

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA UTILIZAÇÃO DE IMAGENS AVHRR/NOAA NA DETECÇÃO DE DESMATAMENTO NO PANTANAL¹

ANGELICA CARVALHO DI MAIO MANTOVANI² e SILVANA AMARAL³

RESUMO - Apresentam-se resultados preliminares da detecção de áreas desmatadas no Pantanal a partir de dados de imagens AVHRR/NOAA. Esta primeira análise compreende uma das abordagens do Projeto MULPAN, que avalia a potencialidade dos dados obtidos por diferentes sistemas sensores para levantamento de dados temáticos do meio físico no Pantanal. Este Projeto é resultado da cooperação entre o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Na detecção de desmatamentos utilizou-se imagem AVHRR/NOAA de 15/09/90, nos canais 2 (0,72-1,1 μm) e 3 (3,5-3,9 μm). A imagem foi inicialmente corrigida geometricamente, registrada em um mapa, e classificada com o algoritmo Maxver. No procedimento de registro e classificação da imagem utilizou-se o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – SPRING-1.1. A avaliação da classificação baseou-se no mapeamento realizado com imagens TM/Landsat de 1990/91, e observou-se que na região do Pantanal, com alta incidência de cerrados, a metodologia adotada não foi eficiente para discriminar os desmatamentos. Do total de 112 pontos de desmatamento, identificados no mapeamento TM/Landsat, apenas cerca de 20 % foi registrado pela imagem AVHRR/NOAA. A maior parte dos demais pontos de desmatamento foi classificada como Cerrado ou Cerradão.

Termos para indexação: sensoriamento remoto, meio físico, Cerrado.

PRELIMINARY ASSESSMENT OF AVHRR/NOAA DATA TO DETECT DEFORESTATION IN THE PANTANAL

ABSTRACT - This paper presents preliminary results of deforestation detection in the Pantanal, using AVHRR/NOAA image data. This initial analysis is part of the MULPAN Project, which investigates the usefulness of data gathered by different sensors for surveying thematic information of the Pantanal physical environment. This Project results from cooperation between INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) and Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). A full resolution AVHRR/NOAA image, channel 2 (0.72-1.1 μm) and channel 3 (3.5-3.9 μm) from Sept. 15, 1990, was used to detect deforestation. The image was geometrically corrected, remapped to conform to the cylindrical equidistant projection, and classified using a maximum likelihood algorithm. SPRING-1.1, a geographical information and image processing system, was used for both geometric correction and classification. Classification assessment was based on previous maps derived from Landsat-5/TM from 1990/91. Results indicated that the methodology is not efficient to detect deforestation, mainly because Pantanal is a region of a high occurrence of savannas. The AVHRR/NOAA image discriminated only 20% of the total amount of 112 points of deforestation identified with Landsat-5/TM data. The remaining points of deforestation were wrongly classified as savanna or dense savanna.

Index terms: remote sensing, physical environment, Savanna.

¹ Aceito para publicação em 23 de fevereiro de 1998.

² Eng. Cartógrafa, M.Sc., Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP/IP&D), Av. Shishima Hifumi, 2911, Bairro Urbanova, CEP 12244-000 São José dos Campos, SP. E-mail: dimaio@univap.br

³ Ecóloga, M.Sc., Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE/DPI), Av. dos Astronautas, 1758, CEP 12201-970 São José dos Campos, SP.

INTRODUÇÃO

O Projeto MULPAN – avaliação da potencialidade de dados multissensores para estudos de áreas alagáveis no Pantanal – tem por objetivo o levantamento de dados temáticos do meio físico no Pantanal. Este Projeto está inserido no Convênio de

Cooperação Técnico-científica INPE/Embrapa-CPAP (n.01.01007.2/94-INPE), que teve início em 1993. Dentro deste Projeto, este trabalho aborda o levantamento de áreas desmatadas na planície do Pantanal utilizando dados do sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), a bordo dos satélites meteorológicos da série NOAA (National Oceanographic Atmospheric Administration).

No Brasil existe uma significativa superfície de savanas inundáveis tropicais, sendo o Pantanal mato-grossense a de maior expressão. Com fisionomia vegetacional bastante variada, a principal atividade econômica na região do "Complexo do Pantanal" é a bovinicultura de corte, que é responsável pela produção de grande parte da carne bovina dos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Allem & Valls, 1987).

