descrevendo um tipo de cobertura no terreno real (vegetação, solo, agricultura, água etc.) (CROSTA, 1992). As técnicas de classificação digital tornam o processo de mapeamento ou reconhecimento de características da superfície terrestre menos subjetivo e com maior potencial de repetição em situações subseqüentes (NOVO, 1992).

As técnicas de classificação multiespectral inicialmente foram divididas em 3 grupos: técnicas de classificação supervisionada, técnicas de classificação não supervisionada e classificação híbrida (NOVO, 1992).

Para o emprego da classificação supervisionada é necessário que o usuário conheça algumas características da área a ser classificada, antes de iniciar o processo. Idealmente, deve-se haver locais específicos dentro da área a ser classificada em que observações de campo sejam efetuadas. Uma área da imagem que o usuário identifica como representando uma das classes é chamada de área de treinamento. Uma área de treinamento é normalmente definida pelo usuário traçando limites diretamente sobre a imagem, no monitor do vídeo. Várias áreas de treinamento devem ser definidas para uma mesma classe, a fim de assegurar que os “pixels” a ela pertencente são realmente representativos dessa classe (CROSTA, 1992).

Os DN's dos “pixels” do conjunto de treinamento em cada uma das bandas espectrais são então comparados com os DN's de cada pixel da imagem, para decidir a qual classes estes pertencem. Geralmente, a precisão da classificação aumenta com o número de bandas usadas, mas, por outro lado, os cálculos necessários se tornam mais laboriosos (CROSTA, 1992).

Para Centeno (2001), a fase mais importante na classificação supervisionada é a amostragem, pois é nela que o usuário define as classes e escolhe amostras representativas. É importante que as amostras de treinamento sejam bastante homogêneas e representativas de cada classe de interesse. Assim, o resultado da classificação será mais exato e com menos confusão entre as classes mapeadas.

O tamanho da amostra deve ser suficiente grande para descrever adequadamente a classe, assim conforme descreve Centeno (2001), conjuntos maiores que 50 “pixels” são indicados, e recomenda-se escolher diversas áreas pequenas em lugar de uma única grande área, evitando dessa maneira a redundância decorrente da alta correlação de “pixels” próximos.

Os métodos de classificação supervisionada mais comuns na análise das imagens são: paralelepípedo, mínima distância euclidiana, distância de mahalanobis e máxima verossimilhança (CROSTA, 1992; LILLESAND *et al.*, 2004).

Segundo Garnés (2004), o classificador da mínima distância euclidiana (MINDIST) consiste em medir a distância euclidiana no espaço de atributos tridimensional (ou n-dimensional) de um “pixel” até a posição dos valores médios das

classes amostrais previamente definidas. O ponto médio das classes que estiver mais próximo do “pixel” sob análise, no sentido da norma euclidiana mínima, é a classe a qual ele irá pertencer.

Quando ocorre de um “pixel” possuir a mesma distância média para duas classes, este deveria ser classificado como pertencente à classe que possui uma região maior no espaço de atributos, porém isto não é possível com este algoritmo, sendo necessário o uso de parâmetros estatísticos para ponderar o peso de cada classe na decisão de atribuir os “pixels” baseada na distância (CROSTA, 1992).

O método da máxima verossimilhança (MAXVER) consiste na ponderação das distâncias das médias dos DNs das classes utilizando parâmetros estatísticos. (CROSTA, 1992).

O método MAXVER extrai os parâmetros de médias, variância e covariância, supondo uma função gaussiana, calcula as funções densidade de probabilidade de ocorrência de cada classe, no qual um ponto z pertencerá à determinada classe se a probabilidade de z for menor que um limiar, $pr(z) > \text{limiar}$. O limiar é um valor real positivo abaixo do qual um ponto não é considerado como pertencente a uma classe (ROSA, 2003).

