1. Publicação nº	2. Versão	3. Data	5. Distribuição
INPE-3876-RTR/086		*Abril, 1986*	☐ Interna ☐ Externa ☒ Restrita
4. Origem *DSR*	Programa *PANTANAL*		

6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es)

PANTANAL MATO-GROSSENSE *PROCESSAMENTO DIGITAL*

SENSORIAMENTO REMOTO *VEGETAÇÃO*

7. C.D.U.: *061.6:528.711.7:556.56(817.2)*

8. Título *INPE-3876-RTR/086*

RELATÓRIO FINAL DAS ATIVIDADES DO PROJETO INPE/IBDF (SUBPROJETO PANTANAL)

10. Páginas: *51*

11. Última página: *C.1*

12. Revisada por

Getúlio Teixeira Batista

9. Autoria *Dagoberto Silva*

Hermann J. H. Kux

13. Autorizada por

Marco Antonio Raupp
Diretor Geral

Assinatura responsável

14. Resumo/Notas

O objetivo deste estudo é o mapeamento das formações vegetais e da variação da lâmina d'água no Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense através de técnicas de sensoriamento remoto. Foram usadas fotografias aéreas infravermelhas coloridas e dados digitais do MSS-LANDSAT. Através de técnicas de fotointerpretação foram identificadas as seguintes unidades de vegetação: Floresta Estacional Semi-decidual Aluvial, Vegetação de Transição e Campos Inundáveis. Durante o processamento digital dos dados do MSS-LANDSAT utilizou-se um classificador por máxima verossimilhança (MAXVER); a classe temática "Campos Inundáveis" pôde ser discriminada em duas subclasses com diferentes teores de umidade. A aplicação do algoritmo SLICER no canal 7 do MSS-LANDSAT permitiu mapear a variação da lâmina d'água nas duas épocas (vazante e cheia) estudadas.

15. Observações

RESUMO

O objetivo deste estudo é o mapeamento das formações vegetais e da variação da lâmina d'água no Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense através de técnicas de sensoriamento remoto. Foram usadas fotografias aéreas infravermelhas coloridas e dados digitais do MSS-LANDSAT. Através de técnicas de fotointerpretação foram identificadas as seguintes unidades de vegetação: Floresta Estacional Semi-decidual Aluvial, Vegetação de Transição e Campos Inundáveis. Durante o processamento digital dos dados do MSS-LANDSAT utilizou-se um classificador por máxima verossimilhança (MAXVER); a classe temática "Campos Inundáveis" pôde ser discriminada em duas subclasses com diferentes teores de umidade. A aplicação do algoritmo SLICER no canal 7 do MSS-LANDSAT permitiu mapear a variação da lâmina d'água nas duas épocas (vazante e cheia) estudadas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Dr. Nelson de Jesus Parada, na época Diretor do Instituto de Pesquisas Espaciais, e ao Dr. Mauro da Silva Reis, na época Presidente do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, por terem permitido a realização deste estudo.

A Cátia Nunes da Cunha, David Chung Liang Lee, João Roberto dos Santos, José Carlos Moreira, Maurício Alves Moreira e Paulo Cesar Mendes Ramos pela colaboração.

A todos que direta ou indiretamente contribuiram para que este trabalho fosse realizado.

ABSTRACT

The objective of this study is to map the plant associations and the variation of the area covered by water (wet and dry seasons) in the "Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense" using remote sensing techniques. Color infrared aerial photographs and MSS-LANDSAT digital data were used. Through the photo-interpretation techniques the following vegetation units were identified: Semideciduos Seasonal Alluvial Forest, Transitional Vegetation and Flooded Grasslands. During the digital processing of the MSS-LANDSAT data (Maximum likelihood classifier-MAXVER) the class "Flooded Grasslands" was discriminated in two subclasses of different moisture contents. The seasonal variation for the area covered by water was discriminated with the aid of MSS-LANDSAT band 7, using the SLICER-Algorithm at the image processing facility from INPE.

SUMÁRIO

Pág.

LISTA DE FIGURAS vii
LISTA DE TABELAS ix

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO 1

CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA 3

2.1 - Regiões do espectro eletromagnético 3
2.2 - Comportamento espectral da vegetação 4
2.3 - Conteúdo de umidade no solo e reflectância 5
2.4 - Reflectância espectral da água 6
2.5 - Descrição dos algoritmos utilizados no processamento digital dos dados MSS-LANDSAT 8
2.5.1 - Algoritmo para correção radiométrica 9
2.5.2 - Classificador gaussiano de máxima verossimilhança (MAXVER) 9
2.5.3 - Algoritmo SLICER 10

CAPÍTULO 3 - MATERIAL E MÉTODOS 11

3.1 - Material 11
3.1.1 - Área de estudo 11
3.1.1.1 - Localização 11
3.1.1.2 - Geomorfologia 11
3.1.1.3 - Clima 19
3.1.1.4 - Solos 20
3.1.1.5 - Vegetação 20
3.1.2 - Fotografias aéreas infravermelhas coloridas 23
3.1.3 - Cartas topográficas 23
3.1.4 - Dados digitais do MSS-LANDSAT 23
3.2 - Métodos 24
3.2.1 - Interpretação das fotografias aéreas 24
3.2.2 - Trabalho de campo 24
3.2.3 - Classificação da unidade 3 (Campos inundáveis) através do processamento digital de dados MSS-LANDSAT 25

3.2.4 - Delimitação da lâmina d'água através do processamento digital de dados MSS-LANDSAT 26

CAPÍTULO 4 - 27

4.1.1 - Interpretação das fotografias aéreas 27

4.1.2 - Processamento digital dos dados MSS-LANDSAT 29

4.2 - Mapeamento da variação da lâmina d'água através de da do digital do MSS-LANDSAT 30

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 32

5.1 - Conclusões 32

5.2 - Recomendações 33

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 35

APÊNDICE A - MAPA DE VEGETAÇÃO

APÊNDICE B - MAPA DE CAMPOS INUNDÁVEIS

APÊNDICE C - MAPA DE VARIAÇÃO DA LÂMINA D'ÁGUA

LISTA DE FIGURAS

Pág.

2.1 - Regiões do espectro eletromagnético, com as faixas de atuação dos sitemas sensores 3

2.2 - Curva característica da reflectância da folha e suas regiões principais de absorção 5

2.3 - Reflectância de solos argilosos e arenosos com diferentes graus de umidade 6

2.4 - Radiação espectral refletida para diferentes teores de concentração de sólidos em suspensão, em superfícies de água. 7

3.1 - Localização da área de estudo 12

3.2 - Localização e denominação das dez subunidades do Pantanal Mato-grossense 14

3.3 - Localização de dois postos fluviométricos do DNOS no rio Paraguai 17

3.4 - Dados de altura d'água, fornecidos pelo DNOS, de Bela Vista do Norte para 1980, com indicação das médias mensais e mínima e passagem do MSS-LANDSAT estudada 17

3.5 - Dados de altura d'água, fornecidos pelo DNOS, de Bela Vista do Norte para 1981, com indicação das médias mensais e mínima e passagem do MSS-LANDSAT estudada 18

3.6 - Dados de altura d'água, fornecidos pelo DNOS, de Porto Conceição de 1980, com indicação das médidas mensais máxima e mínima e passagem do MSS-LANDSAT estudada 18

3.7 - Dados de altura d'água, fornecidos pelo DNOS, de Porto Conceição para 1981, com indicação das médias mensais máxima e mínima e passagem do MSS-LANDSAT estudada 19

3.8 - Distribuição média da precipitação (1961-1976) em Corumbá-MS 20

3.9 - Exemplo de histograma bimodal da área de contato terra/água, utilizado no algoritmo SLICER 26

4.1 - Aspecto da unidade 1, Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, rio Caracará 27

4.2 - No primeiro plano um aspecto da unidade 3, Vegetação de Transição, a oeste do rio Caracará 28

4.3 - Aspecto da unidade 4, Campos Inundáveis, a oeste do rio Caracará 29

4.4 - Níveis de cinza médios dos "clusters" correspondentes às duas classes de campos inundáveis, obtidos através do algoritmo MAXVER 31

LISTA DE TABELAS

Pág.

3.1 - Número de áreas amostrais por classe com o respectivo número de "Pixels" amostrados, utilizadas no algoritmo MAXVER..... 25

4.1 - Resultados numéricos da utilização do algoritmo SLICER para a delimitação da lâmina d'água nos módulos das cenas MSS-LANDSAT em estudo 32

5.1 - Bandas espectrais do sensor TM-LANDSAT 34

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Abrangendo uma área aproximada de 140.000 Km^2, o Pantanal Mato-grossense compreende um sistema ecológico com características próprias e bem definidas. Constitui-se em uma extensa planície inundável que apresenta baixa declividade, o que impede a drenagem eficiente pelos rios que cortam esta região, causando enchentes anuais prolongadas. A vegetação apresenta elementos de quatro províncias fitogeográficas: Savana (ou Cerrado), floresta Amazônica, Chaco e, perifericamente, Floresta Atlântica; advindo daí uma acentuada heterogeneidade interna. Por isto, esta região tem sido freqüentemente denominada *complexo do Pantanal*. As dificuldades de acesso e a sua complexidade ecológica determinaram a quase-inexistência de estudos sobre a vegetação nesta região.

Diante do exposto, as técnicas de sensoriamento remoto podem favorecer importantes contribuições ao conhecimento da ecologia desta região, o que facilita a sua ocupação e seu desenvolvimento mais ordenado.

Este trabalho tem por objetivo principal mapear as formações vegetais e a variação da lâmina d'água no Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense, através de técnicas de sensoriamento remoto.

Com este mapeamento pretende-se fornecer elementos para a elaboração do plano de manejo e para a realização de futuros estudos da flora e da fauna desta área.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

2.1 - REGIÕES DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

A Figura 2.1 mostra parte do espectro eletromagnético, indicando que, na faixa compreendida entre 0,3 μ (micron) e 3 μ de comprimento de onda, a reflectância dos alvos terrestres constitui a informação espectral predominante.

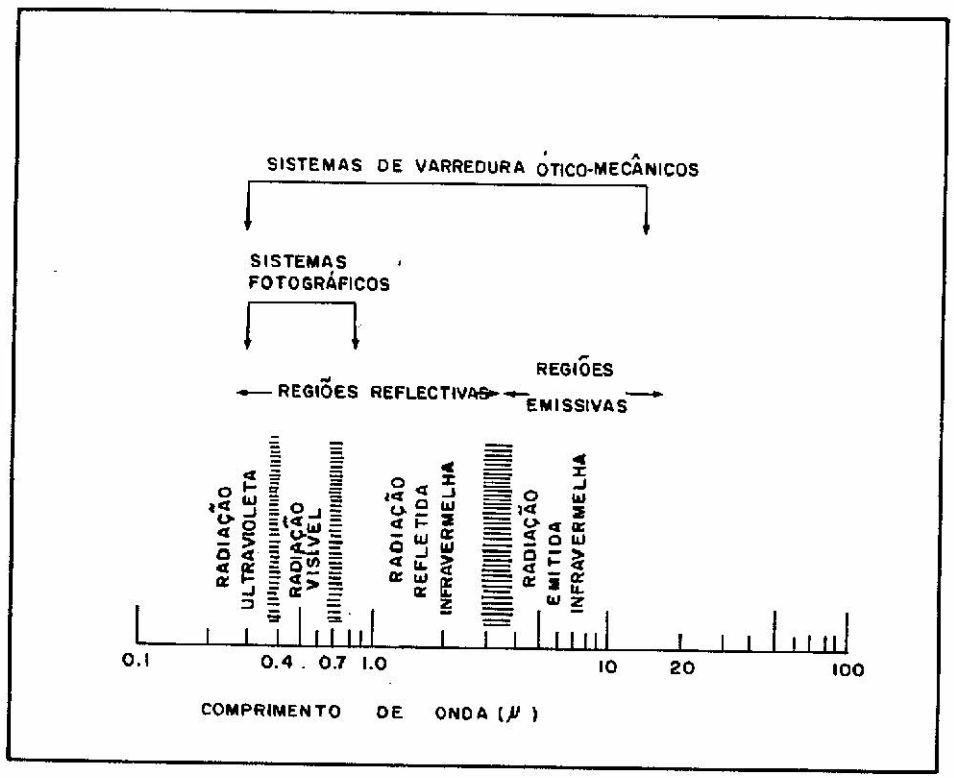


Figura 2.1 - Regiões do espectro eletromagnético, com as faixas de atuação dos sistemas sensores.
FONTE: Hoffer e Johansen (1969)

Nos comprimentos de onda em que predominam a radiação solar refletida, há três regiões espectrais principais, a saber:

1) ultravioleta - 0,30 a 0,38 μ,
2) visível - 0,38 a 0,72 μ,
3) infravermelho refletido - 0,72 a 3 μ.

