

AVALIAÇÃO DA COBERTURA POR PLANTAS AQUÁTICAS EM LAGOAS DA SUB-REGIÃO DA NHECOLÂNDIA NO PANTANAL POR MEIO DE DADOS LANDSAT E SPOT¹

MYRIAN DE MOURA ABDON², VALI JOANA POTT³ e JOÃO DOS SANTOS VILA DA SILVA⁴

RESUMO - Avaliaram-se, por meio de sensores no espectro óptico, áreas ocupadas por plantas aquáticas nas lagoas e nos canais de escoamento temporário de água. A área de estudo faz parte da sub-região da Nhecolândia e caracteriza-se por apresentar lagoas de água doce, de água salobra, salinas, corixos e vazantes, que são temporariamente ocupados por plantas aquáticas e algas. Utilizaram-se imagens digitais do Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat, datada de 26/08/93 e HRV-SPOT, datada de 12/06/87. Realizou-se um sobrevôo na área de estudo para obtenção de fotos 35 mm de algumas baías, e realizaram-se trabalhos de campo para levantamento de informações sobre distribuição espacial e composição florística das plantas aquáticas nas baías. Algoritmos de classificação determinísticos (fatiamento) e probabilísticos (máxima verossimilhança) foram aplicados em baías selecionadas. Áreas com predominância de *Salvinia auriculata* e *Scirpus cubensis* foram bem discriminadas. A presença de plantas aquáticas foi facilmente observada nas bandas 4 e 5 do Landsat. No entanto, a dificuldade encontrada em diferenciar áreas ocupadas por plantas aquáticas, pela utilização de dados com resolução espacial de 20 a 30 metros, sugere que estudos com fotografias aéreas e radiômetros possam levar a resultados mais detalhados.

Termos para indexação: sensoriamento remoto, composição florística.

EVALUATION OF AQUATIC COVERAGE ON PONDS OF NHECOLÂNDIA SUBREGION IN THE PANTANAL THROUGH LANDSAT AND SPOT DATA

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate areas covered by aquatic plants in ponds and temporary drainage channels through optical sensors. The area of study is part of the Nhecolândia subregion of the Brazilian Pantanal wetland and is characterized by ponds of fresh and salt-lakes waters, temporarily covered by aquatic macrophytes and algae. TM (Thematic Mapper)-Landsat digital image, from Aug. 26, 1993, and HRV-SPOT digital image, from June 12, 1987, were used. An overflight was made in the study area to obtain 35 mm photographs of some ponds, and field work was carried out to survey the spatial distribution and floristic composition of the aquatic plants in the ponds. Algorithms of slicing and maximum likelihood classification were applied on selected ponds. Areas with predominance of *Salvinia auriculata* and *Scirpus cubensis* were well discriminated. Presence of aquatic plants was easily observed on Landsat bands 4 and 5. However the difficulty to distinguish areas occupied by different aquatic plants, through the use of data with spatial resolution of 20 to 30 meters, suggests that studies based on aerial photographs and radiometers may produce more detailed results.

Index terms: remote sensing, flora composition.

INTRODUÇÃO

A sub-região da Nhecolândia no Pantanal corresponde à fração do cone aluvial situada à margem esquerda do rio Taquari. Compreende uma área de aproximadamente 26.921 km², onde baías (lagoas) e salinas (lagoas alcalinas) fazem parte de um sistema lacustre no qual lagoas de água doce periodicamente conectam-se, e as salinas encontram-

¹ Aceito para publicação em 19 de fevereiro de 1998.

² Bióloga, M.Sc., Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE/DSR), Av. dos Astronautas, 1758, Caixa Postal 515, CEP 12227-010 São José dos Campos, SP. E-mail: myrian@itid.inpe.br

³ Bióloga, M.Sc., Embrapa-Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (CPAP), Rua 21 de Setembro, 1880, Caixa Postal 109, CEP 79320-900 Corumbá, MS.