Existem algumas restrições ao método MAXVER, caso as amostras de treinamento forem inadequadas na maioria das escolhas, a média e a variância de cada classe podem não ser significativas, então a probabilidade de ocorrência de cada classe não é conhecida com precisão, exigindo um bom conhecimento prévio da área, pois é necessário fornecer um número grande de classes (ROSA, 2003).

O método de classificação não supervisionado é utilizado quando o usuário não tem conhecimento da área, automatizando a busca dos grupos de “pixels” espectralmente homogêneos e assumindo que estes grupos correspondem às classes de interesse. O usuário define o número de classes que deseja obter e os algoritmos de processamento de imagens separam os “pixels” na imagem em grupos segundo critérios previamente definidos. Após a finalização deste processo, o usuário deve interpretar o resultado e observar se os grupos resultantes fazem algum sentido e correspondem aos objetivos propostos (CENTENO, 2001).

Os agrupamentos podem ser determinados de diversas maneiras, sendo o mais usual a utilização do método ISODATA. Neste método, a definição das classes é feita tendo como critério agrupador. A partir de centros iniciais de possíveis

classes, reagrupam-se os pixels em interações sucessivas, até que o centro do agrupamento seja mantido. (NOVO, 1992; OHATA e QUINTANILHA, 2005).

A classificação híbrida foi desenvolvida para aumentar a acurácia das classificações supervisionadas e não supervisionadas. Nesta classificação são utilizadas as áreas de treinamento não supervisionadas para delinear na imagem as numerosas classes espectrais que o analista necessita definir para representar adequadamente a informação das classes de ocupação do solo para posterior classificação supervisionada (LILLESAND *et al.*, 2004).

Atualmente novos métodos de classificação são implementados de acordo com o avanço científico e tecnológico. Trabalhos como de Tagliani e Vicens (2002), Mello *et al.* (2003), Oliveira *et al.* (2003), Lorena *et al.* (2003), Palha *et al.* (2003), Sousa (2003), Veronese *et al.* (2003), Santos e Valeriano (2003), destacam a segmentação de imagem pelo método de crescimento de regiões e posterior classificação usando os algoritmos de ISOSEG e Battacharya. O trabalho de Nascimento *et al.* (2003), descreve um método de classificação através da análise de textura. Santos *et al.* (2003), citam o método probabilístico bayesiano de classificação de imagens; Beluco *et al.* (2003) descrevem o método de classificação realizado pela rede neural artificial multinível com algoritmo Backpropagation e Pinheiro e Kux (2005), utilizam o processamento de imagens orientado ao objeto que se baseiam em classificadores *fuzzy*, que segundo os autores é indicado sempre que for necessário trabalhar com ambigüidade e abstração em modelos matemáticos ou conceituais nos quais, por distintas razões, não há ou não se podem definir limites rígidos entre classes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste trabalho está localizada entre as coordenadas 22° 32' 59" e 23° 15' 37" latitude sul e 53° 28' 11" e 54° 05' 25" longitude oeste, compreendendo uma área de 543.699,9 hectares no entorno do Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinhema (PEVRI).

A área de estudo desse trabalho compreende uma área maior que a exigida pela resolução CONAMA 013/90 (CONAMA, 1990), a fim de aumentar a abrangência dos estudos da dinâmica temporal da paisagem que circunda o PEVRI.

O PEVRI criado pelo decreto nº 9278 de 17 de dezembro de 1998 está localizado na bacia do rio Paraná, abrangendo os municípios de Naviraí, Taquarussu e Jateí, possuindo uma área de 73.315,15 hectares. Esta área se trata do último trecho livre sem represamento do Rio Paraná em território nacional, sendo contígua ao Parque Estadual do Morro do Diabo em São Paulo e Parque Nacional da Ilha Grande em Mato Grosso do Sul e Paraná, formando um importante corredor ecológico para conservação desta região.

