

AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NDVI, SR E TVI NA DISCRIMINAÇÃO DE FITOFISIONOMIAS DOS AMBIENTES DO PANTANAL DE CÁCERES/MT

EVALUATION OF VEGETATION INDEXES NDVI, SR AND TVI IN THE DISCRIMINATION OF VEGETATION TYPES OF ENVIRONMENTS OF 'PANTANAL' IN CÁCERES, MATO GROSSO STATE

Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin¹ Sandra Mara Alves da Silva Neves² Carla Bernadete Madureira Cruz³ Ronaldo José Neves⁴ Paulo Henrique Hack de Jesus⁵ Jesã Pereira Kreitlow⁶

RESUMO

Este artigo faz uma comparação dos índices de vegetação *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Simple Ratio* (SR) e *Transformed Vegetation Index* (TVI), na discriminação das fitofisionomias de três ambientes do Pantanal de Cáceres, Mato Grosso, considerando a sazonalidade (períodos seco e úmido). As imagens utilizadas foram as do satélite Landsat TM 5, do ano de 2009 (período seco) e de 2010 (período úmido). As análises mostraram que o NDVI apresentou melhor desempenho em relação ao SR e TVI para os diferentes ambientes.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; SIG; processamento digital de imagens; Pantanal Mato-grossense.

ABSTRACT

This paper compares the performance of some vegetation indexes: *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Simple Ratio* (SR) e *Transformed Vegetation Index* (TVI), applied in seasonal periods to verify which one best fits to discriminate the vegetation types of environments of 'Pantanal' in Cáceres, Mato Grosso state, Brazil, in Landsat TM 5 image of 2009 in the dry period and 2010 in the humid period. Result verification of indexes images showed that NDVI provide a better performance than the SR and TVI indexes for different environments.

Keywords: remote sensing; SIG; image digital processing; Pantanal Mato-grossense.

1 Matemática, Dr^a., Professora da Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Barra do Bugres, Rua A, s/n, Cohab São Raimundo, CEP 78390-000, Barra do Bugres (MT), Brasil. galvanin@gmail.com

2 Geógrafa, Dr^a., Professora da Universidade do Estado de Mato Grosso, Laboratório de Geotecnologias, Campus de Cáceres, Av. Santos Dumont, Bairro DNER, Cidade Universitária, Bloco I, Sala 1, CEP 78200-000, Cáceres (MT), Brasil. ssneves@unemat.br

3 Engenheira Cartógrafa, Dr^a., Professora do Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Av. Brigadeiro Trompowski, s/n, CCMN, Bloco I, Sala I-012, Cidade Universitária, Caixa Postal 68537, CEP 21945-970, Ilha do Fundão (RJ), Brasil. carlamad@gmail.com

4 Geógrafo, Dr., Professor da Universidade do Estado de Mato Grosso, Laboratório de Geotecnologias, Campus de Cáceres, Av. Santos Dumont, Bairro DNER, Cidade Universitária, Bloco I, Sala 1, CEP 78200-000, Cáceres (MT), Brasil. rjneves@terra.com.br

5 Mestrando do programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campus Universitário Zeferino Vaz, Cidade Universitaria, CEP 13083-970, Campinas (SP), Brasil. ph_hack@hotmail.com

6 Mestrando do Programa de Pós Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, Universidade do Estado de Mato Grosso, Rod. MT 358, CEP 78300-000, Tangará da Serra (MT), Brasil. jesapk1@hotmail.com

INTRODUÇÃO

O Pantanal de Cáceres, como sub-região do Pantanal Mato-grossense, corresponde a uma extensa superfície de acumulação, de topografia bastante plana e frequentemente sujeita a inundações, cuja rede de drenagem é comandada pelo Rio Paraguai (BRASIL, 1982). Alvarenga et al. (1980); Brasil (1982); Alvarenga et al. (1984); Silva (1995); Hamilton et al. (1996); Calheiros e Oliveira (2010) expõem que as inundações da área decorrem mais do volume de água trazido pela rede de afluentes do Rio Paraguai, aliado à fraca declividade do terreno e tipo de solo, do que pela pluviosidade em si.