Estudos anteriores mostraram que o sensor AVHRR tem contribuído significativamente com informações de desmatamentos em florestas tropicais (Malingreau & Tucker, 1988; Cross, 1990). Estudos recentes, desenvolvidos no INPE, apresentaram metodologias baseadas em técnicas de processamento de imagens e geoprocessamento, utilizando os "softwares" SITIM (Sistema Interativo de Tratamento de Imagens) e o SGI (Sistema de Informações Geográficas do INPE), para detecção de áreas desmatadas na floresta amazônica, através de imagens AVHRR (Amaral, 1992; Mantovani, 1994).

O uso de imagens AVHRR mostrou-se eficiente para discriminação de áreas desmatadas e floresta tropical, destacando-se a contribuição do canal 3 (3,5-3,9 μ m) ao se examinarem diferentes composições de bandas (Amaral, 1992). Entretanto, Mantovani (1994) observou erros de classificação em imagem AVHRR no canal 3, onde áreas de Cerrado foram confundidas com áreas de desmatamento.

Este trabalho teve por objetivo aplicar metodologias previamente desenvolvidas por Amaral (1992) e por Mantovani (1994), adaptando-as para avaliação de áreas desmatadas no Pantanal.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Pantanal é uma imensa planície sedimentar que compreende uma área de aproximadamente 140.000 km²,

com a ocorrência de inundações periódicas. Sua localização, segundo a divisão cartográfica encontra-se entre os paralelos 16° e 21° S e os meridianos 55° e 58° W (Fig. 1). O maior percentual da área concentra-se nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, abrangendo partes da Bolívia. O Pantanal é limitado ao norte pelas formações mais meridionais da floresta amazônica, a leste pelos cerrados do Planalto Central Brasileiro, a oeste pelas florestas das fronteiras boliviano-paraguaias e ao sul pelas florestas chaquenas, na fronteira com o Paraguai (Allem & Valls, 1987).

O clima da área é do tipo quente com semestre de inverno seco, e a precipitação pluvial oscila entre 1.000 e 1.400 mm por ano (Cadavid Garcia, 1984), com aproximadamente 80 % das chuvas ocorrendo no período de verão (novembro a março).

No Pantanal encontram-se fisionomias vegetacionais do tipo cerrado, campo sujo, brejos com sua vegetação hidrófila, mata pluvial tropical semidecídua e outras. Pode-se dizer que convergem para ali quatro das mais importantes províncias fitogeográficas do continente: Floresta Amazônica, Cerrado, Chaco e Floresta Atlântica (Eiten, 1972; Cabrera, 1973). A Província do Cerrado é aquela que ocupa a maior superfície na bacia superior do rio Paraguai, onde as planícies inundáveis mostram alta porcentagem de pastagens e de campos alagadiços (Allem & Valls, 1987). O caso específico do leque aluvial formado pelo rio Taquari está ocupado por vegetação do tipo Cerrado e Cerradão.

Processamento da imagem AVHRR/NOAA

Utilizou-se uma imagem AVHRR do satélite NOAA-11, de 15 de setembro de 1990, nos canais 2 e 3, gravada na estação receptora do INPE de Cachoeira Paulista, no formato High Resolution Picture Transmission (HRPT), (Fig. 2).

Primeiramente, fez-se uma correção geométrica da imagem utilizando um programa desenvolvido no INPE. Os parâmetros orbitais da imagem (horário inicial de gravação e longitude de cruzamento com o equador) foram corrigidos com a introdução de pontos de controle. Os parâmetros, então corrigidos, foram utilizados para gerar uma imagem com resolução de 1,1 km na projeção cilíndrica equidistante.

Esta imagem foi em seguida registrada com um mapa (Corumbá, Folha SE-21) na escala 1:1.000.000, na projeção cônica de Lambert, utilizando o software SPRING-1.1, módulo Geocod. Este procedimento foi adotado para garantir a perfeita justaposição com a base de dados pré-existente do Pantanal.