O PEVRI tem como limite os rios Guiraí, Ivinhema, Araçatuba, Curutuba e Baía ao Norte, o rio Laranjaí ao Sul, o rio Paraná a Leste e diversas propriedades a Oeste (MATO GROSSO DO SUL, 2001).

O acesso principal ao PEVRI é feito pela rodovia Deodápolis-Ivinhema BR – 376, desta pela MS – 141 até a entrada do Parque. A UC dista 410 km de Campo Grande e 95 km do município de Ivinhema (MATO GROSSO DO SUL, 2001).

3.2 MATERIAL

3.2.1 Imagens de satélite LANDSAT

Para o recobrimento da região da área de estudo foram empregadas as seguintes imagens LANDSAT órbita 224 – ponto 076: LANDSAT-2 MSS passagem de 21 de outubro de 1977 (INPE, 1977), LANDSAT-5 TM passagem de 24 de novembro de 1996 (LANDSAT-5 TM, 1996), LANDSAT-5 TM passagem de 07 de junho de 1998 (LANDSAT-5 TM, 1998), LANDSAT-7 ETM+ passagem de 25 de maio de 2002 (LANDSAT-7 ETM+, 2002) e LANDSAT-5 TM passagem de 29 de outubro de 2004 (LANDSAT-5 TM, 2004).

A imagem LANDSAT-2 MSS de 1977 possui uma resolução espacial de 79 metros e as imagens LANDSAT-5 TM e LANDSAT-7 ETM+ possuem resolução espacial de 30 metros.

A escolha dessas imagens foi em função da abrangência dos anos para análise da dinâmica de ocupação do PEVRI e também em função de sua disponibilidade.

3.2.2 Receptor GPS

Para verificação do registro da imagem de satélite LANDSAT-7 de 2002, órbita 224 ponto 76 foi utilizado um receptor GPS (Global Positioning System) de navegação Gamin eTrex, modelo Vista, de 12 canais, fornecendo uma precisão melhor que 25 metros em 95% dos casos, quando o código SA (acesso seletivo) está desligado.

3.2.3 Verificação de campo

Foram realizadas 3 campanhas de campo para aquisição de pontos de controle no solo para o registro das imagens. Esses pontos de controle também foram utilizados para a análise das amostras de treinamento das classificações das imagens.

3.2.4 Software

Foi utilizado neste trabalho o “software” ERDAS IMAGINE 8.6 (ERDAS, 2002) para as atividades relacionadas ao registro da imagem de satélite, classificação supervisionada das imagens de satélites e tratamento pós-classificatório com uso de filtro de mediana.

Foi utilizado o “software” ENVI 3.4 (ENVI, 2000) para realizar o agrupamento das classes temáticas obtidas com as classificações das imagens de cada ano, análise dos resultados das classificações das imagens multitemporais e geração das cartas de cobertura do solo.

3.3 MÉTODOS

3.3.1 Registro da imagem

A imagem de satélite LANDSAT-7 órbita 224 ponto 76, passagem de 25 de Maio de 2002, foi georreferenciada pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul e para o registro foram tomados alguns pontos de controle no campo por meio de um GPS. Esses pontos de controle foram selecionados pela sua fácil visualização na imagem, como cruzamentos de estradas e confluências de rios.

Posteriormente, as coordenadas dos pontos de controle adquiridos no campo foram comparadas com sua respectiva informação na imagem através do “software” ERDAS IMAGINE 8.6 (ERDAS, 2002). Foram verificados na imagem 15 pontos de controle distribuídos por toda a cena. Verificou-se um erro máximo nas coordenadas geográficas de 0° 00' 01” o que corresponde a aproximadamente 30 metros. O erro encontrado é aceitável devido à resolução espacial de uma imagem LANDSAT ser de 30 metros.