A vegetação natural predominante dessa região é a Savana (Cerrado) embora nas proximidades do rio Paraguai surjam Formações Pioneiras, que sofrem influência fluvial, e áreas de contato florístico do tipo ecótono, predominando a mistura das Formações Pioneiras com o Cerrado, devido ao alagamento sazonal. As áreas antropizadas referem-se aos locais onde houve a supressão da vegetação natural para a inserção de pastagens cultivadas (*Brachiaria humidicola*), que atinge apenas 5% da região (ABDON e SILVA, 2006). A Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e Decidual de Terras Baixas ocorrem nas áreas de acumulação inundáveis, principalmente ao longo da drenagem, acompanhando os rios Paraguai, Sepotuba, Cabaçal, Jauru e o córrego Padre Inácio, onde o clima é marcado por uma estação de seca acentuada e altas temperaturas. Na primeira formação vegetal, a decidualidade é apenas parcial nas espécies arbóreas mais altas (em que 20 a 50% das árvores perdem as folhas), embora a maioria apresente folhagem sempre verde; enquanto na segunda mais de 50% das árvores perdem folhas no período seco (BRASIL, 1982).

A Formação Pioneira refere-se às comunidades vegetais das planícies aluviais que refletem os efeitos das cheias dos rios nas épocas chuvosas ou, então, das depressões alagáveis todos os anos (VELOSO, 1991). Nestes terrenos aluviais, a quantidade e o tempo de permanência da água na área influenciam na variedade das comunidades vegetais. No Pantanal de Cáceres correspondem as áreas de deposição situada nas fazendas São Sebastião (16°42'42"S e 57°58'11"W) e Descalvados (16°43'59"S e 57°45'10"W), sendo essas áreas pedologicamente instáveis, devido ao contínuo aporte de material oriundo das deposições aluviais anuais do rio Paraguai.

As formações vegetais caracterizadas recobrem as formas de relevo do tipo Áreas de acumulação inundáveis (Aai), que correspondem às áreas planas com cobertura arenosa, periódica, ou permanentemente incorporadas à rede de drenagem, mas que não estão subordinadas diretamente à rede principal. As Aai podem ser classificadas segundo o grau de inundação em três ambientes: fracamente inundada (Aai 1 - não inundável) que são locais onde o alagamento ocorre na época das cheias médias ou extraordinárias; moderadamente inundada (Aai 2 - inundável), onde o alagamento é um pouco mais prolongado; e fortemente inundada (Aai 3 - inundada), onde o alagamento persiste praticamente o ano todo (BRASIL, 1997).

Diante desse cenário, surge a necessidade da avaliação de metodologias que possibilitem a discriminação de fitofisionomias dos diferentes ambientes do Pantanal de Cáceres/MT considerando a influência da sazonalidade. Neste contexto, destacam-se os índices de vegetação que, de acordo com Souza e Ponzoni (1996), baseiam-se no fato da vegetação possuir uma resposta característica nas regiões do espectro eletromagnético relativas ao vermelho e ao infravermelho próximo, diferenciando-a de outros alvos terrestres. Matematicamente, os índices são razões entre bandas, i.e., são o resultado de uma operação aritmética, onde os níveis de cinza ou os valores de reflectância de duas ou mais bandas, referentes à mesma cena, são divididos para formar uma nova matriz.

Dentre os índices mais citados na bibliografia brasileira está o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*), utilizado para avaliação das mudanças do vigor vegetativo das plantas objetivando a correlação com outros parâmetros como o índice de área foliar, a biomassa ou a produtividade da vegetação. No contexto do bioma Pantanal, diversos trabalhos utilizando o NDVI como forma de análise podem ser destacados: Shimabukuro et al. (1998); Padovani et al. (2004); Giraldelli e Paranhos Filho (2006); Antunes e Esquerdo (2006); Bonetti e Galvanin (2009) e Viana e Alvalá (2011). O índice de vegetação da Simple Razão (SR - *Simple Ratio*) é um índice baseado na razão entre uma banda, onde os valores dos dados crescem com o aumento da vegetação (infravermelho próximo) e outra banda, na qual os valores decrescem com o aumento da vegetação (vermelho), produzindo um parâmetro que é altamente sensível à presença de vegetação.

O *Transformed Vegetation Index* (TVI) é um índice utilizado em cenas onde a densidade da vegetação é baixa e a diferença normalizada pode resultar em valores negativos. É baseado no próprio NDVI, descrito anteriormente (ROUSE et al., 1973, entre outros).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho dos índices de vegetação NDVI, SR e TVI na discriminação das fitofisionomias da vegetação do Pantanal de Cáceres/MT, considerando a influência da sazonalidade (períodos seco e úmido).

