

MAPEAMENTO DAS FORMAÇÕES VEGETAIS E DA VARIAÇÃO DA LÂMINA D'ÁGUA NO  
PARQUE NACIONAL DO PANTANAL MATO-GROSSENSE, ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Dagoberto Silva  
Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal  
Caixa Postal 660, 88.020-Florianópolis-SC

Hermann J. H. Kux  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515, 12201 - São José dos Campos - SP

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo mapear as formações vegetais e a variação da lâmina d'água no Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense, através de técnicas de sensoriamento remoto. Foram utilizadas fotografias aéreas infravermelhas coloridas e dados digitais do MSS-LANDSAT. O uso das fotografias aéreas possibilitou identificar as seguintes unidades de vegetação: Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, Vegetação de Transição e Campos Inundáveis. No processamento digital (classificação supervisionada) de dados MSS-LANDSAT, os campos inundáveis foram discriminados em duas subclasses, conforme a resposta espectral relacionada a umidade do solo. A utilização do algoritmo SLICER no canal 7 do MSS-LANDSAT permitiu mapear a lâmina d'água em duas épocas distintas, cheia e vazante.

ABSTRACT

The objective of this study was to map the plant associations and the variation of the water surface in the Pantanal Mato-grossense National Park, using remote sensing techniques. Color infrared aerial photographs and MSS-LANDSAT digital data were used. Using aerial photographic interpretation techniques, the following vegetation units were identified: Semideciduous Seasonal Alluvial Forest, Vegetation of Transition and Seasonally Flooded Grasslands. During the digital processing (supervised classification) of the MSS-LANDSAT data, the Seasonally Flooded Grasslands unit was considered as two under classes, due to the relationship between spectral response and soil moisture. The utilization of a SLICER algorithm at the MSS-LANDSAT 7 band allowed mapping the area covered with water in flooded and dry seasons.

1. INTRODUÇÃO

Abrangendo uma área aproximada de 140.000 km<sup>2</sup>, o Pantanal Mato-grossense compreende um sistema ecológico com características próprias bem definidas. Constitui-se de uma extensa planície inundável que apresenta baixa declividade, o que impede a drenagem eficiente pelos rios que cortam região, causando enchentes anuais prolongadas. A vegetação apresenta elementos de quatro províncias fitogeográficas: da Savana (ou Cerrado), da Floresta Amazônica, do Chaco e, periféricamente, da Floresta Atlântica, advindo daí uma acentuada heterogeneidade interna. Por isto, esta região tem sido frequentemente 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 fornecer importantes contribuições ao conhecimento da ecologia desta região.

Neste estudo de mapeamento das formações vegetais e da variação da lâmina d'água do Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense (Figura 1) através de técnicas de sensoriamento remoto,

realizado em Convênio INPE/IBDF, são apresentadas tão somente 3 seções características desta área.

O mapeamento de todo o Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense encontra-se em Silva & Kux (1986).

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

2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

Considerando que a área em estudo está coberta por vegetação de campos e florestas e por superfícies de água, há necessidade de se analisar o comportamento espectral de componentes destes três tipos de paisagens, para se poder discriminar espectralmente estas classes entre si.

2.1 - COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA FOLHA

A Figura 2 mostra a curva característica da reflectância espectral de uma folha verde, indicando que a faixa espectral compreendida entre 0,38μ e 2,6μ pode ser dividida em três regiões.

ões. A primeira é a região do visível, na qual os pigmentos das folhas, especialmente as clorofilas, dominaram a resposta espectral das plantas. Na segunda, compreendida entre  $0,72$  e  $1,3\mu$ , 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  $3\mu$ .