As imagens do satélite LANDSAT órbita 224 ponto 076 de 1977, 1996, 1998 e 2004 foram registradas a partir da imagem LANDSAT de 2002 como referência. Foram utilizados para registro das imagens 12 pontos de controle e o modelo de transformação polinomial de segundo grau do “software” ERDAS IMAGINE 8.6. Este procedimento foi adotado por ser eficiente computacionalmente e comumente usado

por pesquisadores da área ambiental (DUGGINS; ROBINOVE, 1990 *apud* JENSEN,1996).

Para todas as imagens do satélite LANDSAT deste trabalho, foi adotado o referencial “*World Geodesic System*”, WGS 84 e o sistema de coordenadas geográficas (latitude e longitude) em virtude da área de estudo estar localizada em uma região de mudança de fuso do sistema de projeção Universo Transverso de Mercator (UTM).

O maior erro encontrado no registro das imagens do satélite LANDSAT de 1977, 1996, 1998 e 2004 foi de 0° 00’ 01”, correspondendo a cerca de 30 metros, e, portanto, condizente com a resolução espacial da imagem.

3.3.2 recorte da cena 224_076

Para seleção da área de estudo foi realizado aplicando a ferramenta de “subset” do “software” ERDAS IMAGINE 8.6 (ERDAS, 2002), um recorte da cena 224_076 nas coordenadas referentes à área de trabalho, 22° 32’ 59” e 23° 15’ 37” latitude sul e 53° 28’ 11” e 54° 05’ 25” longitude oeste para todas as imagens do satélite LANDSAT utilizadas neste estudo. Neste trabalho, a partir deste tópico, sempre que citado as imagens temporais do satélite LANDSAT entende-se pelo recorte criado da cena 224_076.

A escala de trabalho adotada para todas as imagens de satélites LANDSAT foi de 1:100.000.

3.3.3 Classificação supervisionada da imagem LANDSAT-5 TM de 2004

Na classificação supervisionada da imagem utilizou-se a composição RGB 453 e RGB 321 para escolha das amostras de treinamento. Foi escolhida a composição RGB 453, atribuindo a banda 4 ao canal R (“*Red*”), a banda 5 ao canal G (“*Green*”) e a banda 3 ao canal B (“*Blue*”), pois é uma composição consagrada em estudos ambientais e por fornecer uma melhor diferenciação da vegetação florestal, que aparece na imagem em diferentes tons de vermelho. Esta composição também é muito útil para determinação de bordas de corpos de água. A composição RGB 321 foi escolhida, pois ela corresponde à imagem colorida natural facilitando diferenciações entre alvos espectrais, pois é similar ao que se vê a olho nu.

Foram utilizadas como auxílio nas identificações dos alvos espectrais para seleção das amostras de treinamento as chaves de interpretações utilizadas em Paranhos Filho (2000), para a composição RGB 453.

Tendo em conta o auxílio das chaves de interpretações utilizadas em Paranhos Filho (2000), e os dados obtidos em campo, foram definidas as seguintes classes de cobertura do solo:

- Água (ÁGUA): rios, lagoas, baías e corpos aquosos com resposta em tons de azul claro, azul escuro e preto na composição RGB 453 e tons de azul claro, azul escuro, branco e marrom na composição RGB 321;
- Agrícola (AGRI): áreas ocupadas com culturas permanentes ou temporárias com resposta em alaranjado intenso na composição RGB 453 e verde escuro na composição RGB 321;
- Florestal (FLOR): áreas ocupadas por floresta estacional semidecídua, cerradão e cerrado com resposta em vermelho na composição RGB 453 e verde escuro intenso na composição RGB 321;
- Pastagem e campos (PACAM): áreas ocupadas por pastagens e também coberta por gramíneas, porém sem uso definido com resposta em tons de verde claro na composição RGB 453 e RGB 321;
- Várzea e campos naturais (VAZCAM): áreas ocupadas por várzeas, áreas úmidas e/ou campos naturais com resposta em verde escuro na composição RGB 453 e tons de roxo na composição RGB 321;
- Solo exposto (SOEXAR 1, 2 e 3): áreas ocupadas por solos expostos, zonas aradas e agrícolas com resposta em azul intenso para SOEXAR1, azul celeste para SOEXAR2 e azul médio a claro para SOEXAR3 na composição RGB 453 e vermelho intenso para SOEXAR1, branco para SOEXAR2 e vermelho médio a claro para SOEXAR3 na composição RGB 321.