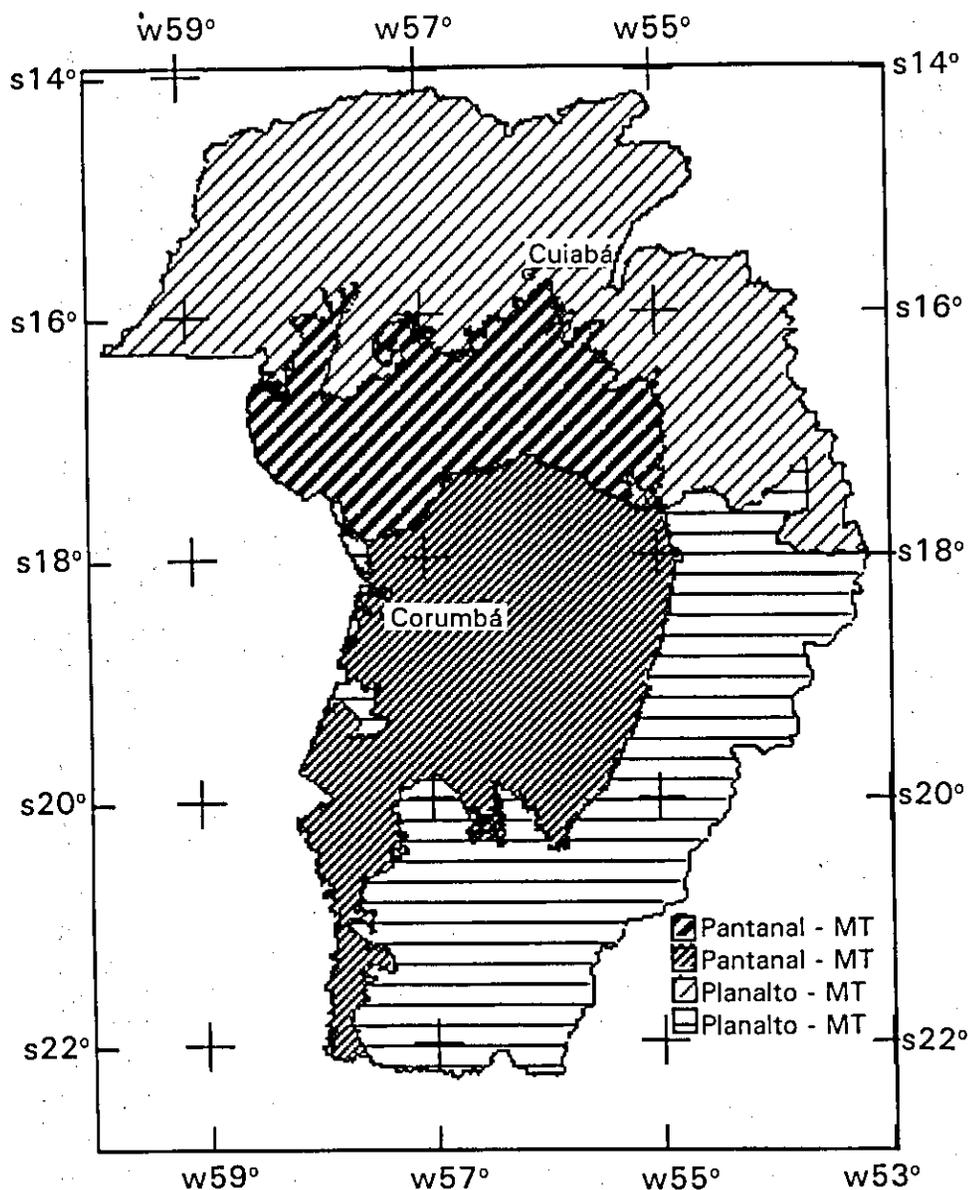


FIG. 1. Localização do Pantanal na bacia do Alto Paraguai.

Após o registro a imagem foi classificada no módulo principal do SPRING-1.1, utilizando o algoritmo de classificação supervisionada de máxima verossimilhança (Maxver). Neste caso, foi necessário o treinamento das amostras, utilizando a banda 3 AVHRR para posicionamento das mesmas, que representaram o

comportamento médio das classes mapeadas automaticamente.