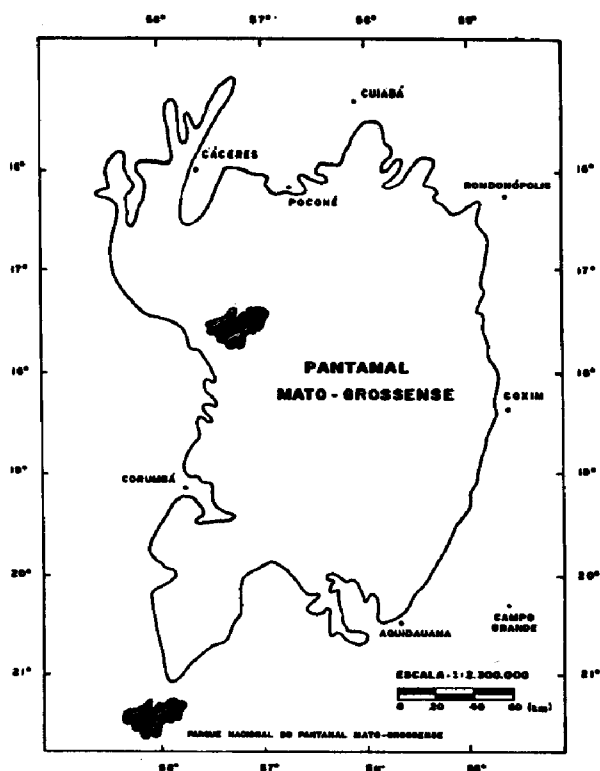


Fig. 1 - Localização do Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense.

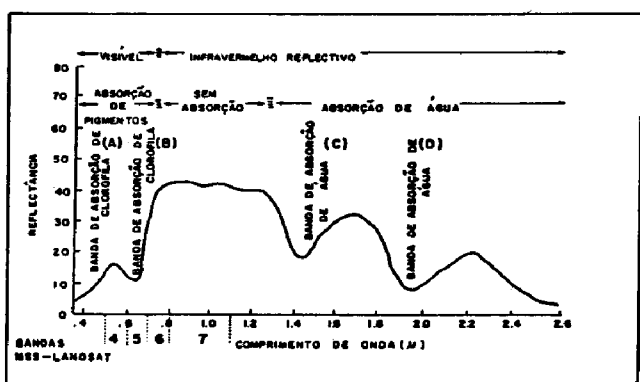


Fig. 2 - Curva característica da reflectância da folha e suas regiões principais de absorção. FONTE: Hoffer and Johansen (1969).

Das quatro principais bandas de absorção de uma folha verde, conforme indicado na Figura 2, duas bandas estão na região do visível (A e B). Sua origem está ligada à absorção de pigmentos e localizam-se em  $0,45\mu$  e  $0,65\mu$ . As outras duas (C e D) são devidas à absorção da água,

estando localizadas no espectro eletromagnético em  $1,45\mu$  e  $1,95\mu$  de comprimento de onda.

## 2.2 - CONTEÚDO DE UMIDADE NO SOLO E REFLECTÂNCIA.

A Figura 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 da umidade, possibilitando discriminar os solos com diferentes conteúdos, de umidade através da utilização de dados obtidos por sensores remotos.

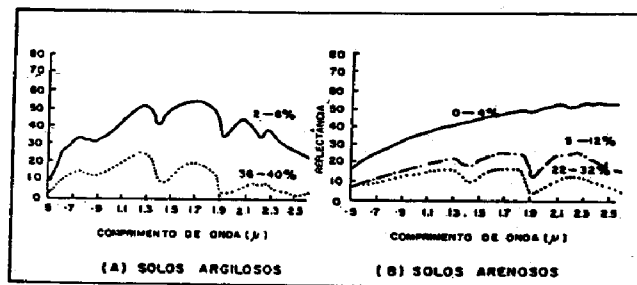


Fig. 3 - Reflectância de solos com diferentes graus de umidade. FONTE: Hoffer and Johansen (1969).

## 2.3 - COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA ÁGUA

A Figura 4 apresenta os resultados das medidas da radiação solar refletida de reservatórios de água com diversos teores de concentração de sólidos em suspensão na camada superficial.