⁴ Matemático, M.Sc., Embrapa-CPAP.

-se fora do alcance das cheias e permanecem quase sempre isoladas.

No estudo de grandes áreas alagáveis e de difícil acesso, a utilização de sensoriamento remoto tem-se tornado indispensável na caracterização destes ambientes. Esta técnica tem-se mostrado, também, eficaz na obtenção de informações correlacionáveis a alguns parâmetros físico-químicos e biológicos destes sistemas.

Poucos estudos têm sido realizados em sistemas lacustres de regiões tropicais para caracterização de lagoas, mais especificamente no Pantanal. Na sub-região da Nhecolândia, observam-se canais de escoamento temporário (corixos e vazantes) e lagoas rasas com baixa concentração de eletrólitos, comumente colonizadas por macrófitas aquáticas (baías) ou com concentração mais elevada, do tipo oligo-halina, desprovidas, em geral, de vegetação aquática dos tipos emergente e fixa-flutuante (salinas). Segundo Mourão (1989), as diferenças observadas nas concentrações iônicas podem ser explicadas pela frequência com que os sistemas entram em contato com os canais temporários, pois as salinas nunca ou raramente mantêm este contato. Corixos e vazantes são considerados canais temporários em escala anual; entretanto, as baías e salinas podem apresentar, também, um padrão intermitente em escala plurianual. Mourão et al. (1988) registraram 97 baías e três salinas na Faz. Nhumirim, as quais, segundo os autores, estiveram completamente secas em 1973, como resultado de um período "hipo-hídrico" com duração de dez anos.

A terminologia regional utilizada para distinguir as lagoas em baías e salinas parece ser consistente, com base técnica, como mostrado por Cunha (1943) e Brum & Souza (1985), para a composição iônica; por Mourão et al. (1988) e Mourão (1989), para características físicas, químicas e biológicas; e por Pott et al. (1986a, 1986b), para composição botânica.

Quanto ao componente biótico, há estudos de diversidade e distribuição espacial da ictiofauna (Mourão et al., 1988) e de composição botânica (Pott et al., 1989); e levantamentos taxonômicos de zooplâncton (Reid & Moreno, 1990), e macrófitas aquáticas (Pott et al., 1986a, 1986b).

As baías são utilizadas como fonte de água para consumo humano nas fazendas e, juntamente com as salinas, contribuem para o suprimento de água, sais minerais e alimento para os animais domésticos (Brum & Souza, 1985; Pott et al., 1987).

Várias espécies nativas de mamíferos utilizam as baías e salinas como hábitat temporário (reprodução, alimentação, etc.). Campos (1991), ao observar que a reprodução do *Caiman crocodilus yacare* esteve influenciada pelo tipo de ambiente aquático e pela área ocupada por eles, dentre outros fatores, ressaltou a necessidade de "considerar as características dos corpos de água e dos hábitats de nidificações disponíveis" nos planos de manejo desta espécie, que incluem a coleta de ovos ou a caça.

Dentro deste contexto, o uso de sensoriamento remoto vem constituir uma ferramenta útil, capaz de auxiliar na viabilização de planos de manejo de recursos naturais, de gerenciamento e de controle ambiental.

O uso do espectro óptico para complementar técnicas convencionais em estudos de qualidade de água foi revisado por Braga & Abdon (1989). Nesses estudos, os corpos de água foram caracterizados em função de turbidez, concentração de sólidos suspensos, cor da água, concentração de clorofila, estado trófico e temperatura. Estudos para determinar a correlação de qualidade de água em reservatórios artificiais foram realizados por Novo et al. (1989) e Novo & Braga (1992). Em reservatório artificial foram desenvolvidos trabalhos de identificação e mapeamento de áreas ocupadas por diferentes gêneros de macrófitas aquáticas (Abdon & Meyer, 1990, 1992).