Na classificação da imagem AVHRR procurou-se separar as seguintes classes: desmatamento/queimada; cerrado; cerrado arbóreo (cerradão); e áreas inundáveis. A aquisição

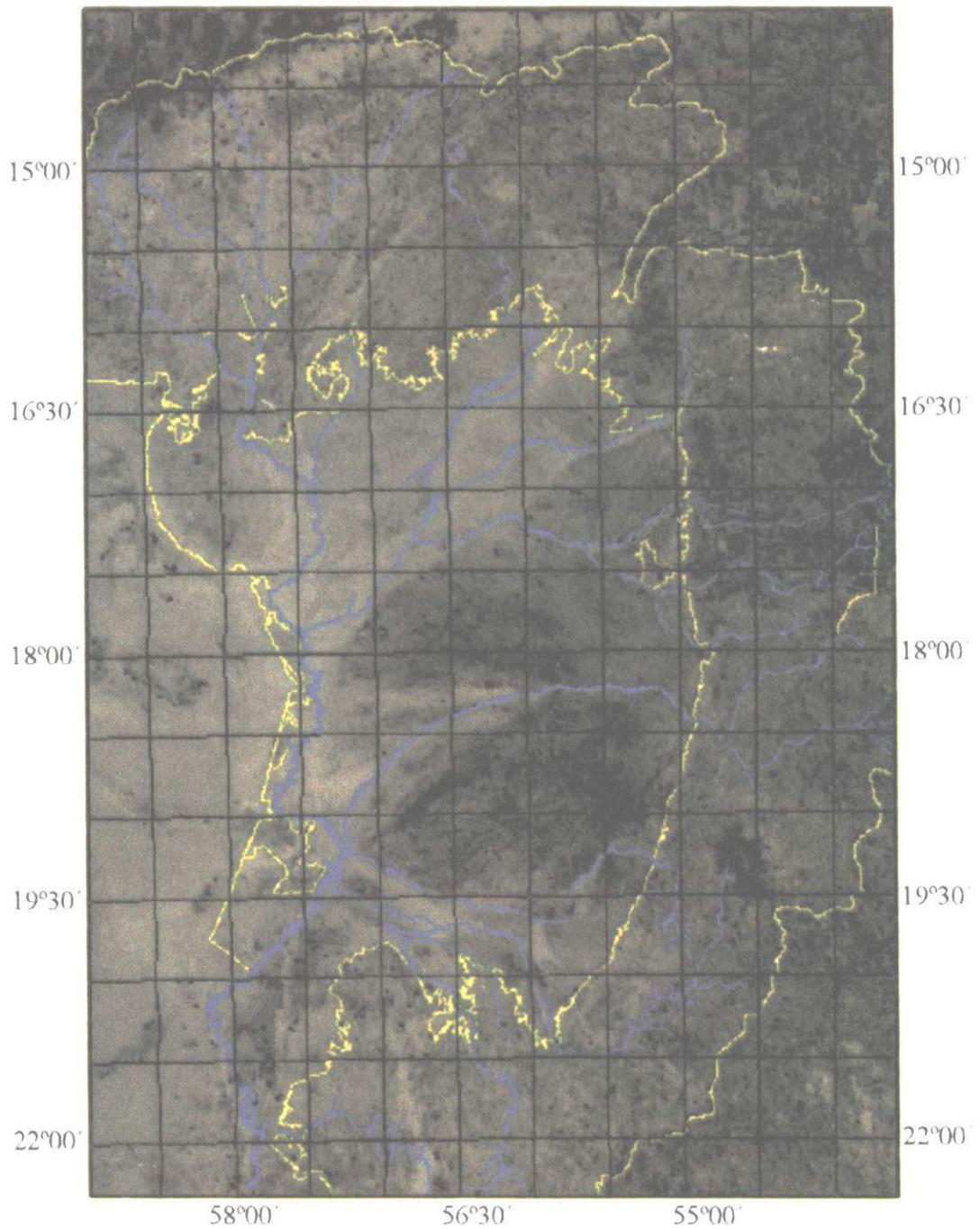


FIG. 2. Imagem AVHRR/NOAA, banda 3, de 15/09/90.

das amostras fundamentou-se na discriminação das respostas espectrais da imagem em associação com as diferentes coberturas existentes na área. Na classificação da imagem testaram-se a banda 3 e a composição das bandas 2 e 3.