Na imagem classificada, as classes SOEXAR 1, 2 e 3 foram agrupadas em apenas uma classe, a SOEXAR e com uma cor identificadora. Isto se deve, pois apesar de existir diferenças nas respostas espectrais entre elas, essas classes caracterizam a mesma cobertura do solo.

Para definição das classes além da resposta espectral foi importante analisar outros elementos de interpretação de imagens como a forma, que no caso das classes PACAM e AGRI aparecem em formas geométricas; textura na qual é

observada na classe FLOR aparecendo com uma textura rugosa; e localização na qual a classe VAZCAM pode ser discriminada em função de estar próxima a corpos d'águas.

A figura 2 a seguir exhibe as classes de cobertura do solo definida para este trabalho na região do PEVRI.

	
Classe de cobertura Água	Classe de cobertura Agrícola
	
Classe de cobertura Florestal	Classe de cobertura Pastagem e campos
	
Classe de cobertura Várzea e campos naturais	Classe de cobertura Solo exposto

Figura 2. Classes de cobertura do solo definidas para a região do PEVRI.

Para classificação supervisionada foram tomadas amostras de treinamento em regiões homogêneas e representativas de cada classe temática adotada. As

amostras de treinamento foram selecionadas com a digitalização de polígonos em tela distribuídas por toda imagem da área de estudo. Selecionou-se o mínimo de 6 amostras para cada classe temática e posteriormente, analisou-se o editor de assinaturas espectrais do ERDAS IMAGINE 8.6, a fim de constatar as respostas espectrais das amostras e descartar aquelas que possuíam respostas muito próximas.

Utilizaram-se os métodos de classificação supervisionada da mínima distância euclidiana e da máxima verossimilhança do ERDAS IMAGINE 8.6 (ERDAS, 2002), com base nas assinaturas espectrais das amostras de treinamento tomadas para classificação da imagem de 2004. A classificação foi realizada utilizando-se as bandas 1, 2, 3, 4 e 5.

a) Análise dos métodos

Foram pré-selecionados 30 pontos homogeneamente distribuídos por toda área de estudo, em locais que divergiram nas duas classificações. Estes 30 pontos foram colhidos no solo através de um GPS e estes comparados à resposta que cada método apresentou como classe temática.

Utilizou-se também a análise visual das imagens classificadas em tela e compararam-se os resultados das classificações nos dois métodos e na imagem adquirida. Foi utilizado o “software” ENVI 3.4 (ENVI, 2000), para contabilizar as áreas de cada classe temática nos dois métodos utilizados a fim de auxiliar a decisão pelo melhor método.

b) Tratamento pós-classificação

Visando minimizar o efeito da presença de “pixels” isolados na classificação supervisionada pelo algoritmo MINDIST, foi aplicado um filtro de mediana 3x3 do “software” ERDAS IMAGINE 8.6 (ERDAS, 2002).

O filtro de mediana utilizado é classificado como um filtro passa-baixa, pelo fato desse tipo de filtro eliminar as altas frequências da imagem, deixando “passar” somente as baixas frequências. Nessa operação uma máscara se move pela imagem classificada e a mediana dessa máscara é determinada. O “pixel” central dessa máscara é substituído pela mediana dos seus vizinhos, quando não existe um

valor majoritário na vizinhança, o valor do “pixel” central permanece o mesmo (CROSTA, 1992; LILLESAND *et al*, 2004).

c) Agrupamento das classes

Posteriormente a classificação supervisionada MINDIST e MAXVER as classes de cobertura do solo foram agrupadas em três novas classes utilizando o “software” ENVI 3.4 (ENVI, 2000):

- Água (ÁGUA): contendo a classe ÁGUA, foi utilizada a cor azul para exibição no mapa de cobertura do solo;
- Natural (NAT): contendo as classes FLOR e VAZCAM, foi utilizada a cor verde para identificação no mapa de cobertura do solo;
- Antrópica (ANTRP): contendo as classes AGRI, PACAM e SOEXAR, foi utilizada a cor siena (ton de marrom) no mapa de cobertura do solo.