A energia captada pelos sensores na faixa espectral de 3 a 15 μ é originada principalmente da emissão dos alvos.

2.2 - COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO

Segundo Hoffer (1972), o efeito das múltiplas camadas de folhas e a densidade de cobertura vegetal determinam uma alta reflectância e baixa absorção na faixa espectral de 0,7 a 1,3 μ, em comparação com a faixa do visível.

Gates et alii (1965) mencionam que a estrutura morfológica da folha é o principal fator ligado à reflectância da vegetação.

De acordo com Thomas e Oerthe (1972) e Maxwell (1975), a folha verde absorve a energia eletromagnética de modo mais eficiente nos intervalos de 0,4 a 0,5 μ e de 0,65 a 0,69 μ.

Kalensky e Wilson (1975) afirmam que o arranjo espacial e a morfologia da cobertura vegetal são características que podem definir a resposta espectral da vegetação.

A figura 2.2 mostra a curva característica da reflectância espectral de uma folha verde, indicando que a faixa espectral compreendida entre 0,38 e 2,6μ pode ser dividida em três regiões. A primeira é a região do visível, na qual os pigmentos das folhas, especialmente as clorofilas, dominam a resposta espectral das plantas. Na segunda, compreendida entre 0,72 e 1,3 μ, há muito pouca absorção da radiação pela folha, o que indica uma alta reflectância da vegetação. A terceira região é a da absorção da água, que se estende de 1,3 a 3 μ.

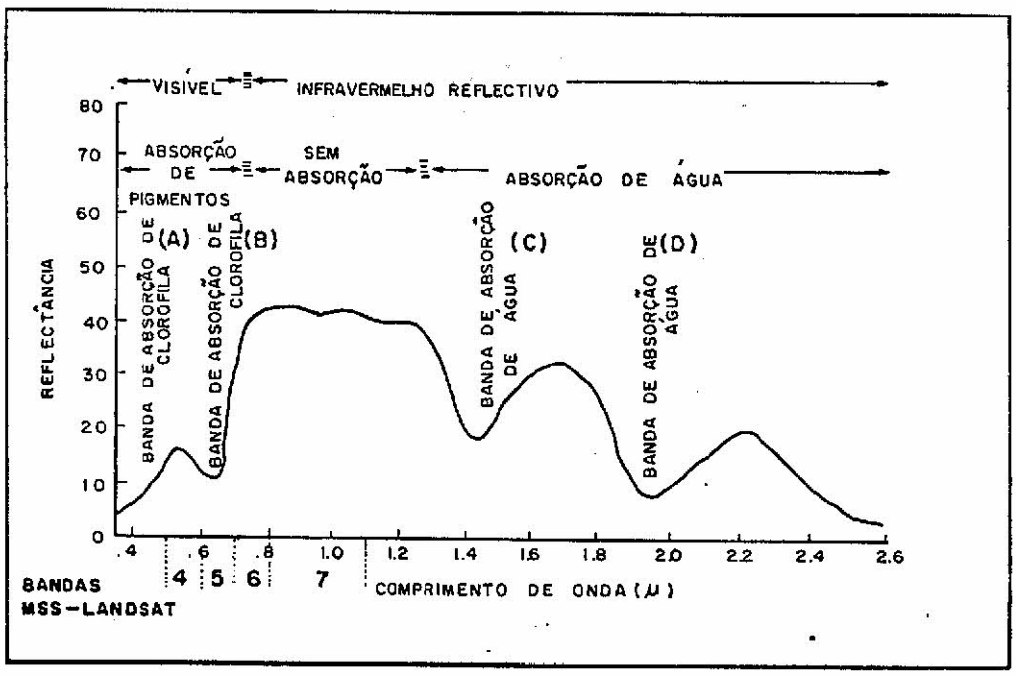


Fig. 2.2 - Curva característica da reflectância da folha e suas regiões principais de absorção

FONTE: Hoffer e Johansen (1969)

Das quatro principais bandas de aborção de uma folha verde, conforme indicado na Figura 2.2, duas bandas estão na região do visível (A e B). Sua origem está ligada à absorção de pigmentos e localizam-se em 0,45 μ e 0,65 μ. As outras duas (C e D) são devidas à absorção da água, estando localizadas no espectro eletromagnético em 1,45 μ e 1,95 μ de comprimento de onda.

2.3 - CONTEÚDO DE UMIDADE NO SOLO E REFLECTÂNCIA

A figura 2.3 mostra as curvas espectrais de reflectância média para os solos argilosos (A) e arenosos (B) com diferentes conteúdos de umidade. Estas curvas apresentam um decréscimo muito grande em reflectância com o aumento de umidade, possibilitando discriminar os solos com conteúdo de umidade diferentes através da utilização de dados obtidos por sensores remotos. Os solos argilosos mantêm a mesma forma da curva nos dois níveis de umidade, enquanto os solos arenosos

exibem um comportamento espectral bem diferente para baixos teores de umidade (0 a 4%). Isto ocorre porque as bandas de absorção da água encontram-se nos comprimentos de onda de 1,45 e 1,95 μ, conforme pode ser observado também na Figura 2.2.

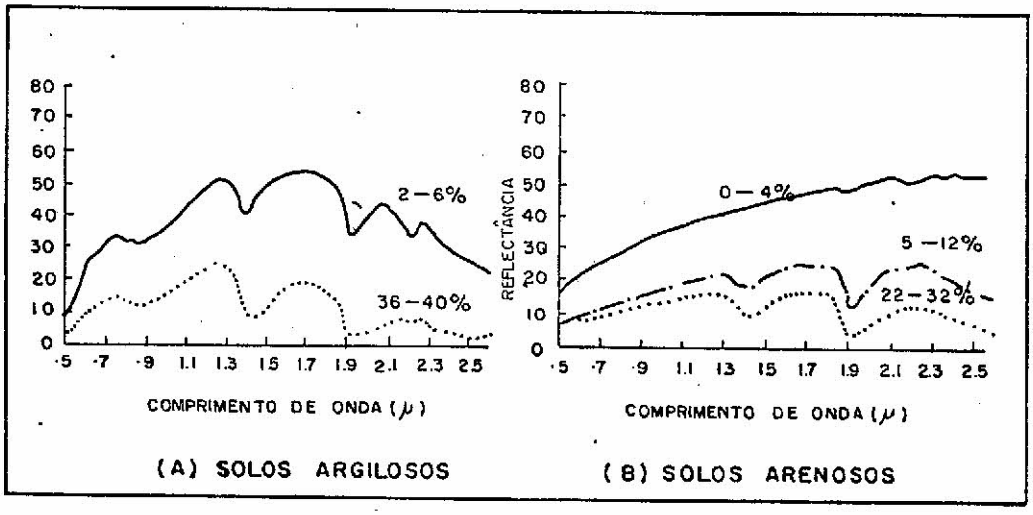


Fig. 2.3 - Reflectância de solos argilosos e arenosos com diferentes graus de umidade.
FONTE: Hoffer e Johansen (1969).

2.4 - REFLECTÂNCIA ESPECTRAL DA ÁGUA

A Figura 2.4 apresenta os resultados das medidas da radiação solar refletida sobre reservatórios de água com diversos teores de concentração de sólidos em suspensão na camada superficial, segundo Ritchie et alii (1974).

Nos comprimentos de onda de 0,4 μ e entre 0,9 a 1,1 μ a radiação solar refletida tem valores bastante semelhantes, enquanto entre 0,5 e 0,8 μ, a radiação aumenta quando há um aumento na concentração de sólidos em suspensão.

Os canais 4 e 5 do MSS-LANDSAT apresentam maior sinal de retorno para as diversas concentrações de sólidos em suspensão na água.

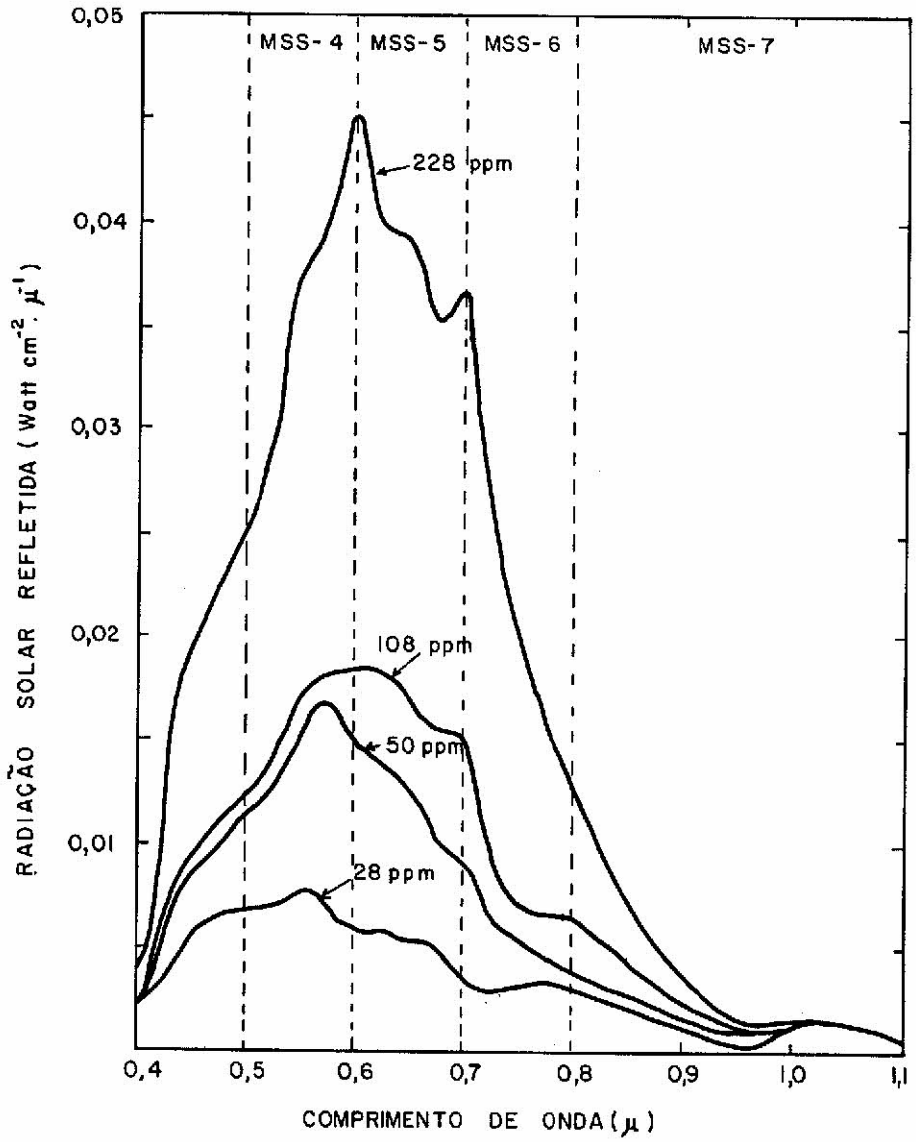


Fig. 2.4 - Radiação espectral refletida para diferentes teores de concentração de sólidos em suspensão, em superfícies de água.