Este trabalho objetiva avaliar e identificar, por meio de sensores no espectro óptico, áreas ocupadas por plantas aquáticas e algas em lagoas da área de estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

A área selecionada para este estudo está delimitada pelas latitudes de 18°52'54"S e 19°07'07"S e pelas longitudes de 56°30'28"W e 56°48'48"W, localizada nas folhas SE21ZAVI-4 e SE21ZCIII-2. Esta área faz parte da sub-região da Nhecolândia, caracterizada por apresentar lagoas de água doce, de água salobra, salinas (alcalinas) - que em sua maioria não ultrapassam 2 km de diâmetro - corixos e vazantes, nas fazendas Nhumirim, Chatelodo,

Ipanema, Alegria, Porto Alegre e Campo Dora. Estes corpos de água são temporariamente ocupados por plantas aquáticas e algas, e podem ser visíveis por imagens de satélite.

Utilizaram-se, neste trabalho, dados digitais de imagem Landsat-TM nas bandas 1, 2, 3, 4, 5, e 7, datada de 26 de agosto de 1993, referente à órbita 226, ponto 73 CB, dados digitais de imagem SPOT, nas bandas 1, 2 e 3, datada de 12 de junho de 1987, referente à órbita 693, ponto 388, e dados analógicos de imagem SPOT na composição 123-B (blue) G (green) R (red), datada de 12 de junho de 1987, referente à órbita 693, ponto 388, na escala de 1:50.000. Utilizaram-se fotografias aéreas oblíquas obtidas em sobrevôo realizado, na área de estudo, em agosto de 1993, e informações sobre distribuição espacial e composição florística das plantas aquáticas obtidas em três baías, localizadas com o uso do Sistema de Posicionamento Global (GPS), em setembro de 1993.

Realizou-se um sobrevôo na região, em agosto de 1993, para reconhecimento da área e obtenção de fotografias aéreas oblíquas, para facilitar a visualização da distribuição espacial de plantas aquáticas em algumas baías. Em seguida, realizaram-se trabalhos de campo, que tiveram por objetivo o levantamento florístico de plantas aquáticas encontradas dentro e no entorno de três baías, selecionadas em função de seu tamanho e da diversidade das plantas encontradas.

Fez-se o registro da imagem Landsat com as cartas topográficas da região com uso de um Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM) e procedeu-se à localização dos pontos visitados em campo.

Testaram-se algoritmos determinísticos e probabilísticos (Mather, 1987) para melhor diferenciar as áreas ocupadas por plantas aquáticas nas baías selecionadas. A baía 2 pode ser classificada pela utilização do algoritmo Maxver. Nas baías 1 e 3, a pequena quantidade de pixels que representava os temas a serem diferenciados não possibilitou a obtenção de número suficiente de medidas para a criação de classes e a consequente utilização do algoritmo Maxver. Sendo assim, as classes foram separadas por algoritmo de fatiamento.

Na baía 1, fez-se uma ampliação nos dados digitais do Landsat, das bandas 3, 4 e 5, na escala de 1:4.000. Em seguida, aplicaram-se tabelas de realce criadas em função dos histogramas obtidos em cada banda. Aplicou-se um algoritmo de fatiamento somente na banda 5.

Na baía 2, o processamento dos dados digitais foi realizado com dados obtidos nas bandas 3, 4 e 5 do Landsat. Fez-se uma ampliação nos dados para a escala de 1:5.000. Em seguida, aplicou-se o algoritmo Maxver.

Na baía 3, o processamento dos dados digitais foi realizado utilizando-se as bandas 3, 4, 5 e 7 e o atributo "índice de vegetação normalizado", gerado a partir das

bandas 3 e 4 do Landsat. Fez-se uma ampliação desta baía para a escala de 1:5.000. Em seguida, aplicaram-se tabelas de realce criadas para cada banda, individualmente. Aplicaram-se, então, algoritmos de fatiamento, definindo-se os intervalos com base nos histogramas obtidos em cada uma das bandas.