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

O canal 7 ( $0,8-1,1\mu$ ) do MSS-LANDSAT apresenta baixa resposta espectral da água nas diversas concentrações de sólidos em suspensão devido a elevada absorção da água nesta faixa espectral. Isto permite uma boa separabilidade da água em relação à maioria das outras classes de cobertura do solo.

## 3. MATERIAL E METODOLOGIA USADA

### 3.1 - INTERPRETAÇÃO DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS

As fotografias aéreas infravermelhas coloridas, obtidas em setembro de 1977, foram interpretadas levando-se em conta os critérios de cor e textura que representam os diferentes alvos.

Após a interpretação das fotografias aéreas procedeu-se a elaboração de um mosaico semicontrolado (1:40.000) com base planimétrica nas cartas da DSG, (Diretoria do Serviço Geográfico Ministério do Exército).

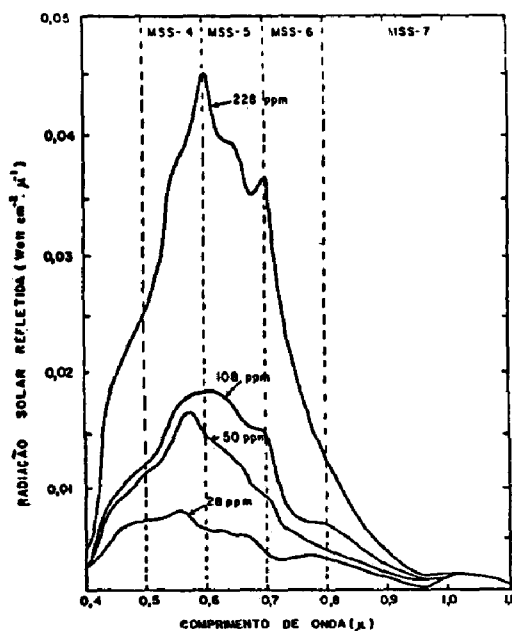


Fig. 4 - Radiação solar refletida para diferentes teores de concentração de sólidos em suspensão, em superfícies de água. FONTE: Ritchie et alii (1974).

### 3.2 - TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo foi realizado em agosto de 1983, em época de vazante. Este trabalho consistiu no reconhecimento dos principais tipos de vegetação.

### 3.3 - PROCESSAMENTO DIGITAL

Utilizaram-se CCTs do MSS-LANDSAT (órbitas/ponto 276/24 e 290/24), passagens de 13-14.11.80 (período de vazante) e 12-13.05.81 (período de cheia).

#### 3.3.1 - CLASSIFICAÇÃO DOS CAMPOS INUNDÁVEIS

Aplicou-se o algoritmo de classificação supervisionada (MAXVER), implementado no sistema IMAGE-100 do INPE, para classificar os Campos Inundáveis.

Através da aquisição de áreas amostrais conhecidas pelo intérprete, o sistema classifica ponto a ponto a imagem digital. Este processamento digital foi efetuado nas cenas correspondentes à época de vazante, por apresentarem menos influência da resposta espectral da água na resposta da vegetação.

A aquisição das áreas amostrais foi realizada com base no mapa de vegetação obtido através da interpretação das fotografias aéreas ou Mapa de Verdade Terrestre (MVT). A unidade 3 do MVT foi subdividida em duas; os Campos Inundáveis I, mais secos; classe 3.1 e os Campos Inundáveis II, mais úmidos, classe 3.2. Fig. 7 A composição colorida do canal 4 (filtro azul) com o canal 7 (filtro vermelho) do MSS-LANDSAT forneceu elementos para esta separação. Este tipo de composição já foi utilizada anteriormente por Darch (1979) em estudos das condições de umidade no Pantanal Mato-grossense, ao sul da área de estudo. As áreas de Campos Inundáveis

mais secos apresentaram uma resposta azul clara, enquanto as mais úmidas apresentaram uma tonalidade azul escura.

Adquiriram-se áreas amostrais pequenas para obter-se uma maior representatividade de cada classe e diminuir as possibilidades de erros de classificação.