Segundo estudos de Sausen (1981) estes dois canais são os mais adequados para identificar as diferentes concentrações de sedimentos em suspensão nas águas superficiais.

O canal 7 (0,8 - 1,1 μ) do MSS-LANDSAT apresenta baixa resposta espectral da água nas diversas concentrações de sólidos em suspensão, o que permite uma boa separabilidade da água em relação à maioria das outras classes de cobertura do solo.

2.5 - DESCRIÇÃO DOS ALGORITMOS UTILIZADOS NO PROCESSAMENTO DIGITAL DOS DADOS MSS-LANDSAT

O processo digital de imagens multiespectrais, através da utilização do Sistema Interativo de Análise de Imagens multiespectrais (IMAGE-100 ou simplesmente I-100) do INPE e de fitas compatíveis com o computador (CCTs), auxilia a interpretação das informações contidas nestas imagens digitais.

Pode-se dividir o processamento digital em duas partes, conforme o objetivo:

1ª) PRÉ-PROCESSAMENTO - O pré-processamento de imagens digitais tem a finalidade de melhorar a qualidade da imagem, realçando alvos de interesse e eliminando defeitos (por exemplo: algoritmo para Correção Radiométrica).

2ª) RECONHECIMENTO DE PADRÕES - O reconhecimento de padrões consiste na extração de informações da cena em estudo com maior interesse para a interpretação das imagens digitais, sem a intervenção humana direta. O princípio geral do reconhecimento de padrões baseia-se na premissa de que determinados alvos possuem um particular conjunto de características espectrais (assinatura espectral). Assim, o IMAGE-100 identifica as regiões da imagem que apresentam características espectrais semelhantes às áreas amostrais ou de treinamento estabelecidas (por exemplo: algoritmo MAXVER).

Para a classificação da cobertura vegetal e para a delimitação da lâmina d'água foram usados procedimentos metodológicos diferentes no que diz respeito ao processamento das imagens digitais (veja Seções 3.2.3 e 3.2.4, respectivamente).

2.5.1 - ALGORITMO PARA CORREÇÃO RADIOMÉTRICA

O sistema de varredura multiespectral (MSS-Multispectral Scanner Subsystem) do LANDSAT possui seis detetores independentes para cada uma das quatro bandas espectrais. Os seis detetores varrem linhas adjacentes de cena imageada. Como os detetores são independentes, o ganho (parâmetro multiplicativo) e o "offset" (parâmetro aditivo) de cada um podem apresentar uma pequena variação, o que resulta no aparecimento de pequenas faixas ("striping") na imagem. O programa de correção radiométrica equaliza as respostas dos seis detetores de cada banda espectral (Cavalcanti, 1975).

2.5.2 - CLASSIFICADOR GAUSSIANO DE MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA (MAXVER)

O MAXVER consiste num algoritmo para realizar classificações supervisionadas ponto a ponto de imagens multiespectrais (Velasco et alii, 1978).

Na fase de treinamento o sistema calcula o vetor médio e a matriz de covariância dos níveis de cinza de cada classe que compõe a área de estudo. Este cálculo é feito através da aquisição de áreas amostrais conhecidas pelo intérprete. O sistema fornece elementos para uma previsão da classificação baseada nos parâmetros amostrais (vetor médio e matriz de covariância) das classes, havendo a possibilidade de alterá-los pela adição ou subtração de amostras.

Na fase de classificação, o sistema utiliza-se dos parâmetros obtidos na primeira fase (fase de treinamento), definindo uma função de densidade de probabilidade para cada classe. Posteriormente, compara as características ou atributos de cada ponto (níveis de cinza) a estas funções. O ponto (elemento de resolução ou "pixel") é associado à classe que apresentar a maior densidade de probabilidade, desde que seja maior ou igual a um limiar predeterminado. Caso contrário o ponto é considerado não-classificado, ou como não-pertencente a nenhuma das classes propostas.

2.5.3 - ALGORITMO SLICER

O algoritmo SLICER consiste num procedimento para o reconhecimento de padrões, através do processamento digital de imagens.

O SLICER divide o histograma de um canal, definido pela área do cursor ou tema, em intervalos de níveis de cinza, associando cada ponto da imagem a um intervalo.

O histograma da área de treinamento é mostrado no terminal gráfico do IMAGE-100. O usuário decide então qual dos três seguintes tipos de divisão deverá ser executada (Ribeiro et alii, 1982):

a) Manual - são fornecidos pelo usuário os limites inferiores de cada intervalo e o limite superior do último intervalo de níveis de cinza.

b) Equidistribuição - a área selecionada é dividida em intervalos de forma que a população de cada intervalo seja igual.

c) Normal - cada intervalo apresenta o mesmo número de níveis de cinza.

Neste trabalho foi utilizado a opção manual (a), conforme descrita na Seção 3.2.4.

CAPÍTULO 3

MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - MATERIAL

3.1.1 - ÁREA DE ESTUDO

3.1.1.1 - LOCALIZAÇÃO

A área em estudo localiza-se no Estado de Mato Grosso e compreende o Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense. As Figuras 3.1 e 3.2 mostram a sua localização.

3.1.1.2 - GEOMORFOLOGIA

O Pantanal Mato-grossense é uma extensa superfície de acumulação de topografia plana sujeita a inundações anuais. A rede de drenagem é comandada pelo rio Paraguai.

Segundo Adamoli (1981) a declividade regional apresenta um gradiente topográfico de 6-12 cm/km no sentido leste-oeste e de 1-2 cm/km no sentido norte-sul. As cotas altimétricas variam entre 80 e 160 m. Na área de estudo a altitude média é de 95 m.

A região apresenta características geomorfológicas próprias, às quais se aplicam uma terminologia regional como as *baías*, *cordilheiras*, *vazante* e *corixos*.

As *baías* constituem áreas deprimidas, com água às vezes salobra, apresentando formas circulares, semicirculares ou irregulares.

As *cordilheiras* são pequenas elevações do terreno raramente alagadas. Servem de sítio para as sedes de fazendas e de abrigo para o gado e para a fauna silvestre durante as enchentes.

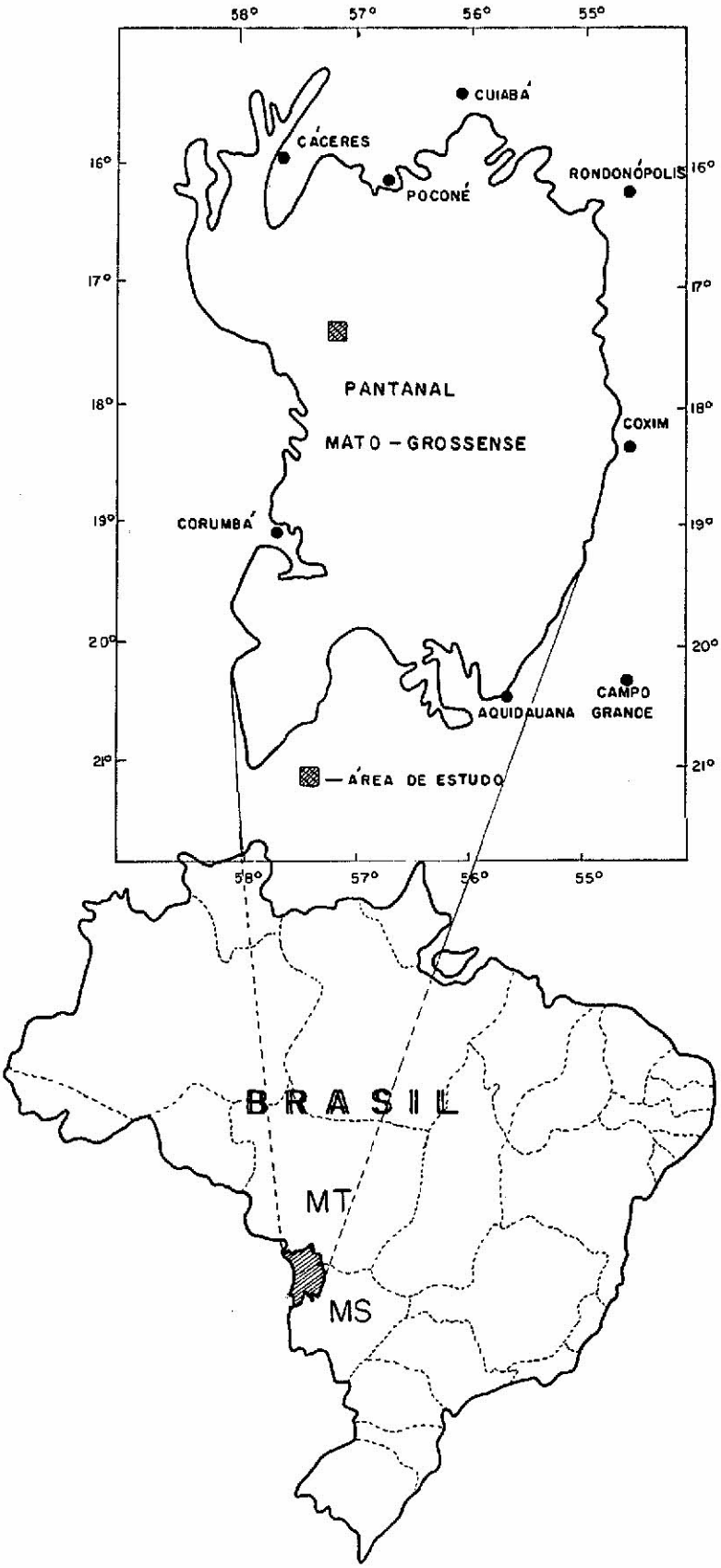


Fig. 3.1 - Localização da área de estudo.

As *vazantes* compreendem extensas depressões situadas entre as *cordilheiras*. Na época de enchentes as *vazantes* constituem canais de drenagem entre as *baías*, apresentando características intermitente e temporária, e têm vários quilômetros de comprimento.

Os *corixos* correspondem a pequenos cursos d'água de caráter perene, conectando *baías* contíguas. Comparados às *vazantes*, os *corixos* possuem maior poder erosivo, originando canais estreitos e mais profundos.

O Pantanal Mato-grossense não é uma comunidade de paisagens homogêneas. Existem vários *pantanais* com características ecológicas próprias, os quais podem ser cartograficamente representados. Na figura 3.2 estão indicadas a localização e a denominação destes *pantanais* segundo Adamoli (1981).

Esta planície rebaixada e recoberta por sedimentos quaternários, cuja deposição ainda não cessou, deve sua gênese original às movimentações tectônicas terciárias e às fases erosivas e deposicionais que se seguiram. Por outro lado, sua evolução atual está predominantemente ligada à atuação de fatores externos, onde a dinâmica fluvial tem um papel muito importante (Moreira Franco e Pinheiro, 1982).