Fizeram-se observações sobre o tipo de lagoa (baías e salinas) na área estudada, que foram comparadas com imagens obtidas com os satélites SPOT e Landsat-TM.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os levantamentos florísticos das três baías selecionadas podem ser observados a seguir. Esses dados foram acompanhados de esquemas feitos no campo, que constavam da distribuição espacial destas plantas dentro das baías:

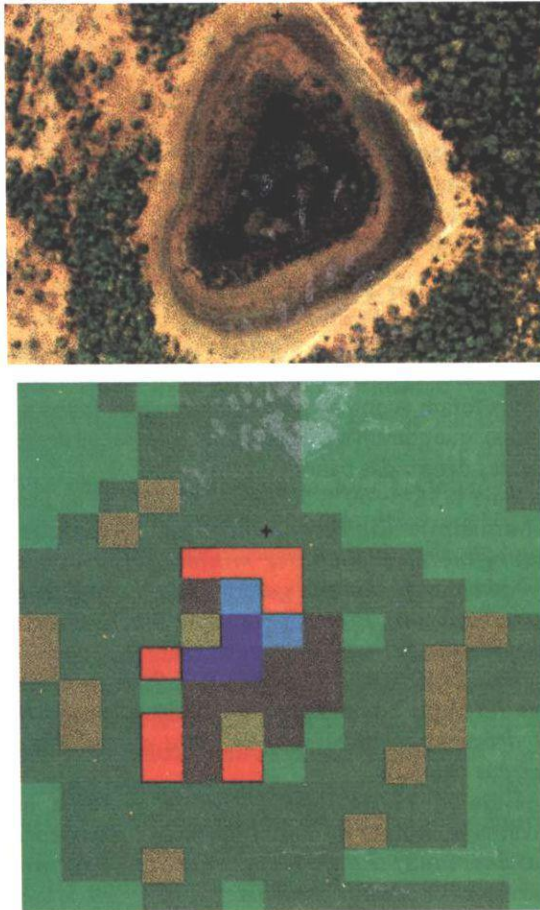
Baía 1: 18°59'50"S 56°39'01"W (baía 73 da Faz. Nhumirim): *Eichhornia azurea*, *Eleocharis interstincta*, *Eleocharis minima*, *Hydrocleys nymphoides*, *Nymphaea gardneriana*, *Paspalidium paludivagum*, *Pontederia cordata*, *Salvinia auriculata* e *Scirpus cubensis*.

Baía 2: 19°02'09"S 56°39'30"W (baía da divisa das fazendas Nhumirim, Chatelodo e Ipanema): *Hydrocleys nymphoides*, *Salvinia auriculata* e *Scirpus cubensis*.

Baía 3: 19°04'38"S 56°40'04"W (baía na invernoada Baitaca da Faz. Chatelodo): *Nymphaea gardneriana*, *Pontederia cordata*, *Salvinia auriculata* e *Scirpus cubensis*.

A partir de testes de processamento dos dados digitais realizados nestas baías, obtiveram-se os seguintes resultados:

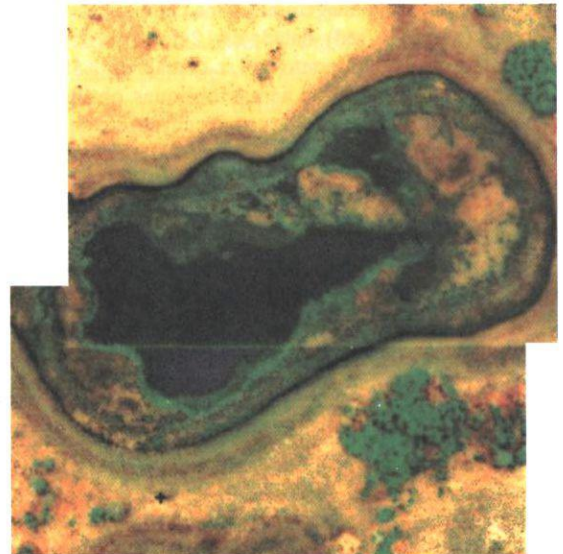
Na baía 1, pela aplicação do algoritmo de fatiamento feito nos dados da banda 5 do Landsat, conforme observado na Fig. 1, conseguiu-se a diferenciação das seguintes classes, com seus respectivos intervalos de nível de cinza: água livre (15-23), área com predominância de *Salvinia auriculata* (31-46), área com predominância de *Scirpus cubensis* (56-65), área com mistura de *Salvinia auriculata* e *Scirpus cubensis* (24-30), área com mistura de *Scirpus cubensis* e *Pontederia lanceolata* (47-55) e área com *Pontederia lanceolata* misturada com vegetação de borda (56-65). Constatou-se que, na banda 4, somente se diferencia água livre das áreas ocupadas por plantas aquáticas, não se conseguindo separar entre si as áreas ocupadas por diferentes plantas aquáticas.



- Baía 1**
Fatjamento B.5 TM
- Água livre
 - Salvinia + Scirpus
 - Salvinia
 - Scirpus + Pontedeira
 - Scirpus
 - Pontedeira + borda
 - Sa + Sd
 - Sg
 - Solo arenoso

FIG. 1. Fotografia aérea da baía 1 e classificação por fatiamento do interior e do entorno da baía. O sinal (+) nas imagens indica o mesmo ponto no terreno. Sd é savana florestada, Sa é savana arborizada e Sg é savana gramíneo-lenhosa.

Na baía 2, pela aplicação do algoritmo de classificação supervisionada Maxver, foi possível a discriminação das seguintes classes: água livre, áreas com *Salvinia auriculata* e *Hydrocleys nymphoides*, áreas com *Salvinia auriculata*, *Hydrocleys nymphoides* e *Scirpus cubensis* e áreas com *Scirpus cubensis*. Duas pequenas áreas, uma com predominância de *Salvinia auriculata* e outra com



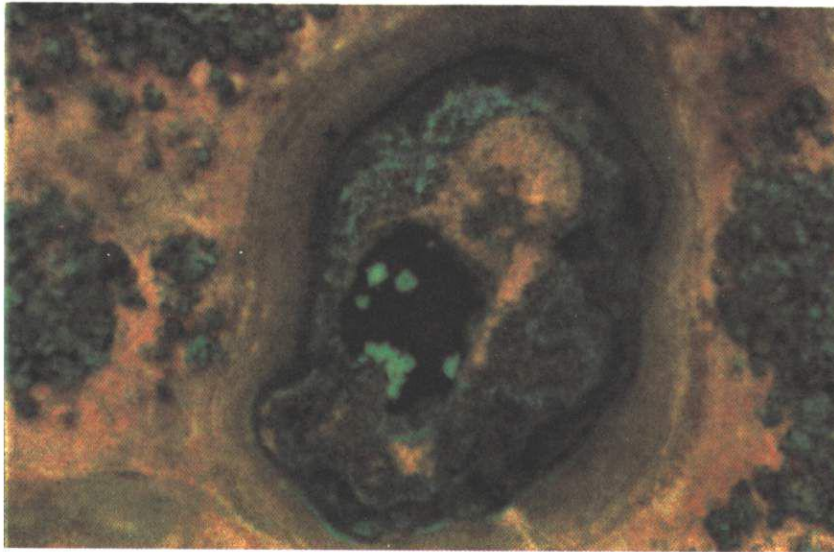
- Baía 2 - Maxver, Bandas 3, 4 e 5**
- Entorno da baía
 - Água livre
 - Salvinia e Hydrocleys
 - Scirpus, Salvinia e Hydrocleys
 - Scirpus

FIG. 2. Fotografia aérea da baía 2 e classificação por Maxver do interior e do entorno da baía. O sinal (+) nas imagens indica o mesmo ponto no terreno. Área em preto é não classificada.