#### 3.3.2 - DELIMITAÇÃO DA LÂMINA D'ÁGUA

Para a delimitação da lâmina d'água utilizou-se o algoritmo SLICER no canal 7 do MSS-LANDSAT, nas passagens correspondentes às épocas de vazante e de cheias.

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 esquematicamente na Figura 5. Os dados que constituem a primeira moda, representam a resposta espectral da água. Os limites inferior (LI) e superior (LS) dos dados da primeira moda foram considerados para toda a cena.

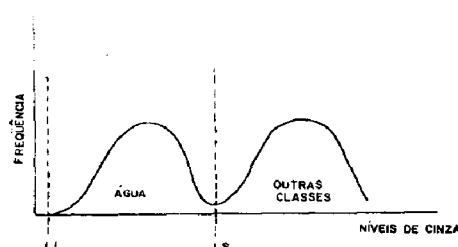


Fig. 5 - Exemplo de histograma bimodal da área de contato terra/água, utilizado no algoritmo SLICER.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 - MAPEAMENTO DA COBERTURA VEGETAL

#### 4.1.1 - INTERPRETAÇÃO DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS

As principais características fotointerpretativas (coloração e textura) das quatro unidades de cobertura do solo, delimitadas nas fotografias aéreas infravermelhas coloridas são apresentadas na Tabela 1 (Silva, 1985).

TABELA 1

#### CARACTERÍSTICAS FOTINTERPRETATIVAS DAS UNIDADES DE COBERTURA DO SOLO DELIMITADAS NAS FOTOGRAFIAS AÉREAS INFRAVERMELHAS COLORIDAS

UNIDADE	COLORAÇÃO	TEXTURA
1-Floresta Estacional Semidecidual Aluvial	vermelha escura a média	grosseira
2-Vegetação de Transição	vermelha clara a média	lisa
3-Campos Inundáveis	verde clara a média e rósea	lisa
4-Água	verde e azul escuras a preta	lisa

Descrição sucinta das unidades de vegetação mapeadas:

1. Floresta Estacional Semidecidual Aluvial. É uma formação arbórea que ocupa as acumulações fluviais quaternárias.
2. Vegetação de Transição. Trata-se de uma vegetação de transição entre os campos e floresta.
3. Campos Inundáveis. São áreas de campos constituídas principalmente por gramíneas que ocorrem nas partes mais baixas do terreno.

A Figura 6 apresenta uma seção do mapa de cobertura vegetal do Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense. Observa-se que a vegetação densa localiza-se sobre pequenos terraços fluviais e junto às "baías".

#### 4.1.2 - PROCESSAMENTO DIGITAL DOS DADOS MSS-LANDSAT

A Figura 7 mostra os níveis médios de cinza dos dois agregamentos ou "clusters" (classes 3.1 e 3.2) nos quatro canais do MSS-LANDSAT. Os "clusters" apresentam individualmente níveis médios de cinza semelhantes nos canais 4 e 5 de modo que as duas classes consideradas apresentarem baixo conteúdo de biomassa, conforme mostra a Figura 2 (se o biomassa fosse elevada, o canal 5 apresentaria menor nível que o canal 4). O "cluster" 3.2 indica níveis médios de cinza menores nos quatro canais devido à influência da umidade do solo nesta classe, conforme mostra a Figura 3.

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

Uma seção do mapa de subclasses de Campos Inundáveis é mostrada na Figura 8.

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

A Figura 9 apresenta uma seção do mapa da variação da lâmina d'água, obtido através do método descrito na Seção 3.3.2. Observa-se que em seções do mapa, grandes áreas foram inundadas na época de cheias, sendo que há ainda áreas permanentemente alagadas.