As características morfológicas das diferentes planícies deprimidas, que formam o Pantanal Mato-grossense e as variações das condições hidrológicas ao longo do ano, determinam a ocorrência de áreas onde o fenômeno das inundações apresenta-se em altura e duração diferentes. Deve ser salientado que o Pantanal não é um imenso *pântano* e que são bastante reduzidas as áreas com estas características ecológicas.

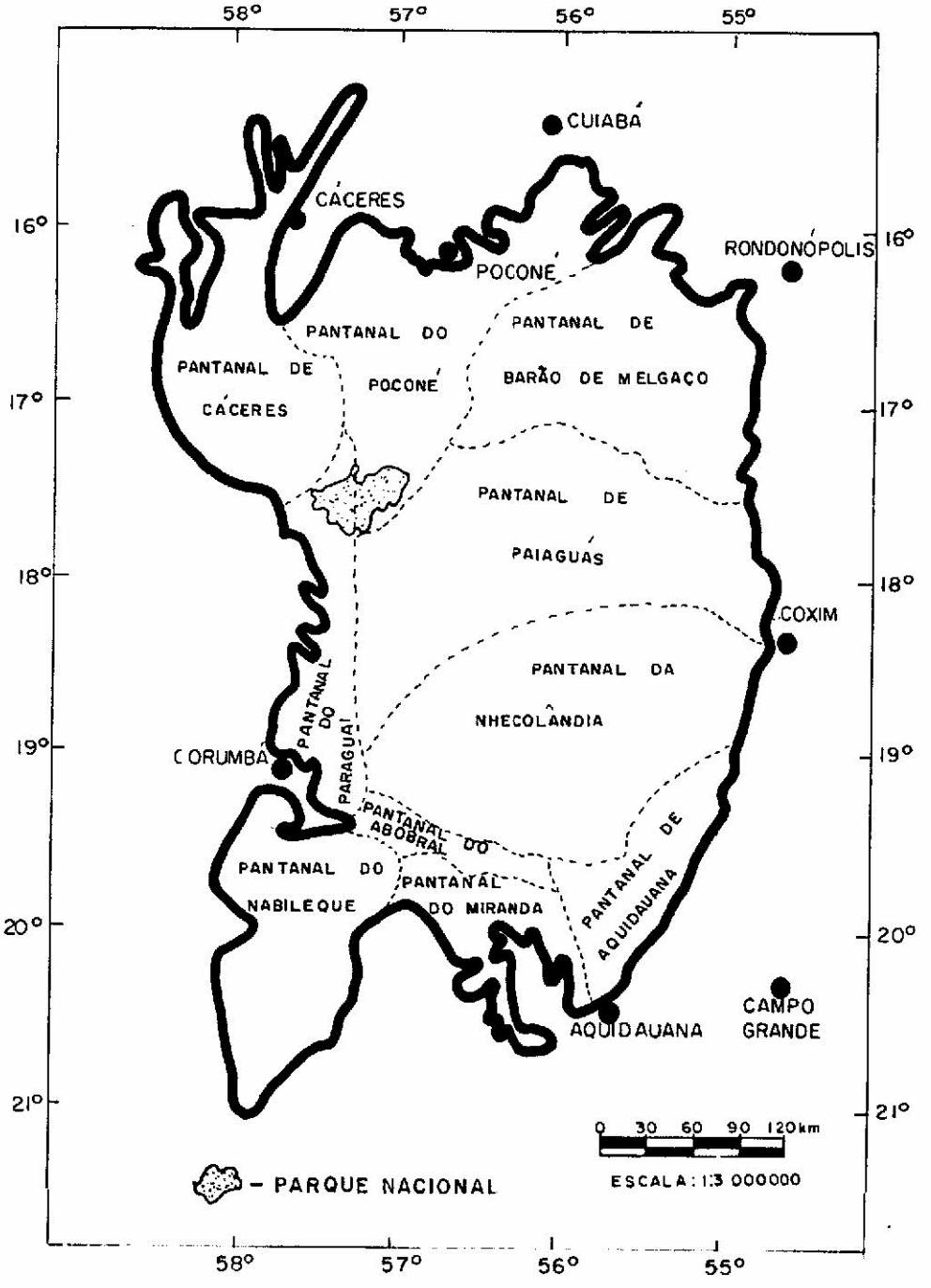


Fig. 3.2 - Localização e denominação das dez subunidades do Pantanal Mato-grossense.

FONTE: Adamoli (1981)

A distribuição das chuvas varia consideravalmente nas diferentes seções da Alta Bacia do rio Paraguai e também de um ano para outro. Isso faz com que as enchentes dos tributários não coincidam com as enchentes do rio Paraguai. Além disto, as enchentes são conseqüência da contribuição da água do subsolo e do escoamento superficial local. Assim, os *pantanais* podem ser inundados não só por águas dos principais rios que transbordam dos seus respectivos leitos, mas também pela elevação do nível d'água subterrânea e das próprias chuvas (Moreira Franco e Pinheiro, 1982).

Os principais tributários em suas bacias a montante do Pantanal Mato-grossense apresentam 10 a 15 frentes de cheia entre dezembro e abril, às vezes a altura d'água sobe vários metros em 24 horas e atinge a planície pantaneira depois de alguns dias (Moreira Franco e Pinheiro, 1982).

A altura d'água medida em dois postos fluviométricos do DNOS (Departamento Nacional de Obras e Saneamento) localizados no rio Paraguai, a oeste da área de estudo, conforme mostra a Figura 3.3, apresentaram os seguintes dados:

1) Posto fluviométrico de Bela Vista do Norte.
   Coordenadas: 17° 09' S e 57° 22' W (BRASIL DNOS, 1974).
   Altitude do zero da régua: 87,48 m.

Os dados de altura d'água, fornecidos pelo DNOS, referentes às medidas mensais para os anos de 1980 e 1981 estão representados nos gráficos das Figuras 3.4 e 3.5, respectivamente.

Extremos de nível d'água para o ano de 1980:

mínimo: 3,48 m, nos dias 24 e 26 de dezembro,
máximo: 6,65 m, no dia 8 de abril.

Extremos de nível d'água para o ano de 1981:

mínimo: 3,32 m, nos dias 7 a 10 de dezembro,
máximo: 5,74 m, nos dias 4 e 10 de maio.

Na época de vazante (1980) a média mínima foi de 3,54 m em dezembro; a cena do MSS-LANDSAT estudada foi de 13/novembro/80 e a altura d'água neste dia foi de 3,67 m. Na época de cheias (1981) a média máxima foi de 5,68 m em abril; a cena utilizada foi de 12/ maio/81 e a altura d'água neste dia foi de 5,72 m.

2) Posto Fluviométrico de Porto Conceição.
Coordenadas: 17° 09' S e 57° 23' W.
Altitude do zero da régua: 91,48 m.

Os dados de altura d'água, fornecidos pelo DNOS, referentes à médias mensais para os anos de 1980 e 1981 estão representados nos gráficos das Figuras 3.6 e 3.7, respectivamente.

Extremos de nível d'água para o ano de 1980:

mínimo: 4,00 m, nos dias 5 e 6 de novembro,
máximo: 5,60 m, nos dias 19 a 25 de março.

Extremos de nível d'água para o ano de 1981:

mínimo: 3,87 m, no dia 28 de setembro,
máximo: 5,26 m, nos dias 29 de abril a 4 de maio.

Na época de vazante (1980) a média mínima foi de 4,07 m em novembro; a cena MSS-LANDSAT estudada foi de 13/novembro/80 e a altura d'água neste dia foi de 4,09 m. Na época de cheias (1981) a média máxima foi de 5,21 m em março; a cena utilizada foi de 12/maio/81 e a altura d'água neste dia foi de 5,17 m.

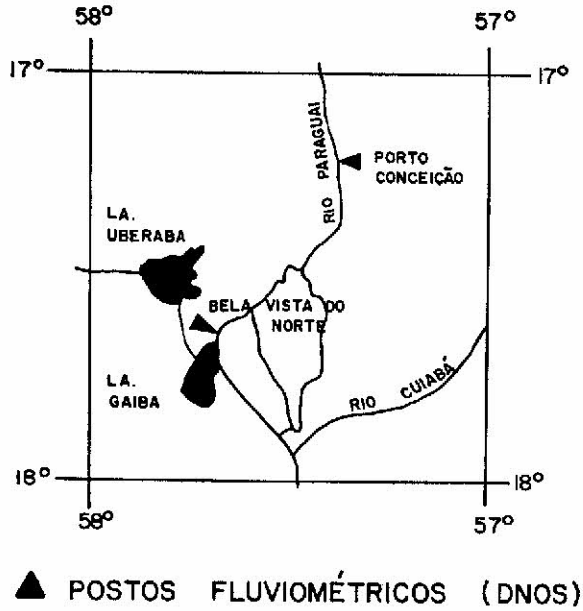


Fig. 3.3 - Localização de dois postos fluviométricos do DNOS no rio Paraguai.

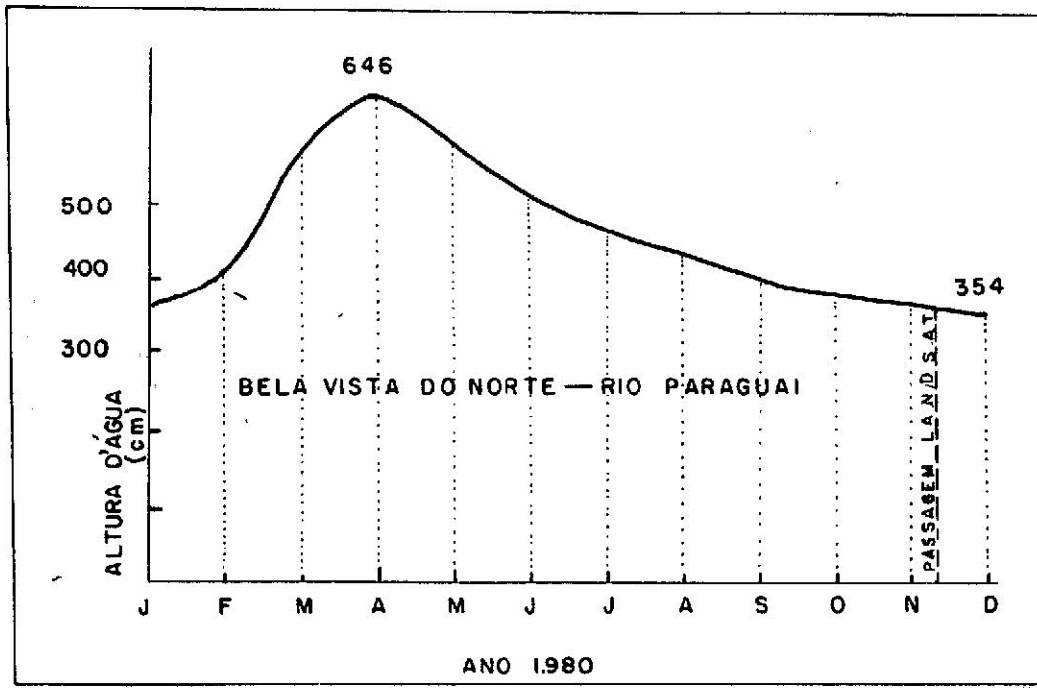


Fig. 3.4 - Dados de altura d'água, fornecidos pelo DNOS, de Bela Vista do Norte para 1980, com indicação das médias mensais máxima e mínima e passagem do MSS-LANDSAT estudada.