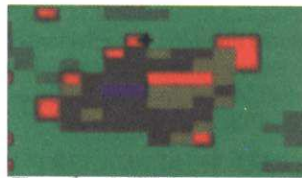
predominância de *Hydrocleys nymphoides*, não foram possíveis de ser classificadas, pois não forneceram informações suficientes na obtenção das amostras para a classificação Maxver. Essas áreas aparecem em negro na Fig. 2.

Na baía 3, pela aplicação do algoritmo de fatiamento, obteve-se melhor resultado nas bandas

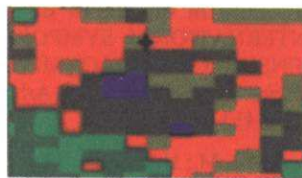
3, 4 e 7, diferenciando-se as classes de: água livre, área homogênea de *Scirpus cubensis*, área com predominância de *Scirpus cubensis* e área onde ocorrem vários tipos de plantas aquáticas, como pode ser observado na Fig. 3. Na banda 5, diferenciaram-se as classes de área de água livre, área com predominância de *Scirpus cubensis* e área com vários tipos



Banda 3 TM



Banda 4 TM



Banda 7 TM

Baía 3
Fatiamento B.3, 4 e 7
Landsat TM

- Água livre
- Mistura
- Sg ou predominância de *Scirpus*
- Sg ou banco homogêneo de *Scirpus*
- Sa + Sg
- Sd

FIG. 3. Fotografia aérea da baía 3 e classes por fatiamento do interior e do entorno da baía. O sinal (+) nas imagens indica o mesmo ponto no terreno. Sd é savana florestada, Sa é savana arborizada e Sg é savana gramíneo-lenhosa.

de plantas aquáticas. No atributo espectral "índice de vegetação normalizado" diferenciaram-se as classes: água livre e ocorrência de vários tipos de plantas aquáticas e área homogênea de *Scirpus cubensis*. O resultados obtidos com as bandas 1 e 2 não levaram à diferenciação de classes.

No entorno das baías, observaram-se áreas ocupadas por savana florestada (Sd), savana arborizada (Sa) e savana gramíneo-lenhosa (Sg), regionalmente conhecidas por cerradão, cerrado e campo respectivamente.

No estudo de diferenciação das lagoas, entre salinas e baías, observou-se que as salinas se apresentam com uma faixa arenosa no seu entorno, a qual é facilmente notada nos dados obtidos pelos satélites Landsat-TM e SPOT, no período de seca. Na época de cheia, essas salinas se apresentam com sua faixa de cerradão ou mata bem próxima à lâmina de água. Nas baías, a vegetação observada em seu entorno pode ser cerradão, cerrado, e também ocorrem faixas de campo entre a baía e a vegetação mais densa. Observa-se, também, que a variação do nível de água nas salinas, entre os períodos de seca e cheia, é pouca. Muitas baías chegam a secar completamente nos períodos de seca.

CONCLUSÕES

1. Nos dados obtidos pelo TM e pelo HRV, é possível a detecção de plantas aquáticas nas baías e de algas nas salinas, e também é possível a diferenciação das lagoas entre salinas e baías.

2. A presença de plantas aquáticas é facilmente observada nas bandas 4 e 5 do TM; no entanto, somente com a utilização destas bandas, os resultados ficam limitados à detecção das áreas de *Scirpus cubensis*; para melhor separabilidade entre as áreas ocupadas diferentemente por plantas aquáticas, há necessidade de utilizar um conjunto maior de atributos espectrais.