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O Pantanal de Cáceres (Figura 1) é uma das sub-regiões do Pantanal Mato-grossense, que corresponde a aproximadamente 9,01% de sua área (SILVA e ABDON, 1998), ocupando 50,87% da área territorial do município de Cáceres, localizado em Mato Grosso. Estende-se desde a fazenda Barra do

Ixu (15°45'10"S e 57°31'37"W), na margem direita do rio Paraguai, no município de Cáceres, até a ilha do Caracará, no município de Corumbá/MS, no sentido norte-sul; limita-se a oeste com a República da Bolívia e, a leste, com o Pantanal de Poconé, no município de Poconé. A área total do Pantanal de Cáceres é de 12.412,56 km², onde 12.371,00 km² (99,66%) estão situados no município de Cáceres, 4,48 km² (0,04%) no município de Curvelândia e 37,08 km² (0,3%) no município de Lambari D'Oeste (NEVES, 2006).

Tratamento das imagens orbitais

Foram selecionadas, a partir da análise dos dados de precipitação realizada por Neves (2006), quatro imagens Landsat 5 que recobrem o Pantanal de Cáceres, órbitas/ponto 227/71, 227/72, 228/71 e 228/72, cujas datas são representativas dos meses do período seco (maio-outubro, sendo julho o mês que apresenta menor total pluviométrico) e chuvoso (novembro a abril, quando ocorrem 76% do total anual de chuvas, sendo janeiro

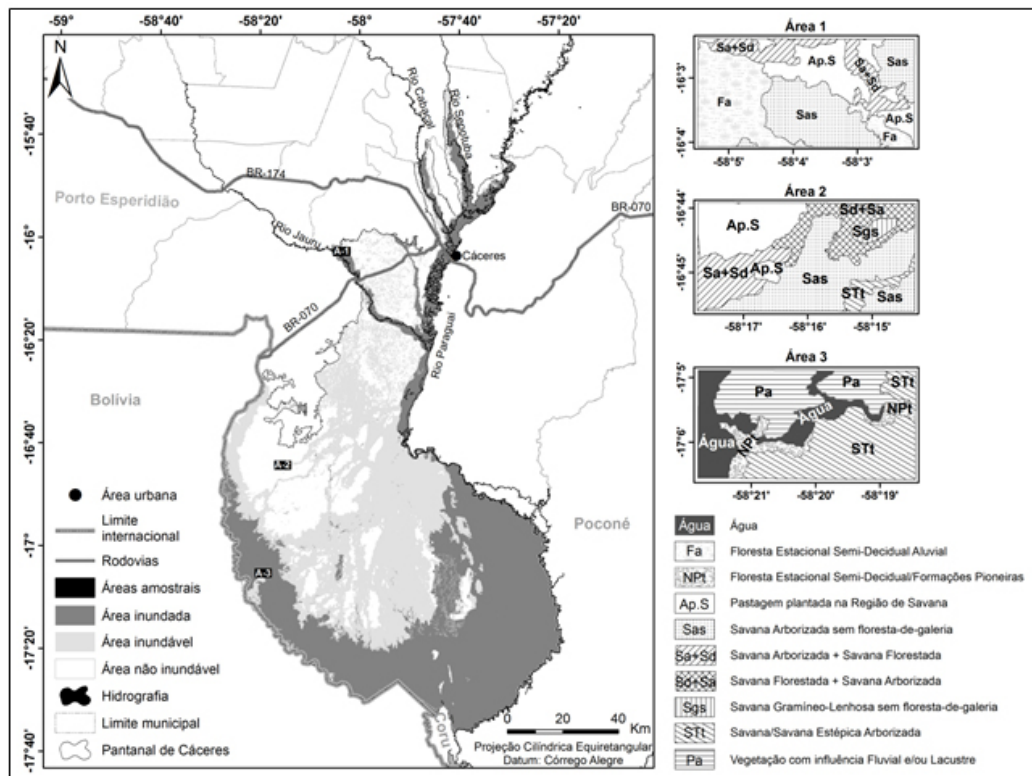


FIGURA 1: Localização do Pantanal de Cáceres, MT. Elaboração: LabGeo Unemat, 2011. (Fonte das Bases cartográficas da vegetação das áreas amostrais: SILVA, 2007).