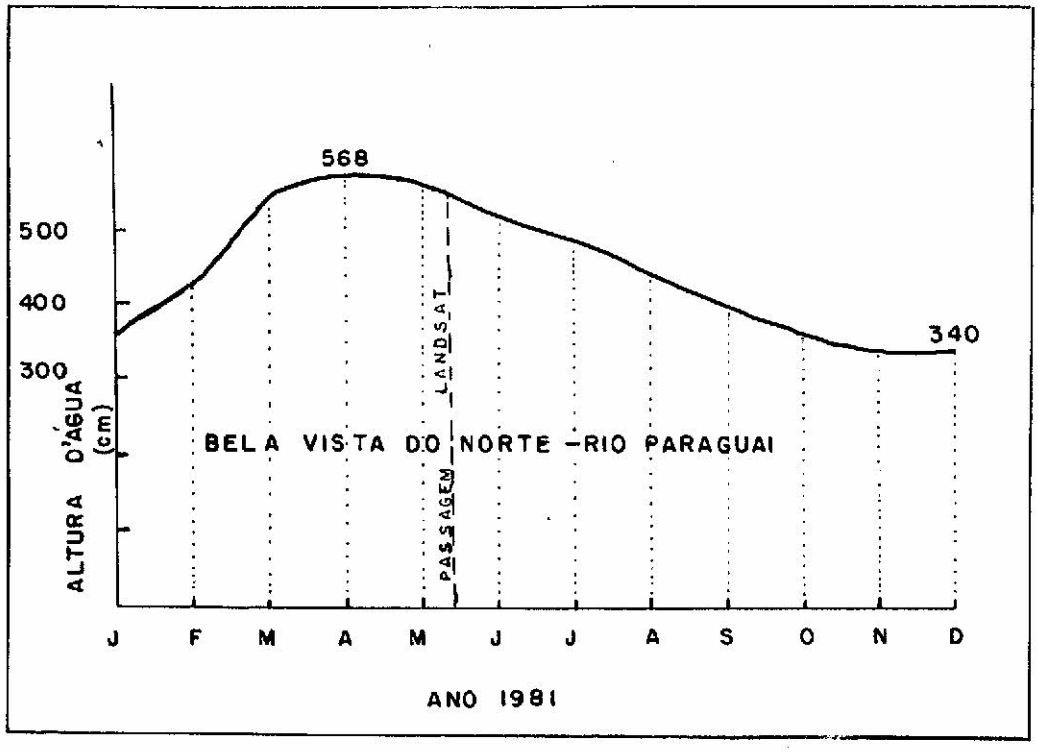


Fig. 3.5 - Dados de altura d'água, fornecidos pelo DNOS, de Bela Vista do Norte para 1981, com indicação das médias mensais máxima e mínima e passagem do MSS-LANDSAT estudada.

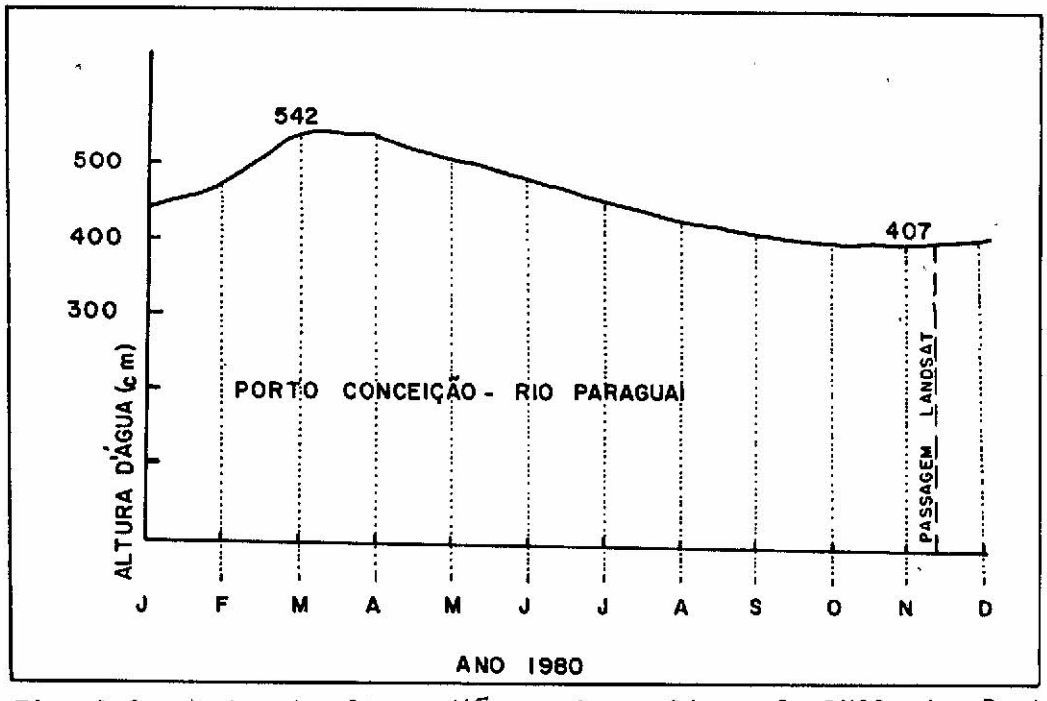


Fig. 3.6 - Dados de altura d'água, fornecidos pelo DNOS, de Porto Conceição de 1980, com indicação das médias mensais máxima e mínima e passagem do MSS-LANDSAT estudada.

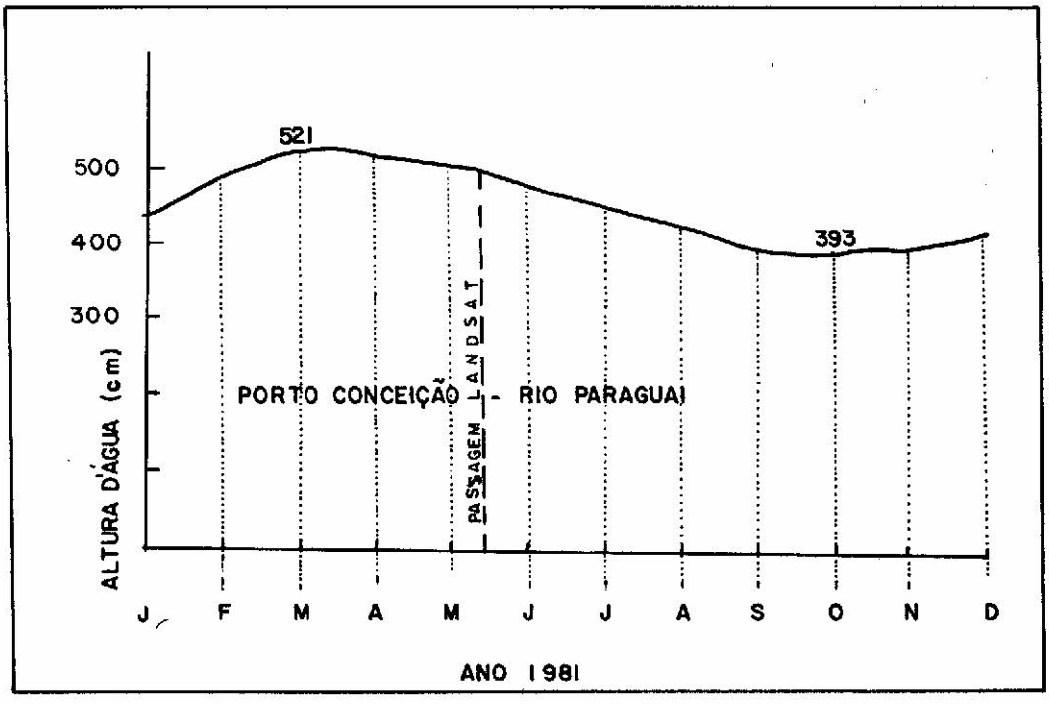


Fig. 3.7 - Dados de altura d'água, fornecidos pelo DNOS, de Porto Conceição para 1981, com indicação das médias mensais máxima e mínima e passagem do MSS-LANDSAT estudada.

3.1.1.3 - CLIMA

Segundo a classificação de Köppen, a área de estudo apresenta um clima do tipo Aw, quente e úmido, com estação chuvosa no verão e estiagem no inverno.

A radiação solar é intensa no Pantanal Mato-grossense, perfazendo, segundo Rooy (1981), 460 cal/cm^2/dia, refletindo-se nas altas temperaturas.

A estação meteorológica de Corumbá-MS, ao sul da área de estudo, tem registrado temperatura média de 25,3^{o}C. As máximas absolutas de outubro e novembro ficam acima de 40°C. As mínimas absolutas podem chegar próximo a 0°C nos meses de estiagem.

As precipitações anuais médias estão em torno de 1.000mm, tendo a estiagem uma duração aproximada de 5 meses, de maio a setembro, conforme Figura 3.8.

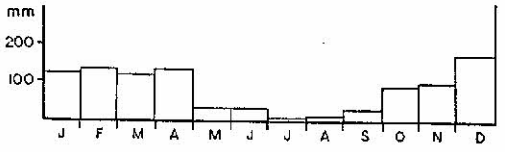


Fig. 3.8 - Distribuição média da precipitação (1961-1976) em Corumbá-MS.

FONTE: Loureiro et alii (1982).

A umidade relativa do ar é baixa, não ultrapassando 80% , e situa-se em torno de 55% na estiagem.

3.1.1.4 - SOLOS

O Pantanal Mato-grossense é formado na sua maior parte por solos hidromórficos que refletem bem uma deficiência de drenagem interna generalizada, o que facilita as inundações periódicas.

A planície flúvio-lacustre dos rios Paraguai e Cuiabá comporta aluviões atuais, com areias, siltes e argilas, e sedimentos mais antigos, sílico-argilosos e argilo-arenosos (Moreira Franco e Pinheiro, 1982).

Os solos predominantes na área do Parque Nacional são do tipo Glei Pouco Húmico eutrófico, Planossolo eutrófico, e Laterita Hidromórfica álica. (Orioli et alii, 1982).

3.1.1.5 - VEGETAÇÃO

Em vários trabalhos botânicos e fitogeográficos é utilizada a expressão *Complexo do Pantanal* para caracterizar a extensa depres

são de alta bacia do rio Paraguai. O Pantanal Mato-grossense situa-se numa encruzilhada fitogeográfica de primeira grandeza, onde convergem quatro das mais importantes ocorrências florísticas sul-americanas, a saber: a Savana (ou Cerrado), elementos da Floresta Amazônica, o Chaco e, perificamente, a Floresta Atlântica. O primeiro fator determinante na adoção do termo *complexo* deve-se à alternância de elementos pertencentes a estas quatro províncias fitogeográficas. O segundo fator deriva da dificuldade de acesso e, portanto, do relativo desconhecimento da região (Admoli, 1981).

As margens de rio, *vazante*, *corixos* e *baías* apresentam tipos característicos de vegetação lenhosa que variam de arbustos baixos a floresta de galeria alta, dependendo das condições locais de solo, topografia e inundação.

Nas planícies inundáveis do Pantanal, a vegetação mais densa e exuberante está associada geralmente a solos arenosos que ocorrem em níveis altimétricos relativamente mais elevados (Rooy, 1981).

Considerando que a vegetação do Pantanal é derivada principalmente de outros tipos de vegetação, há comparativamente pouco endemismo na região. As espécies que parecem restritas à região incluem a *Mentzelia corumbaensis* e *Coccoloba cujabensis*. Umas poucas espécies, tais como *Guarea stellato-tomentosa*, estão confinadas ao Pantanal e a zonas adjacentes na Bolívia e no Paraguai (Prance and Schaller, 1982).

No Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense ocorrem quatro grandes unidades de vegetação em formações vegetais, as quais estão sucintamente descritas a seguir.

Unidade 1 - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial

É uma formação arbórea ribeirinha que ocupa as acumulações fluviais quaternárias. Sua estrutura é semelhante à estrutura da floresta ciliar ao longo de todos os principais rios, diferenciando-se vicariante da Amazonia (Loureiro et alii, 1982).

Nas áreas de maior deficiência hídrica, a superfície do solo apresenta-se recoberta por uma espessa camada de material húmico de folhas e galhos desprendidos das árvores.

A composição florística da submata apresenta-se bastante irregular, variando de rala a densa, constituindo-se de elementos herbáceos e arbustivos.

Dentre as espécies que ocorrem nesta umidade destacam-se: canafíscula (*Cassia grandis*), amarelão (*Apuleia molaris*), cariperana (*Licania sp*), taxi (*Tachigalia sp*), embaúba (*Cecropia adenopus*), Ingá (*Inga sp*) e outras.

Unidade 2 - Vegetação de Transição

Trata-se de uma vegetação de transição entre os campos inundáveis e a floresta. Compõe-se principalmente de espécies arbóreas de baixa altura, arbustivas e ciperáceas. Distribui-se geralmente sobre os terraços fluviais relativamente mais baixos que os terraços da floresta Estacional Semidecidual Aluvial e, por isto, está mais sujeita ao encharcamento sazonal.

Adotou-se a denominação *Vegetação de Transição* para definir esta unidade vegetal, pois não se encontrou referência alguma na bibliografia que sugerisse outra denominação.

Unidade 3 - Campos Inundáveis

Os campos inundáveis são áreas de campos, constituídas principalmente por gramíneas, e ocorrem nas áreas mais baixas.

Os solos são geralmente mais argilosos e pouco profundos, estando quase sempre recobertos por uma camada de húmus.

Dentre as gramíneas, destacam-se espécies dos seguintes gêneros: *Paspalum*, *Hermathia*, *Digitaria*, *Panicum*, *Brachiaria* e *Axonopus*. (Loureiro et alii, 1982).

3.1.2 - FOTOGRAFIAS AÉREAS INFRAVERMELHAS COLORIDAS

Foram utilizadas fotografias aéreas mais recentes da área em estudo. O levantamento aerofotogramétrico foi executado pela firma Terrafoto S/A em setembro de 1977. A sensibilidade do filme infravermelho colorido está compreendida entre 0,4 e 0,9 μ. As fotografias aéreas, na escala aproximada de 1:40.000, apresentam um recobrimento longitudinal de 60% e lateral variável até 60%. Utilizaram-se 88 fotografias aéreas no tamanho 23 x 23 cm dispostas em 9 faixas.

3.1.3 - CARTAS TOPOGRÁFICAS

Foram utilizadas as seguintes cartas topográficas da DSG (Diretoria do Serviço Geográfico do Ministério do Exército): Folhas Porto Conceição (SE.21-V-D-III), Morro do Campo (SE.21-V-D-VI) e Morraria da Ínsua (SE.21-V-D-V), na escala 1:100.000.

3.1.4 - DADOS DIGITAIS DO MSS-LANDSAT

Para fazer o processamento digital dos dados do sensor MSS do LANDSAT-2 foram usadas fitas compatíveis com o computador (CCTs).

Analizaram-se as cenas da órbita 276, ponto 24, referentes às passagens de 13/novembro/1980 (época de vazante) e de 12/maio/1981 (época de cheias). Além disto, analisaram-se ainda cenas da órbita 290, ponto 24, referentes às passagens de 14/novembro/1980 (época de vazante) e de 13/maio/1981 (época de cheias).

Essas CCTs armazenam dados do MSS-LANDSAT nas quatro seguintes bandas espectrais:

- canal 4 (0,5 a 0,6 μ),
- canal 5 (0,6 a 0,7 μ),
- canal 6 (0,7 a 0,8 μ),
- canal 7 (0,8 a 1,1 μ).

Para a delimitação da variação da lâmina d'água, trabalhou-se com módulos das duas passagens (vazante e cheias) registradas na tela do Sistema IMAGE-100 na escala 1:100.000.

3.2 - MÉTODOS

3.2.1 - INTERPRETAÇÃO DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS

As fotografias aéreas infravermelhas coloridas foram interpretadas levando em conta os critérios de cor e textura que representam os diferentes alvos.

Após a interpretação das fotografias aéreas, procedeu-se à elaboração de um masaico semicontrolado com base planimétrica nas cartas da DSG, na escala aproximada de 1:40.000.

3.2.2 - TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo foi realizado em agosto de 1983, em época de vazante.

O trabalho de campo consistiu no reconhecimento dos principais tipos de vegetação. Fizeram-se seções com lancha através de rios, *corixos* e *baías*. Além disto, fez-se um sobrevoô a baixa altura para ter uma visão de conjunto da área, visto que o acesso por terra é praticamente impossível.

3.2.3 - CLASSIFICAÇÃO DA UNIDADE 3 (CAMPOS INUNDÁVEIS) ATRAVÉS DO PROCESSAMENTO DIGITAL DE DADOS MSS-LANDSAT

Utilizou-se o algoritmo MAXVER (descrito na Seção 2.5.2) para classificar os campos inundáveis. Efetuou-se este processamento digital nas cenas correspondentes à época de vazante por apresentar menos influência da resposta espectral da água na resposta da vegetação.

A aquisição das amostras foi realizada com base no mapa de vegetação obtido através da interpretação das fotografias aéreas ou Mapa de Verdade Terrestre (MVT), o qual constitui o mapa 1. A unidade 3 do MVT foi subdividida em duas: os campos inundáveis mais secos (classe 3.1) e os campos inundáveis mais úmidos (classe 3.2). A composição colorida do canal 4 (filtro azul) com o canal 7 (filtro vermelho) do MSS-LANDSAT forneceu elementos para esta separação. Esta composição colorida já foi utilizada anteriormente por Darch (1979) em estudos das condições de umidade no Pantanal Mato-grossense, ao sul da área em estudos. As áreas de campos inundáveis mais secas apresentaram uma resposta azul-claro, enquanto os campos mais úmidos apresentaram uma tonalidade azul-escuro.

Adquiriram-se áreas amostrais pequenas de cada classe, conforme mostra a Tabela 3.1. Estudos de Murine (1975) comprovaram que as diferenças nos tamanhos das amostras geralmente não afetam a significância do resultado, desde que sejam absolutamente representativas da classe em estudo.

TABELA 3.1

NÚMERO DE ÁREAS AMOSTRAIS POR CLASSE COM O RESPECTIVO NÚMERO DE "PIXELS" AMOSTRADOS, UTILIZADAS NO ALGORITMO MAXVER

CLASSE	Nº DE ÁREAS AMOSTRAIS	Nº DE "PIXELS" AMOSTRADOS
3.1	7	28
3.2	8	32

O limiar utilizado para classificação foi 5.

3.2.4 - DELIMITAÇÃO DA LÂMINA D'ÁGUA ATRAVÉS DO PROCESSAMENTO DIGITAL DE DADOS MSS-LANDSAT

Para a delimitação da lâmina d'água utilizou-se o algoritmo SLICER no canal 7 do MSS-LANDSAT (descrito na Seção 2.6.4), opção manual, nas passagens correspondentes às épocas de vazante e de cheias. Para o registro das passagens correspondentes às duas épocas verificou-se a coincidência de alguns pontos de controle nas cenas consideradas.

Para a utilização do algoritmo SLICER foram seguidos os procedimentos descritos a seguir.

Com o cursor da tela do Sistema IMAGE-100 na área de contato terra/água obtém-se um histograma bimodal (Rose and Rosendahl, 1983), conforme apresentado na Figura 3.9. Os dados que constituem a primeira moda representam a resposta espectral da água. Após a definição dos limites inferior (LI) e superior (LS) dos dados da primeira moda, pôde-se considerar estes limites para toda a cena. Tomaram-se algumas amostras em ambas as épocas estudadas.

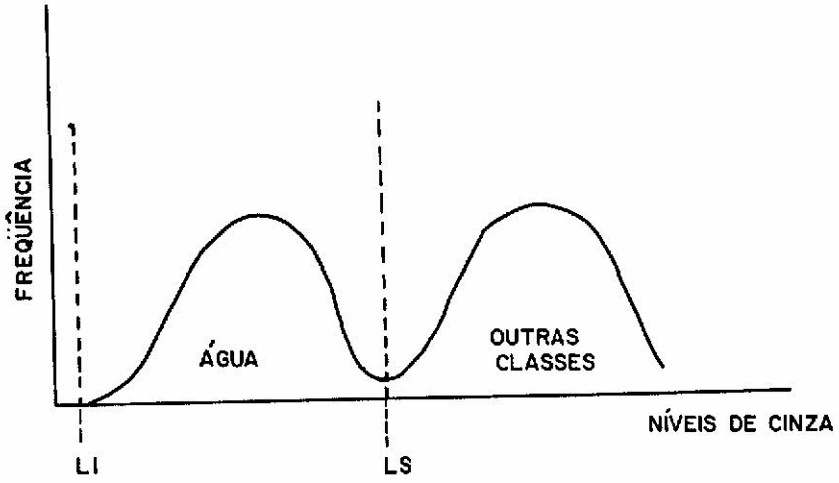


Fig. 3.9 - Exemplo de histograma bimodal da área de contato terra/água, utilizado no algoritmo SLICER.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - MAPEAMENTO DA COBERTURA VEGETAL

4.1.1 - INTERPRETAÇÃO DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS

O mapa da cobertura vegetal ou Mapa de Verdade Terrestre (MVT), obtido através da interpretação das fotografias aéreas infravermelhas coloridas juntamente com informações de campo, encontra-se no Apêndice A.

A seguir estão descritas as características fotointerpretativas (coloração e textura) das quatro unidades de cobertura do solo delimitadas nas fotografias aéreas infravermelhas coloridas, mostrando também os respectivos aspectos no campo.

A unidade 1 (Floresta Estacional Semidecidual Aluvial) apresenta coloração vermelho-escuro a médio e textura grosseira. A Figura 4.1 mostra uma seção no campo desta unidade.

A unidade 2 (Vegetação de Transição) apresenta coloração vermelho-claro a médio e textura lisa. A Figura 4.2 mostra um aspecto no campo desta unidade.

A unidade 3 (Campos Inundáveis) apresenta uma coloração verde-claro a médio e rósea e textura lisa. A Figura 4.3 mostra um aspecto no campo desta unidade.

Fig. 4.1 - Aspecto da unidade 1, Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, rio Caracarã.