REFERÊNCIAS

- ABDON, M.M.; MEYER, M. Differentiation on genus of aquatic macrophytes through remote sensing in the Tucuruí reservoir, Pará State, Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 24., 1991, Rio de Janeiro. *Proceedings...* Ann Arbor, MI: ERIM, 1992. v.1, p.311-322.
- ABDON, M.M.; MEYER, M. Variação temporal de áreas ocupadas por macrófitas aquáticas no reservatório de Tucuruí através de dados do satélite Landsat/TM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6., 1990, Manaus. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 1990. v.2, p.545-548.
- BRAGA, C.Z.F.; ABDON, M.M. Sensoriamento remoto aplicado a estudos de qualidade de água do mar em regiões costeiras; uma revisão bibliográfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE, 3., 1989, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1989. v.2, p.632-648.
- BRUM, P.A.R. de; SOUZA, J.C. de. Níveis de nutrientes minerais em lagoas ("baías" e "salinas") no Pantanal sul-mato-grossense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.20, n.12, p.1451-1454, dez. 1985.
- CAMPOS, Z.M.S. Fecundidade das fêmeas, sobrevivência dos ovos e razão sexual de filhotes recém-eclodidos de *Caiman crocodilus yacare* (Crocodylia, Alligatoridae) no Pantanal, Brasil. Manaus: INPA/FUA, 1991. 61p. Dissertação de Mestrado.
- CUNHA, J. Cobre do Jauru e lagoas alcalinas do Pantanal. Rio de Janeiro: DNPM, 1943. 54p. (Boletim do Departamento Nacional de Pesquisa Mineral, 6).
- MATHER, P.M. Computer processing of remotely-sensed images, an introduction. Suffolk: St. Edmundsbury Press Ltd., 1987. 352p.
- MOURÃO, G.M. Limnologia comparativa de três lagoas (duas "baías" e uma "salina") do Pantanal da Nhecolândia, MS. São Carlos: UFSCar, 1989. 135p. Dissertação de Mestrado.
- MOURÃO, G.M.; ISHII, I.H.; CAMPOS, Z.M.S. Alguns fatores limnológicos relacionados com a ictiofauna de baías e salinas do Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensis*, v.2, p.181-198, 1988.
- NOVO, E.M.L.M.; BRAGA, C.Z.F. Use of TM/Landsat data to estimate chlorophyll concentration and turbidity in the Barra Bonita Reservoir. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT 24., 1991, Rio de Janeiro. *Proceedings...* Ann Arbor, MI: ERIM, 1992. v.1, p.413-419.
- NOVO, E.M.L.M.; HANSON, J.D.; CURRAN, P.J. The effect of sediment type on the relationship between reflectance and suspended sediment concentration. *International Journal of Remote Sensing*, v.10, n.7, p.1283-1289, 1989.

- POTT, E.B.; BRUM, P.A.R. de; ALMEIDA, I.L. de; COMASTRI FILHO, J.A.; DYNIA, J.F. Nutrição mineral de bovinos de corte no Pantanal mato-grossense: I. Levantamento de macronutrientes na Nhecolândia (parte central). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n.9/10, p.1093-1109, set./out. 1987.
- POTT, V.J.; POTT, A.; RATTER, J.A.; VALLS, J.F.M. *Flora da Fazenda Nhumirim, Nhecolândia, Pantanal*; relação preliminar. Corumbá: Embrapa-CPAP, 1986a. 26p. (Embrapa-CPAP. Pesquisa em Andamento, 5).
- POTT, V.J.; REGO, S.C.A.; POTT, A. *Plantas uliginosas e aquáticas do Pantanal arenoso*. Corumbá: Embrapa-CPAP, 1986b. 12p. (Embrapa-CPAP. Pesquisa em Andamento, 6).
- POTT, V.J.; BUENO, N.C.; PEREIRA, R.A.C.; SALIS, S.M.DE; VIEIRA, N.L. Distribuição de macrófitas aquáticas numa lagoa na Fazenda Nhumirim, Nhecolândia, Pantanal, MS. *Acta Botanica Brasilica*, v.3, n.2, p.153-168, 1989.
- REID, J.W.; MORENO, I.H. The Copepoda (Crustacea) of the Southern Pantanal, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensis*. v.3, p.721-739, 1990.