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

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

O sistema imageador orbital "Thematic Mapper" (TM) do LANDSAT, operacional a partir de 1984, permite obter imagens com resolução es-

pacial e espectral melhores do que aquelas do MSS usadas neste trabalho. A utilização de imagens deste novo sistema sensor permitirá uma discriminação melhor das formações vegetais e da lâmina d'água nesta região.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HOFFER, R.M.; 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.
- RITCHIE, J.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: SHAHROKHI, F., ed. *Remote sensing of earth resources*. Tullahoma, The University of Tennessee, 1974. v. 3, p. 57-71.
- 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.
- 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.
- SILVA, D. *Mapeamento das formações vegetais e da variação da lâmina d'água em parte do Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense e adjacências, através de técnicas de sensoriamento remoto*. São José dos Campos, Set. 1985 (INPE - 3667-TDL/200)
- SILVA, D. KUX, H.J.H. *Relatório final das atividades do Projeto INPE/IBDF (Subprojeto Pantanal)*. São José dos Campos, Abril 1986 (INPE-3876-RTR/086).

57°35'

57°32'

17°36'

17°36'



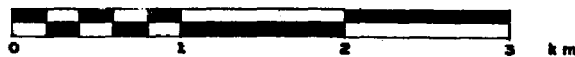
17°40'

17°40'

57°35'

57°32'

ESCALA APROX. - 1:40.000



LEGENDA





-  FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL ALUVIAL
-  VEGETAÇÃO DE TRANSIÇÃO
-  CAMPOS INUNDÁVEIS
-  RIOS, "BAÍAS", "VAZANTES" E "CORIXOS"

Fig. 6 - Seção do mapa de cobertura vegetal do Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense, obtido através da interpretação das fotografias aéreas.

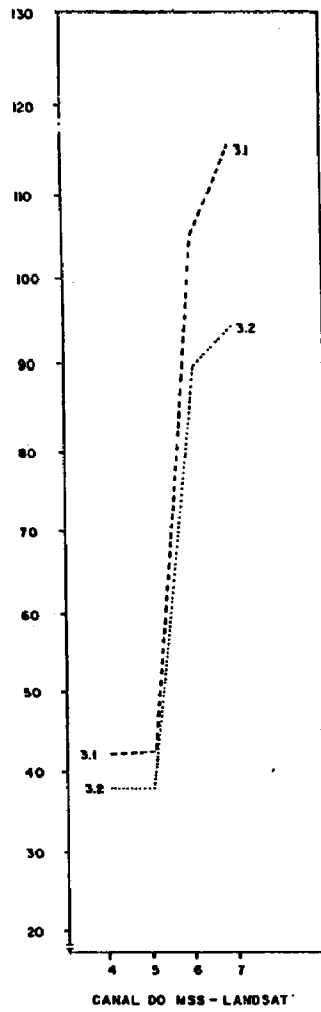
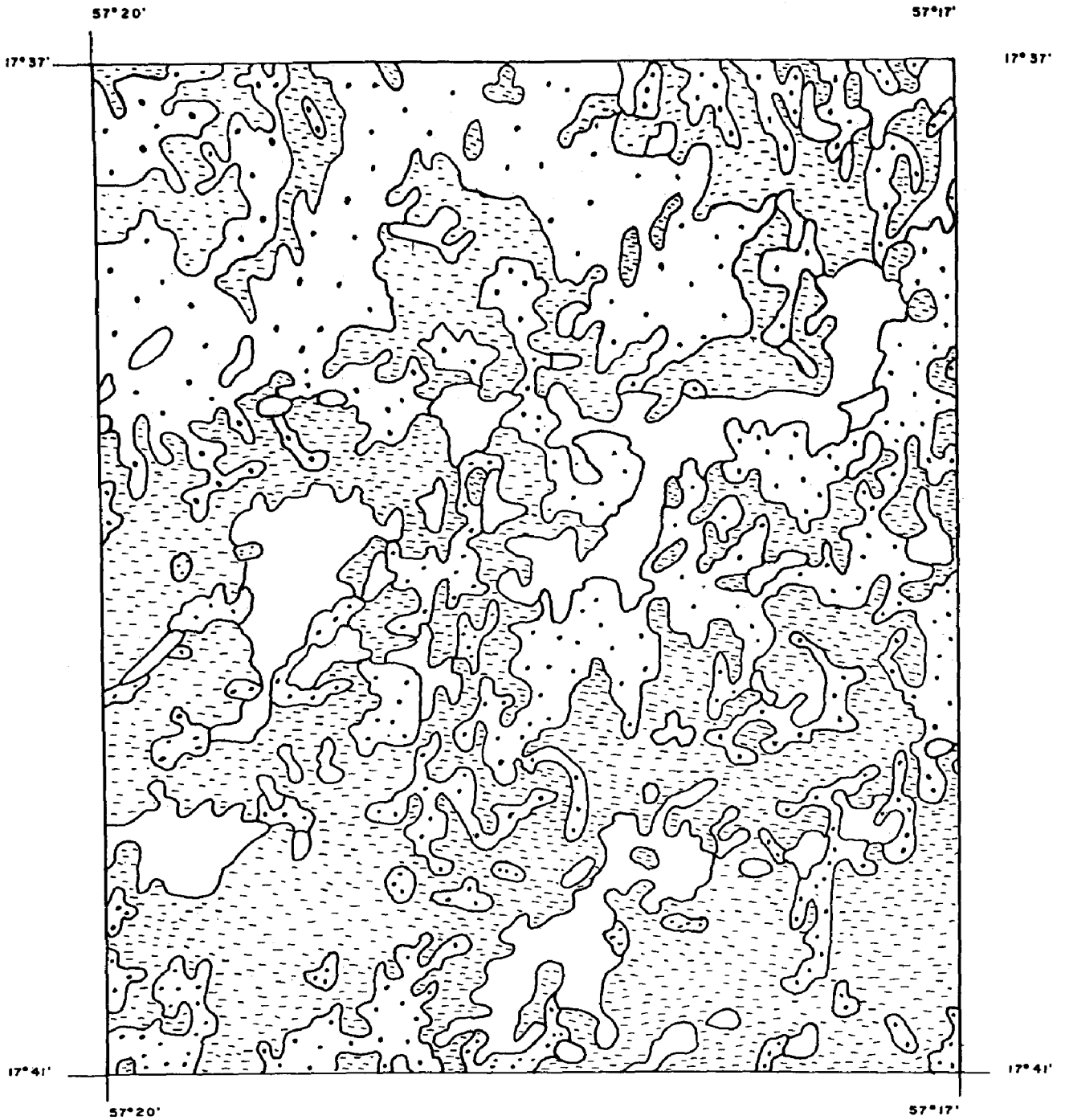