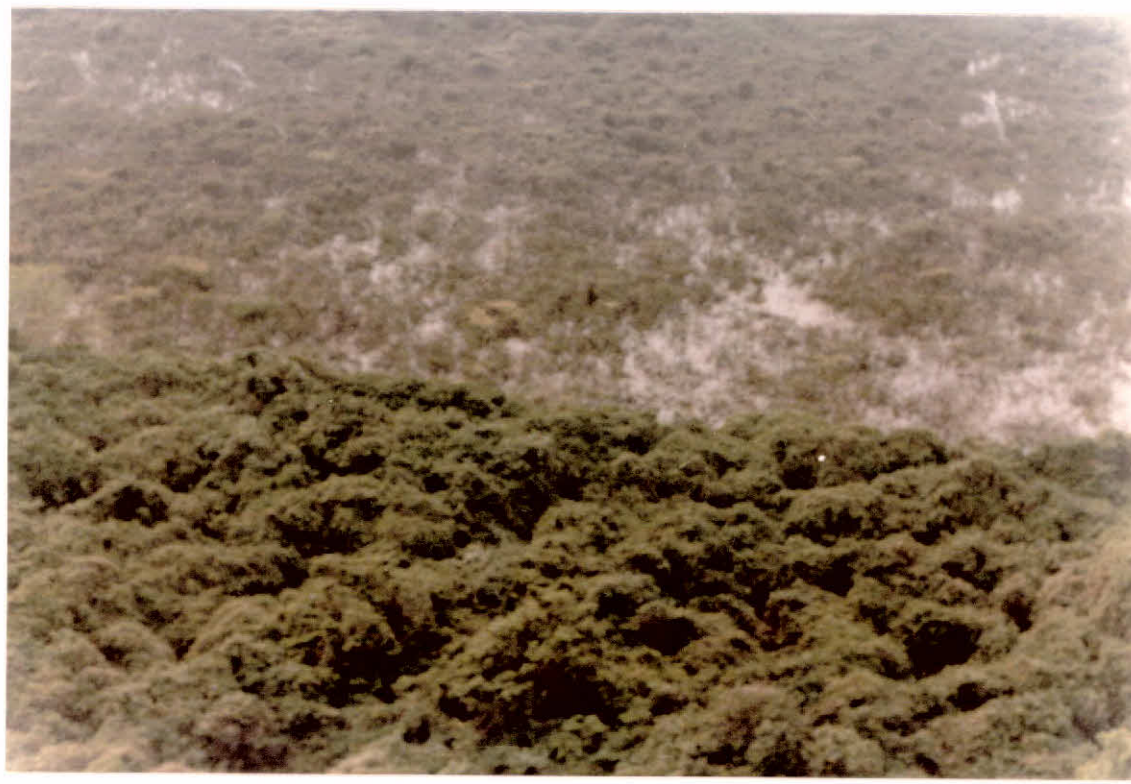


Fig. 4.2 - No primeiro plano de aspecto da unidade 2, Vegetação de Transição, a oeste do rio Caracarã.

Fig. 4.3 - Aspecto da unidade 3, Campos Inundáveis, a oeste do rio Caracará.

4.1.2 - PROCESSAMENTO DIGITAL DOS DADOS MSS-LANDSAT

Os resultados em forma de mapa alfanumérico obtidos através da classificação supervisionada (MAXVER) encontra-se no Apêndice B.

As classes de cobertura do solo consideradas no processamento digital foram as seguintes:

- Classe 3.1 - Campos Inundáveis I (mais seco)
- Classe 3.2 - Campos Inundáveis II (mais úmido)

A Figura 4.4 mostra os níveis médios de cinza dos dois agregamentos ("clusters") nos quatro canais do MSS-LANDSAT.

Os dois "clusters" apresentam individualmente níveis médios de cinza semelhantes e baixos nos canais 4 e 5 do MSS-LANDSAT devido as duas unidades consideradas apresentarem baixo conteúdo de biomassa, conforme mostra a Figura 2.2 . O "clusters" 3.2 indica níveis médios de cinza menores nos quatro canais devido à influência da umidade do solo nesta unidade, conforme mostra a Figura 2.3.

A análise dos resultados obtidos pelo algoritmo MAXVER confirma as observações de Siegal e Goetz (1977), segundo os quais a resposta espectral da vegetação depende da biomassa e do tipo de cobertura vegetal, além da reflectância do terreno.

4.2 - MAPEAMENTO DA VARIAÇÃO DA LÂMINA D'ÁGUA ATRAVÉS DE DADOS DIGITAIS DO MSS-LANDSAT

O método descrito na Seção 3.2.4 para a delimitação da lâmina d'água foi aplicado nos módulos das cenas relativas às duas épocas (vazante e cheias) nos dados digitais do MSS-LANDSAT.

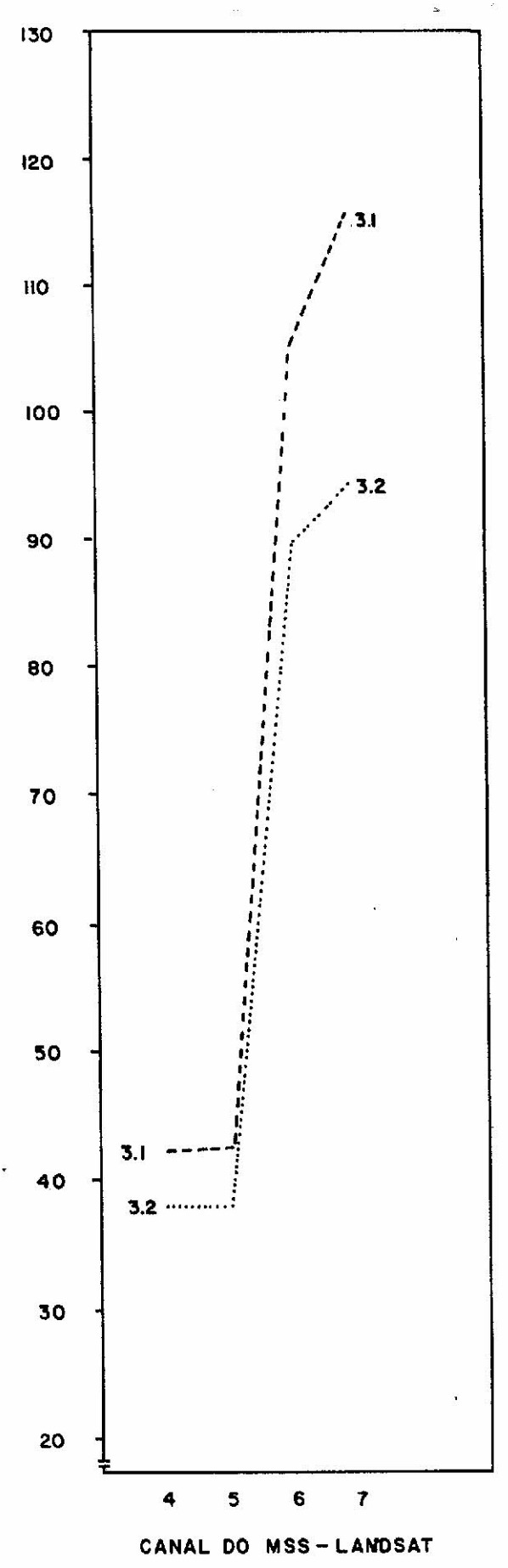


Fig. 4.4 - Níveis de cinza médios dos "clusters" correspondentes às duas classes de campos inundáveis, obtidos através do algoritmo MAXVER.

Os resultados numéricos estão indicados na Tabela 4.1 e no mapa 3 que apresenta a distribuição espacial desta classe temática.

TABELA 4.1

RESULTADOS NUMÉRICOS DA UTILIZAÇÃO DO ALGORITMO SLICER PARA A DELIMITAÇÃO DA LÂMINA D'ÁGUA NOS MÓDULOS DAS CENAS MSS-LANDSAT EM ESTUDO

ÉPOCA	NÍVEIS DE CINZA	
	LIMITE INFERIOR	LIMITE INFERIOR
Vazante	1	30
Cheias	1	19

Os dados do MSS-LANDSAT usados referem-se a duas épocas distintas. Por isso há uma alteração dos ângulos de elevação solar , das condições atmosféricas e da calibração do sensor. Isto explica porque os limites superiores de níveis de cinza são diferentes.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 - CONCLUSÕES

A utilização de fotografias aéreas infravermelhas coloridas permitiu discriminar três tipos de formações vegetais: Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, Vegetação de Transição e Campos Inundáveis.

O uso de dados digitais do MSS-LANDSAT (algoritmo MAXVER) possibilitou discriminar duas subclasses de Campos Inundáveis que indicam diferentes conteúdos de umidade.

A utilização do algoritmo SLICER no canal 7 do MSS-LANDSAT permitiu delimitar a lâmina d'água nas passagens correspondentes às épocas de vazante e cheias.

O uso combinado do mapa de vegetação com o mapa de variação de lâmina d'água possibilita a localização de refúgios de fauna silvestre. Isto poderá permitir o estabelecimento de áreas prioritárias para a observação e fiscalização dos recursos da flora e da fauna, aumentando a proteção ao meio ambiente na área do Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense.

5.2 - RECOMENDAÇÕES

O sensor orbital "Thematic Mapper" (TM do LANDSAT, operacional para o Brasil a partir de abril de 1984, possui 7 bandas espectrais, conforme mostra a Tabela 5.1. A largura destas bandas é inferior àquelas de sensor MSS-LANDSAT. Além disto, a resolução espacial do TM (aproximadamente 30 metros, exceto o TM6) é bem superior à resolução do MSS-LANDSAT. Estes dois fatores podem permitir maior detalha

mento no mapeamento das formações vegetais e da lâmina d'água. Podem permitir também melhor discriminação das diferentes concentrações de sólidos em suspensão na superfície da água, especialmente com a utilização das bandas do visível TM1, TM2 e TM3, objetivando estudos mais detalhados da fauna e da flora aquática.

TABELA 5.1

BANDAS ESPECTRAIS DO SENSOR TM-LANDSAT

TM1	0,45 - 0,52 μ
TM2	0,52 - 0,60 μ
TM3	0,63 - 0,69 μ
TM4	0,76 - 0,90 μ
TM5	1,55 - 1,75 μ
TM7	2,08 - 2,35 μ
TM6 (termal)	10,20 - 12,50 μ

Desta forma, recomenda-se que futuros estudos, semelhantes ao presente, utilizem dados do sensor TM do LANDSAT, a fim de que se possa conhecer melhor as potencialidades do citado sensor em levantamento de recursos naturais.

Recomenda-se também o acompanhamento periódico, através de técnicas de sensoriamento remoto, tanto das formações vegetais como da lâmina d'água, o que pode fornecer maiores subsídios para estudos ecológicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMOLI, J. O Pantanal e suas relações fitogeográficas com os cerrados. Discussão sobre o conceito de "Complexo do Pantanal". In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32. Teresina, PI, 1981. *Anais da Sociedade Botânica do Brasil.* Ed. Universidade Federal do Piauí, 1981, p. 109-119.

BRASIL. Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS). *Estudos hidrológicos da Bacia do Alto Paraguai.* Rio de Janeiro, 1974, v.4.

CAVALCANTI, L. A. *Correção radiométrica dos dados enviados pelo sistema MSS do satélite ERTS.* São José dos Campos, INPE, dez. 1975. (INPE-786-NTI/039).

DARCH, J.P.A. A study of moisture conditions in the Pantanal of Brazil using satellite imagery. *Remote Sensing of Environment,* 8: 331-348. 1979.

GATES, D.M.; KEEGAN, H.J.; SCHLETTER, J.C.; WEIDNER, V.R. Spectral properties of plants. *Applied Optics,* 4(1): 11-20, Jan. 1975.

HOFFER, R.M. Interpretation of remote sensor imagery. In: PURDUE UNIVERSITY. LARS. *Remote sensing technology and applications.* Lafayette, In., 1972. p. 1-3 (short course outline).

———; JOHANSEN, C.J. Ecological potentials in spectral signature analysis. In: JOHNSON, P.L., ed. *Remote sensing in ecology.* Athens, University of Georgia Press, 1969. p. 1-16.

KALENSKY, Z.; WILSON, D.A. Spectral signature of forest trees. In: CANADIAN SYMPOSIUM OF REMOTE SENSING, 3., Edmonton, 1975. *Proceedings.* Ottawa, G.E. Thompson, 1975. p. 155-171.