Este agrupamento foi realizado, pois o objetivo do trabalho foi de analisar a dinâmica espacial da paisagem em função das áreas antrópicas e naturais. Neste sentido as classes foram agrupadas nas categorias água, natural e antrópica permitindo quantificar perdas e ganhos de áreas entre essas categorias no período de estudo.

3.3.4 Classificação supervisionada das imagens LANDSAT-2 MSS de 1977, LANDSAT-5 TM de 1996, LANDSAT-5 TM de 1998 e LANDSAT-7 ETM+ de 2002

As composições RGB realizadas para cada imagem temporal LANDSAT foram:

- imagem LANDSAT-2 MSS 1977: RGB 754 e RGB 465;
- imagem LANDSAT-5 TM 1996: RGB 453 e RGB 543;
- imagem LANDSAT-5 TM 1998: RGB 453 e RGB 543;
- imagem LANDSAT-7 ETM+ 2002: RGB 453 e RGB 321.

Foram utilizadas as mesmas combinações de bandas que na imagem de 2004, RGB 754 e RGB 453 ressaltando em vermelho as áreas florestais, e RGB 465, RGB 543 e RGB 321 exibindo a imagem em colorido natural.

As imagens do satélite LANDSAT de 1977, 1996, 1998 e 2002 foram classificadas pelo método da mínima distância euclidiana (MINDIST), pois foi o método que apresentou melhor resultado para imagem de 2004 e, portanto escolhido como método para realizar a análise multitemporal das imagens.

Para as imagens de 1996, 1998 e 2002 foram utilizadas as mesmas chaves de interpretação da imagem de 2004, pois essas imagens possuem para as mesmas composições de bandas da imagem de 2004 iguais respostas espectrais e tendo em vista que não se possuem amostras de treinamento dos anos 1996, 1998 e 2002.

Para a imagem de 1977, pelo fato de também não se possuir amostras de treinamento dessa época, utilizou-se uma interpretação visual das características da imagem como forma, textura, localização, cor e a experiência adquirida com as demais imagens observando as respostas espectrais de uma mesma área em que não se alterou através dos anos. Foi utilizado como uma referência às mesmas chaves de interpretação das demais imagens.

Na imagem de 1977 foi determinada a classe CERRADO, como sendo áreas de menor biomassa que a classe FLOR, a classe NATURAL como áreas de vegetação de menor porte e a classe ANTRP como sendo áreas de desmatamento e/ou queimadas.

As classes de cobertura do solo definidas para cada imagem foram:

- imagem LANDSAT-2 MSS 1977: água, florestal, pastagem e campos, antrópica, várzeas e campos naturais, natural e cerrado;
- imagem LANDSAT-5 TM de 1996: água, florestal, agricultura, pastagem e campos, várzeas e campos naturais, solo exposto, nuvem e sombra;
- imagem LANDSAT-5 TM de 1998: água, florestal, agricultura, pastagem e campos, várzeas e campos naturais, solo exposto;
- imagem LANDSAT-7 ETM+ de 2002: água, florestal, agricultura, pastagem e campos, várzeas e campos naturais, solo exposto.