Cartas temáticas, obtidas do Projeto MULPAN, com identificação de áreas desmatadas foram utilizadas para a avaliação final da classificação da imagem AVHRR.

As cartas temáticas foram geradas a partir da interpretação visual de imagens TM/Landsat do ano de 1990, na escala de 1:250.000. Estes dados foram extraídos do "Mapeamento e quantificação de áreas desmatadas no Pantanal Brasileiro, utilizando dados TM", parte integrante do Projeto MULPAN.

Os centros dos polígonos, correspondentes a todas as áreas de desmatamento delimitadas nas cartas temáticas (TM/Landsat), foram digitalizados como pontos em um plano de informação no SPRING-1.1. Digitalizaram-se 112 pontos, distribuídos em quatro cartas 1:250.000, referentes às cartas topográficas MIR 405, 418, 432 e 469. Em seguida, o plano com os pontos de desmatamento foi sobreposto ao plano contendo a imagem AVHRR classificada para verificação dos acertos na detecção de desmatamentos.

As cartas temáticas foram consideradas "verdade de campo" neste trabalho, e discriminavam apenas os limites de áreas desmatadas, na data considerada. Não havia informações sobre a vegetação em que ocorriam os desmatamentos e sobre os possíveis desmatamentos anteriores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A imagem resultante da classificação AVHRR, com os pontos utilizados para a verificação dos resultados, pode ser observada na Fig. 3.

Durante a aquisição de amostras de treinamento houve dificuldade na separação das classes de desmatamento e o Cerrado, uma vez que os níveis de cinza (NC) destas classes são muito próximos, nas duas bandas utilizadas na classificação, como pode ser observado na Tabela 1. Conseqüentemente, estas duas classes foram confundidas na classificação final.

Dentro da escala de NC, que varia de 0 a 255, para a classe desmatamento, obtiveram-se amostras em áreas de baixos valores de NC (valor médio: 40,04) da banda 3 da imagem, o que é comumente associado à ocorrência de queimadas. Na banda 3, a escala de NC é invertida, ou seja, níveis menores

correspondem a temperaturas mais altas. Desta forma, esta classe representa áreas desmatadas e queimadas.

A classe de áreas inundáveis correspondeu aos valores de NC mais altos na imagem (valor médio: 148,7) na banda 3, tendo sido facilmente discriminada visualmente.

Na banda 3 as classes cerrado e cerrado corresponderam aos NC intermediários, ficando entre as classes desmatamento/queimada e áreas alagáveis. Aos pixels com NC mais escuros (valor médio: 46,8) foi atribuída a classe cerrado. A classe cerrado foi atribuída às áreas que apresentaram pixels com valores de NC em torno de 110,6.

Como o limite entre as classes cerrado e desmatamento/queimada não é de fácil separabilidade, a classificação final resultou em confusão entre as mesmas, o que pode ser observado através dos respectivos desvios-padrão (Tabela 1).

Apesar de a literatura indicar a banda AVHRR 3 como a mais eficiente na detecção de desmatamento em área de floresta (Amaral, 1992), para a região do Pantanal observou-se melhor resultado ao utilizar a combinação das bandas 2 e 3, o que pode estar associado à diferença na cobertura vegetal. Os resultados apresentados a seguir referem-se à classificação utilizando-se as bandas 2 e 3 AVHRR.

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos na sobreposição do plano de informação dos pontos de desmatamento (TM/Landsat) com o plano da classificação da imagem AVHRR. Deve-se considerar que não foi utilizado o contorno dos polígonos de desmatamento, mas apenas a coordenada central de cada uma deles para a digitalização. Considerando toda a área dos polígonos de desmatamento, provavelmente, implicaria em maior número de acertos, uma vez que a intersecção entre as áreas classificadas (imagem AVHRR) e os pontos é menor do que se fosse considerada toda a área do polígono.

Conforme pode ser observado na Tabela 1, apenas 22 dos 112 pontos de desmatamentos avaliados, cerca de 20%, foram corretamente classificados como desmatamento/queimada na imagem AVHRR.