LOUREIRO, R.L.; LIMA, J.P.S.; FONZAR, B.C. As regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. In: Brasil. Departamemto Nacional de Produção Mineral. *Projeto RADAMBRASIL. Folha SE.21 Corumbá e parte folha SE.20.* Rio de Janeiro, 1982, p. 329-372. (Levantamento de Recursos Naturais, 27).

MAXWEL, E.L. Application of ERTS to rangeland management. In: SHAKROKHI, F., ed. *Remote sensing of earth resources*. Tullahoma, TN., University of Tennessee, 1975. v. 4, p. 105-135.

MOREIRA FRANCO, M.S.; PINHEIRO, R. Geomorfologia. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Projeto RADAMBRASIL. Folha SE.21 Corumbá e parte folha SE.20*. Rio de Janeiro, 1982. p. 161-224. (Levantamento de Recursos Naturais, 27).

MURINE, G.E. The effects of varying training set size on multispectral scanner data classification. In: SHAKROKHI, F., ed. *Remote sensing of earth resources*. Tullahoma, TN., University of Tennessee, 1975. v. 4, p. 743-758.

ORIOLI, L.A.; AMARAL FILHO, Z.P.; OLIVEIRA, A.B. Pedologia. Levantamento exploratório de solos. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Projeto RADAMBRASIL. Folha SE.21 Corumbá e parte folha SE.20*. Rio de Janeiro, 1982. p. 225-328. (Levantamento de Recursos Naturais, 27).

PRANCE, G.T.; SCHALLER, G.B. Preliminary study of some vegetation types of the Pantanal, Mato Grosso, Brasil. *Brittonia*, 34(2): 228-251, 1982.

RIBEIRO, E.A.; MITSUO Ii, F.A.; MOREIRA, J.C.; DUTRA, L.V. *Manual de usuário dos sistemas de tratamento de imagens digitais*. São José dos Campos, INPE, Departamento de Informática, out. 1982. 158 p.

RITCHIE, L.C.; MCHENRY, J.R.; SCHIEBE, F.R.; WILSON, R. The relationship of reflected solar radiation and the concentration of sediment in the surface water of reservoirs. In: SHAKROKHI, F., ed. *Remote sensing of earth resources*. Tullahoma, The University of Tennessee, 1974. v. 3, p. 57-71.

ROOY, C. *The use of LANDSAT MSS imagery in the determination of flooded areas - rives discharge relationships, upper Paraguay River Basin, Brazil*. Enschede, The Netherlands, 1981, 61 p.

ROSE, P.W.; ROSENDAHL, P.C. Classification of LANDSAT data for hydrologic application, Everglades National Park. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 49(4): 505-511. Abr. 1983.

SAUSEN, T.M. *Estudo da dinâmica do alto Rio São Francisco e Reservatório das Três Marias, através de imagens MSS/LANDSAT*. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1981. (INPE-2249-TDL/066).

SIEGAL, B.S.; GOETZ, A.F.H. Effect of vegetation on rock and soil type discrimination. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43(2): 191-196, Feb. 1977.

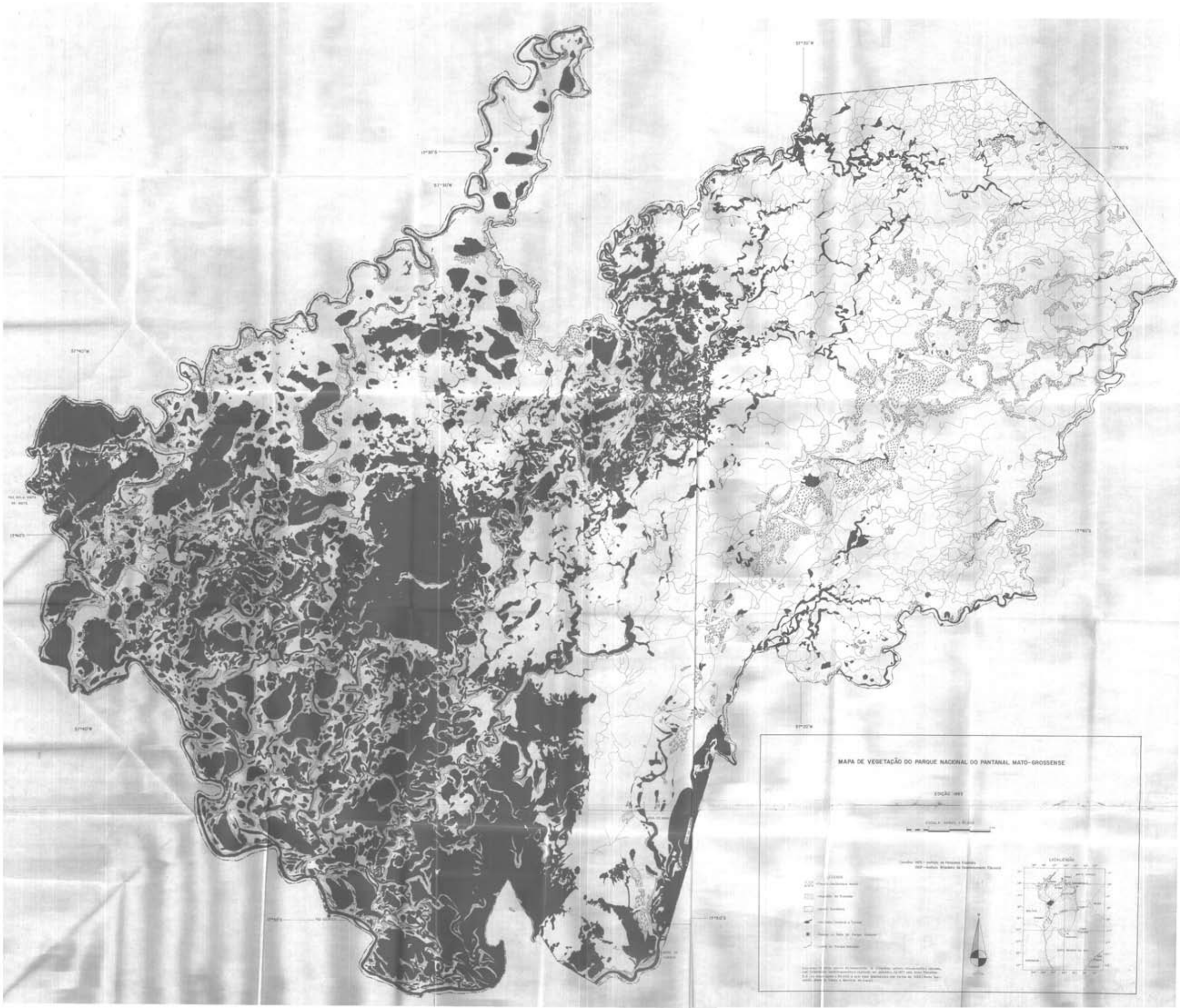
THOMAS, J.R.; OERTHER, G.F. Estimating nitrogen content of pepper leaves by reflectance measurements. *Agronomy Journal*, 64(1): 11-13, Jan./Feb. 1972.

VELASCO, F.R.D.; PRADO, L.O.C.; SOUZA, R.C.M. *Sistema MAXVER: Manual do usuário*. São José dos Campos, INPE, jul. 1978. (INPE-1315-NTI/110).

APÊNDICE A

MAPA DE VEGETAÇÃO

MAPA DE VEGETAÇÃO



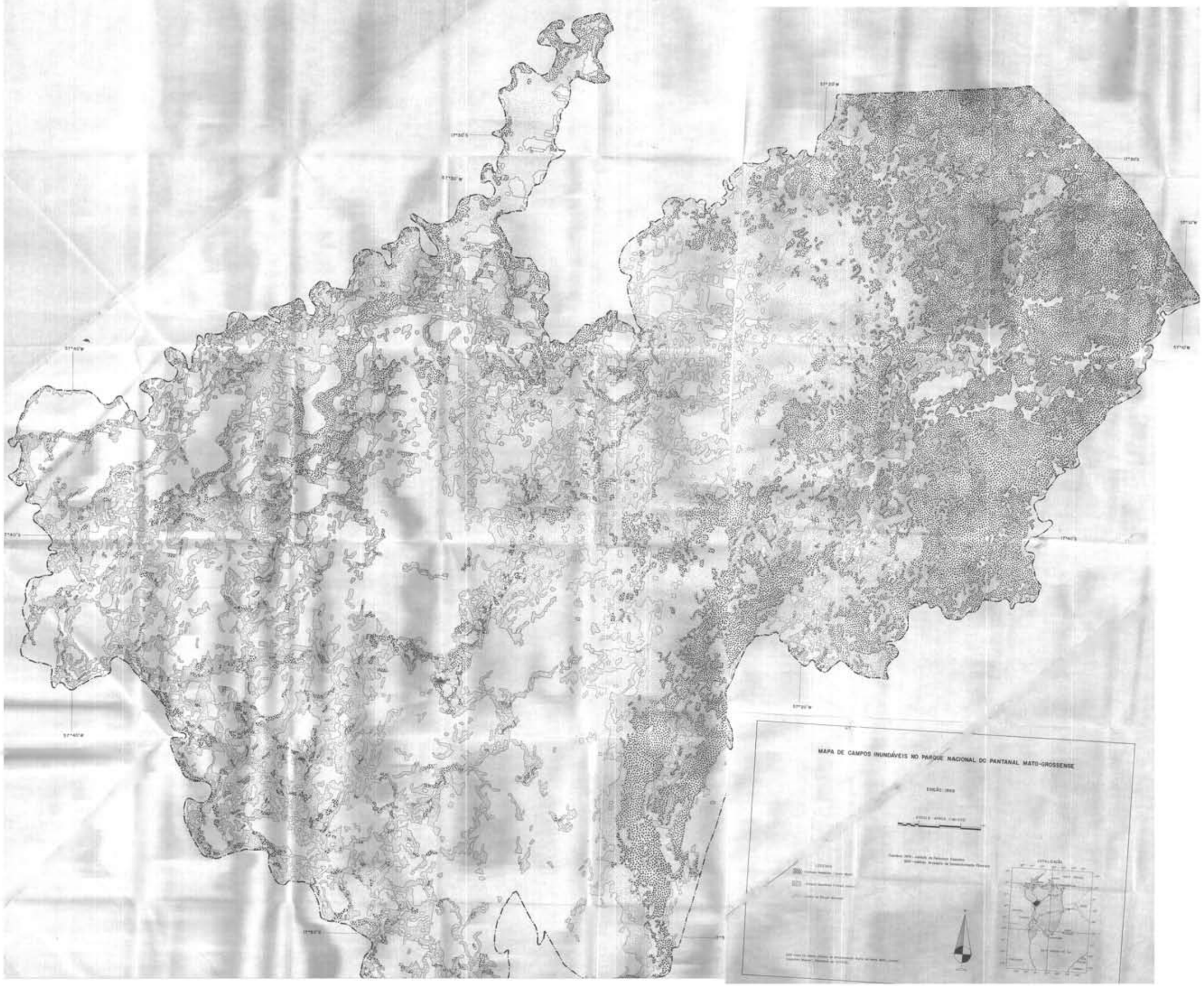
APÊNDICE B

MAPA DE CAMPOS INUNDÁVEIS

MAPA 3 - MAPA DE VARIAÇÃO DA LAMINA D'A(

APÊNDICE C

MAPA DE VARIAÇÃO DA LÂMINA D'ÁGUA

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

MAPA 2 – MAPA DE CAMPOS INUNDÁVEIS