Na imagem classificada de 1996, 1998 e 2002 em virtude de diferenças nas repostas espectrais foram denominadas as classes SOEXAR1, 2 e 3 para a cobertura do solo de solo exposto. Após a classificação essas classes foram agrupadas em apenas uma classe SOEXAR como realizado anteriormente na imagem de 2004.

a) Respostas espectrais das classes temáticas na imagem LANDSAT-2 MSS de 1977:

- Água (ÁGUA1): resposta em tons de azul para composição RGB 754 e para composição RGB 465;
- Água (ÁGUA2): resposta em tons de verde para composição RGB 754 e para composição RGB 465;
- Florestal (FLOR): resposta em vermelho para composição RGB 754 e para composição RGB 465;
- Pastagem e campos (PASTO1): resposta em azul celeste para composição RGB 754 e para composição RGB 465;
- Pastagem e campos (PASTO2): resposta em tons de verde para composição RGB 754 e para composição RGB 465;
- Várzea e campos naturais (VAZCAM): resposta em verde escuro para composição RGB 754 e para composição RGB;
- Antrópica (ANTRP): resposta em roxo para composição RGB 754 e verde escuro para composição RGB;
- Natural (NATURAL): resposta em rosa para composição RGB 754 e para composição RGB;
- Cerrado (CERRADO): resposta em verde misturado a vermelho para composição RGB 745 e verde claro para composição RGB 465.

As classes ÁGUA1 e ÁGUA2 foram agrupadas em apenas uma classe, denominada ÁGUA e as classes PASTO1 e PASTO2 da mesma maneira foram agrupadas na classe PASTO.

Para esta imagem utilizou-se a característica de forma para discriminar as classes de PASTO e ANTRP; textura para reconhecer as classes FLOR e CERRADO, na qual a classe FLOR apresenta uma textura mais rugosa que a classe

CERRADO; e localização, para identificar a classe VAZCAM próxima aos corpos d'águas, CERRADO normalmente próximo a FLOR e ANTRP em meio a FLOR.

b) Respostas espectrais das classes temáticas na imagem LANDSAT-5 TM de 1996:

- Água (ÁGUA): resposta em tons de azul e preto na composição RGB 453 e na composição RGB 543;
- Agrícola (AGRI): resposta em tons de laranja na composição RGB 453 e verde claro brilhante na composição RGB 543;
- Florestal (FLOR): resposta em vermelho na composição RGB 453 e verde na composição RGB 543;
- Pastos e campos (PACAM): resposta em tons de verde claro na composição RGB 453 e tons de verde e roxo na composição RGB 543;
- Várzea e campos naturais (VAZCAM): resposta em tons de verde escuro na composição RGB 453 e tons de verde escuro e roxo na composição RGB 543;
- Solo exposto (SOEXAR 1, 2 e 3): resposta em azul intenso para SOEXAR1, azul celeste para SOEXAR2 e azul médio a claro para SOEXAR3 na composição RGB 453 e tons de roxo a azul para SOEXAR1 e SOEXAR3 e rosa para SOEXAR2 na composição RGB 543;
- Nuvem (NUVEM): resposta em branco para composição RGB 453 e RGB 543;
- Sombra (SOMBRA): resposta em preto para composição RGB 453 e RGB 543.

Para definição das classes, da mesma maneira que realizada na imagem de 2004, além da resposta espectral foi importante analisar outros elementos de interpretação de imagens como a forma, que no caso de PACAM e AGRI aparecem em formas geométricas; textura na qual é observada na classe FLOR aparecendo com uma textura rugosa; e localização na qual a classe VAZCAM pode ser discriminada em função de estar próxima a corpos d'águas.

c) Respostas espectrais das classes temáticas na imagem LANDSAT-5 TM de 1998:

- Água (ÁGUA): resposta em tons de azul e preto na composição RGB 453 e RGB 543;