A confusão entre desmatamentos e cerrado deveu-se à semelhança de suas respostas espectrais, como também foi observado por Amaral (1992) e

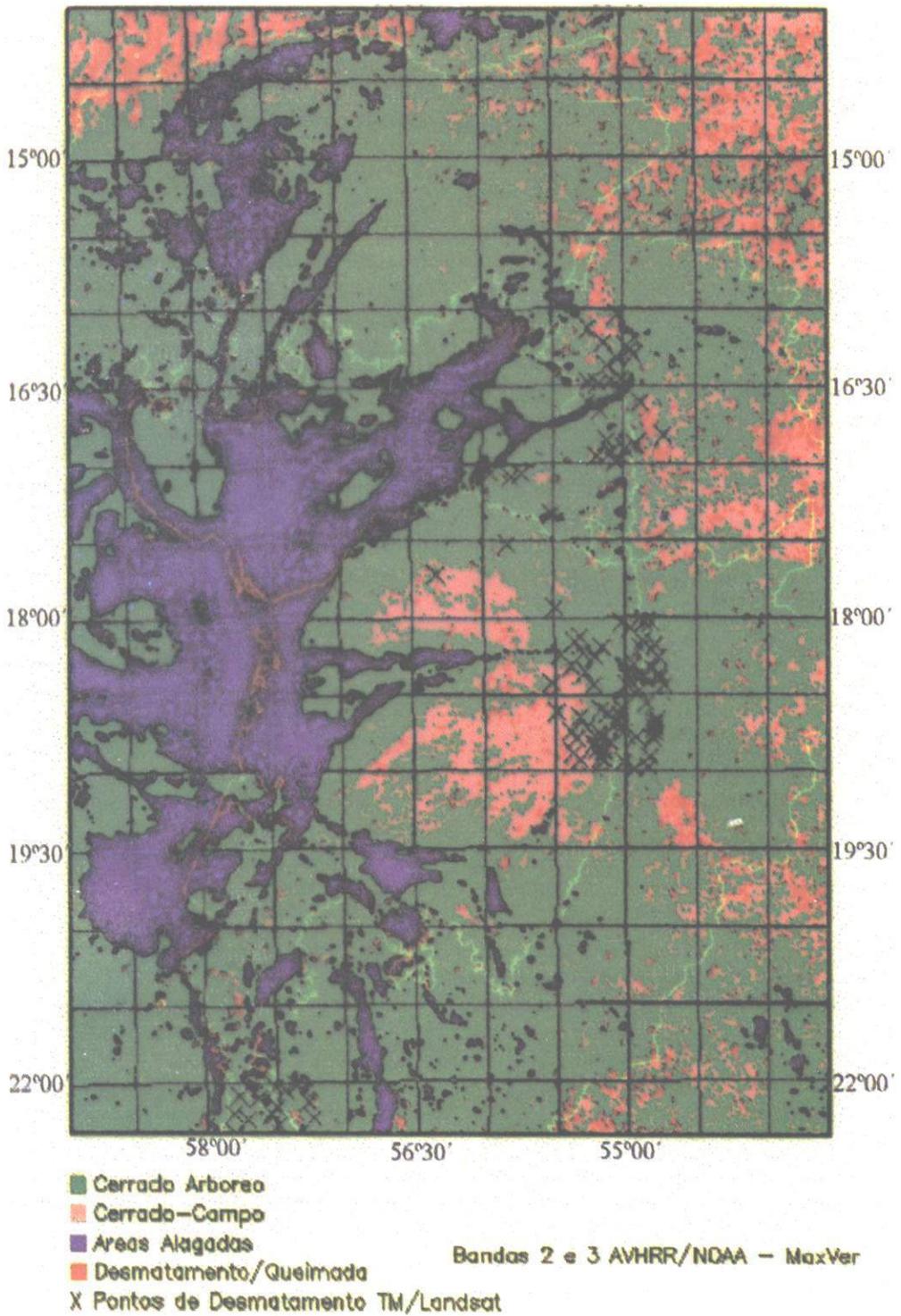


FIG. 3. Imagem AVHRR classificada, com os pontos de desmatamento obtidos de cartas baseadas em imagens TM/Landsat.