Fig. 7 - Níveis médios de cinza dos "clusters" correspondentes às duas subclasses de Campos Inundáveis, obtidos através do algoritmo MAXVER.



**ESCALA**                      **APROX. 1 : 40.000**

0                      1                      2                      3 km

**LEGENDA**




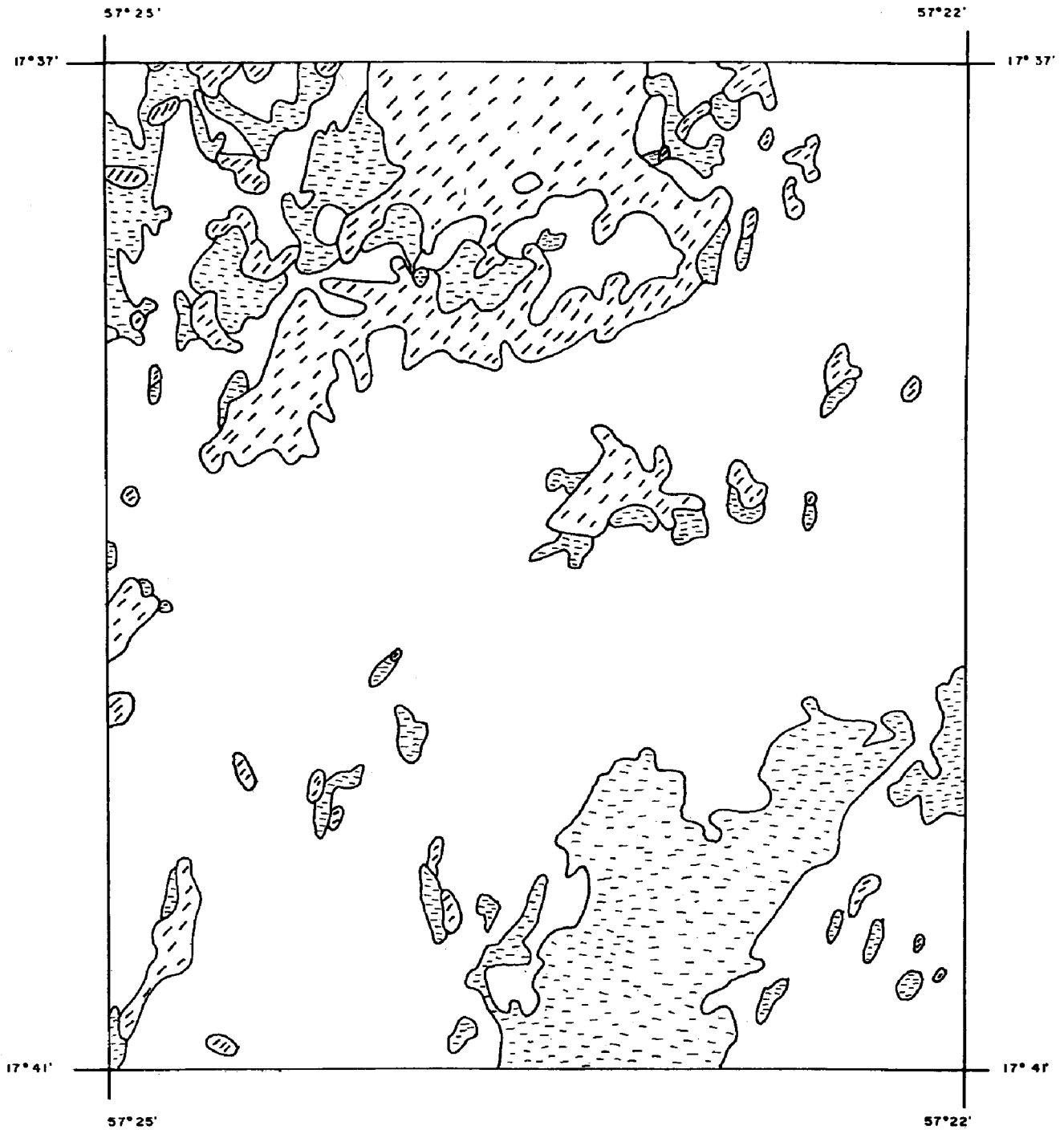
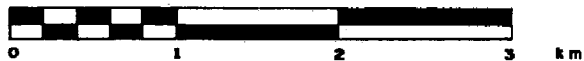
-  **CAMPOS INUNDÁVEIS I ( MAIS SECOS )**
-  **CAMPOS INUNDÁVEIS II ( MAIS ÚMIDOS )**
-  **OUTRAS CLASSES DE COBERTURA DO SOLO**

Fig. 8 - Seção do mapa de Campos Inundáveis do Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense, obtido através do algoritmo MAXVER aplicado aos dados digitais MSS-LANDSAT.



ESCALA . APROX. . 1:40.000



**LEGENDA**




-  LÂMINA D'ÁGUA - ÉPOCA DE VAZANTE  
PASSAGEM MSS - LANDSAT DE 13/11/80
-  ACRÉSCIMO DA LÂMINA - ÉPOCA DE CHEIAS  
PASSAGEM MSS - LANDSAT DE 12/05/81
-  OUTRAS CLASSES DE COBERTURA DO SOLO

Fig. 9 - Seção do Mapa de variação da lâmina d'água do Parque Nacional do Pantanal Mato-grosense, obtido através do algoritmo SLICER aplicado aos dados digitais MSS-LANDSAT.