- Agrícola (AGRI): resposta em tons de laranja na composição RGB 453 e verde brilhante claro na composição RGB 543;
- Florestal (FLOR): resposta em vermelho na composição RGB 453 e verde na composição RGB 543;
- Pastos e campos (PACAM): resposta em tons de verde claro na composição RGB 453 e tons de roxo e verde na composição RGB 543;
- Várzea e campos naturais (VAZCAM): resposta em tons de verde escuro na composição RGB 453 e tons de roxo e verde na composição RGB 543;
- Solo exposto (SOEXAR 1, 2 e 3): resposta em azul escuro para SOEXAR1, azul celeste para SOEXAR2 e azul médio a claro para SOEXAR3 na composição RGB 453 e tons de roxo a azul para SOEXAR1 e SOEXAR3 e rosa para SOEXAR2 na composição RGB 543.

Na imagem de 1998, também foram analisados outros elementos de interpretação de imagens como a forma, que no caso de PACAM e AGRI aparecem em formas geométricas; textura na qual é observada na classe FLOR aparecendo com uma textura rugosa; e localização na qual a classe VAZCAM pode ser discriminada em função de estar próxima a corpos d'águas.

d) Respostas espectrais das classes temáticas na imagem LANDSAT-7 ETM+ de 2002:

- Água (ÁGUA): resposta em tons de azul claro e preto na composição RGB 453 e tons de azul claro e marrom na composição RGB321;
- Agrícola (AGRI): resposta em alaranjado intenso na composição RGB 453 e verde escuro na composição RGB 321;
- Florestal (FLOR): resposta em vermelho na composição RGB 453 e verde escuro intenso na composição RGB 321;
- Pastos e campos (PACAM): resposta em tons de verde claro na composição RGB 453 e RGB 321;
- Várzea e campos naturais (VAZCAM): resposta em verde escuro na composição RGB 453 e tons de roxo na composição RGB 321;
- Solo exposto (SOEXAR 1, 2 e 3): resposta em azul intenso para SOEXAR1, azul celeste para SOEXAR2 e azul médio a claro para SOEXAR3 na composição

RGB 453 e vermelho intenso para SOEXAR1, branco para SOEXAR2 e vermelho médio a claro para SOEXAR3 na composição RGB 321.

Para esta imagem, como nas demais, observou-se além da resposta espectral, outros elementos de interpretação de imagens como a forma, que no caso de PACAM e AGRI aparecem em formas geométricas; textura na qual é observada na classe FLOR aparecendo com uma textura rugosa; e localização na qual a classe VAZCAM pode ser discriminada em função de estar próxima a corpos d'águas.

e) Tratamento pós-classificação

Aplicou-se no “software” ERDAS IMAGINE 8.6 um filtro de mediana 3x3 para as imagens de 2002, 1998, 1996 e 1977 da mesma maneira que executado na imagem de 2004, a fim de minimizar os efeitos dos “pixels” isolados.

f) Agrupamento das classes:

Depois de efetuada as classificações das imagens de satélites estas foram agrupadas em classes no “software” ENVI 3.4 (ENVI, 2000), conforme a notação usada para imagem de 2004, definidas em ÁGUA, NAT e ANTRP. Utilizaram-se as mesmas relações de agrupamento entre as classes. As diferenças foram às classes NUVEM e SOMBRA que aparecem apenas na imagem de 1996. Optou-se por não agrupar NUVEM e SOMBRA em nenhuma das três classes anteriores, deixando-as como novas classes temáticas para a imagem de 1996.

3.3.5 Mapa de cobertura do solo

Foram elaborados no “software” ENVI 3.4 (ENVI, 2000), os mapas de cobertura do solo da área de estudo para cada imagem analisada. Os mapas de cobertura do solo foram classificados utilizando os métodos MINDIST e MAXVER para imagem do ano de 2004 e pelo método MINDIST para as imagens dos anos de 2004, 2002, 1998, 1996 e 1977. As classes temáticas foram agrupadas em ÁGUA, NAT, ANTRP, NUVEM e SOMBRA para imagem de 1996 e ÁGUA, NAT e ANTRP para as demais imagens.