TABELA 1. Média (μ) e desvio-padrão (σ) dos níveis digitais dos temas da classificação AVHRR.

Imagem AVHRR	Áreas alagáveis		Cerradão		Cerrado		Desmat./Queimada	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ
Banda 3	148,7	4,0	110,6	6,6	46,8	9,5	40,04	8,6

TABELA 2. Resultados obtidos na comparação entre os dados TM e AVHRR.

Dados TM (cartas)	Classificação obtida na imagem AVHRR				
	Total	Desmat./Queimada	Cerrado	Cerradão	Áreas alagáveis
Carta 405	22	8	4	10	-
Carta 418	17	1	2	8	6
Carta 432	60	12	12	36	-
Carta 469	13	1	1	11	-
Total	112	22	19	65	6
% de acertos	100	19,64	16,96	58,04	5,36

Mantovani (1994). Os pontos de desmatamento classificados como cerradão, na imagem AVHRR foram confundidos devido à dificuldade de discriminação entre cerrado, cerradão e desmatamento, e podem ainda estar relacionados, provavelmente, com o tamanho dos polígonos de desmatamento. Áreas desmatadas com dimensões menores que a resolução espacial do sensor AVHRR (1,2 km² a 2 km²) não foram identificadas na imagem. Os pontos de desmatamento que foram classificados erroneamente como áreas alagáveis na imagem, provavelmente, foram confundidos pela proximidade geográfica com áreas de cerrado (pixels misturados).

Apesar de a classificação não ter apresentado resultados satisfatórios quanto à utilização de dados AVHRR no Pantanal para detecção de desmatamentos, observaram-se pela análise visual da banda 3, alguns padrões de desmatamentos que não foram identificados na imagem classificada, o que pode

ser atribuído à deficiência do classificador na discriminação de classes com níveis digitais muito próximos entre si. A interpretação visual destas áreas, bem como um classificador mais sensível a estas variações, certamente, proveriam melhores resultados.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos na classificação da imagem AVHRR mostram baixa eficácia na detecção de desmatamentos, uma vez que a alta incidência de cerrados promove a confusão entre as classes.

REFERÊNCIAS

- ALLEM, A.C.; VALLS, J.F.M. Informação geral sobre o Pantanal. In: RECURSOS forrageiros nativos do Pantanal Mato-grossense. Brasília: Embrapa-CENARGEN, 1987. 339p.

- AMARAL, S. **Imagens do sensor AVHRR/NOAA na detecção e avaliação de desmatamentos na floresta Amazônica: relações com dados do sistema TM/Landsat.** São José dos Campos: INPE, 1992. Dissertação de Mestrado. (INPE-5501-TDI/516).
- CABRERA, A.L. **Biogeografia de América Latina.** Washington DC: OEA, 1973. 85p. (Monografias Científicas, 13).
- CADAVID GARCÍA, E.A. **O Clima no Pantanal mato-grossense.** Corumbá: Embrapa-UEPAE Corumbá, 1984. 42p. (Embrapa-UEPAE Corumbá, MT). (Circular técnica, 14).
- CROSS, A. **Tropical forest monitoring using AVHRR: towards an automated system for change detection.** Geneve: UNEP\GRID, 1991. 44p. Final report to the Commission of the European Communities.
- CROSS, A. **Tropical deforestation and remote sensing: the use of NOAA/AVHRR data over Amazonia.** Geneve: UNEP\GRID, 1990. Final report to the Commission of the European Communities.
- EITEN, G. **The Cerrado Vegetation of Brazil.** *Botanical Review.*, v.38, n.2. p.201-341, 1972.
- MALINGREAU, J.P.; TUCKER, C.J. **Large scale deforestation in the southeastern Amazon basin of Brazil.** *Ambio*, v.17, n.1. p.49-55, 1988.
- MANTOVANI, A.C. **Deteção de desmatamentos na floresta amazônica através de imagens AVHRR\NOAA e do sistema de informações geográficas SGI: metodologia e teste de um sistema potencial de alerta.** São José dos Campos: INPE, 1994. 137p. (INPE-5580-TDI/543). Dissertação de Mestrado.