FIGURE 1: Location of Pantanal in Cáceres, MT. Prepared by: LabGeo Unemat, 2011. (Source of Cartographic basis of vegetation sampling areas: SILVA, 2007).

o mês mais chuvoso). As três áreas amostrais selecionadas representam as fitofisionomias de maior ocorrência por ambiente do Pantanal de Cáceres, que correspondem aos ambientes: não inundáveis (Aai 1), inundáveis (Aai 2) e inundados (Aai 3) considerando a sazonalidade (períodos seco e úmido). Não foi possível a obtenção de imagens do pico do período seco e chuvoso, pois janeiro apresentou alta incidência de nuvens e para julho não havia imagens disponíveis no catálogo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Nesse sentido, foram trabalhadas as imagens datadas de 04/08/2009 (228/71 e 72) e 30/09/2009 (227/71 e 72) relativas ao período seco, e as de 30/04/2009 (228/71 e 72) e 09/05/2009 (227/71 e 72) pertinentes ao período chuvoso.

O registro das imagens foi realizado no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING) do INPE. As referências cartográficas do banco de dados criado foram: Projeção Universal Transversa de Mercator, Fuso 21, Meridiano Central (MC): -57° oeste, Datum SAD-69. Para o georreferenciamento das cenas foram utilizados nove pontos de controle (PC) obtidos em campo através de Sistema de Posicionamento Global - GPS de navegação. Foi aplicada uma transformação polinomial de segundo grau, ou quadrática, com reamostragem por vizinho mais próximo para a correção geométrica das imagens. O erro máximo aceitável foi de um *pixel*, que representa trinta metros no terreno, dada a resolução espacial das imagens. A seleção de amostras representativas de cada classe foi baseada em observações efetuadas em campo, conhecimentos prévios do intérprete e a leitura de padrões de reconhecimento na imagem, como tonalidade, forma, localização e contexto.

As imagens NDVI foram geradas através de programas computacionais implementados em linguagem de programação Java, através do *software* NetBeans. Os índices analisados são quantidades obtidas através da razão, diferença ou qualquer outra transformação espectral de dados. A seguir são ilustrados os índices com suas respectivas fórmulas:

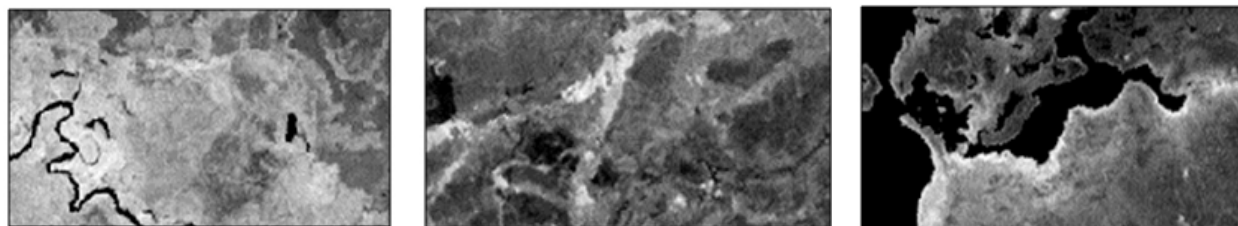
$$NDVI = \frac{B4 - B3}{B4 + B3}, \quad SR = \frac{B4}{B3}, \quad TVI = \sqrt{NDVI + 0,5}$$

Em que: B4 é a banda do infravermelho próximo; B3 é a banda do vermelho.

Para a determinação das diferenças entre os índices de vegetação, foi realizada uma comparação das diferenças entre os dois períodos para todos os índices, por classe/ambiente. E, uma última análise comparando o que cada índice pode discriminar em cada período.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

São apresentadas, na sequência, as imagens NDVI obtidas para cada área e período escolhido, os *scatterplots*, as análises e discussão. As figuras 2 e 3 mostram os resultados da aplicação do NDVI nos três ambientes estudados, nos períodos seco e úmido, respectivamente. A análise a seguir tem como objetivo verificar o quanto cada índice pode discriminar as fitofisionomias dos ambientes analisados em cada período sazonal. Para este fim, fez-se um *scatterplot* do índice de vegetação. A figura 4 ilustra o gráfico dos valores do NDVI para os períodos seco e úmido, das imagens contidas nas figuras 2 e 3, respectivamente.



Área 1 – Aai 1

Área 2 - Aai 2

Área 3 – Aai 3

FIGURA 2: Imagens NDVI das áreas amostrais 1, 2 e 3 em ambientes não inundável, inundável e inundado, no período seco.

FIGURE 2: NDVI images of sampling areas 1, 2 and 3 in non-flooded, flood and flooded environments in the dry period.

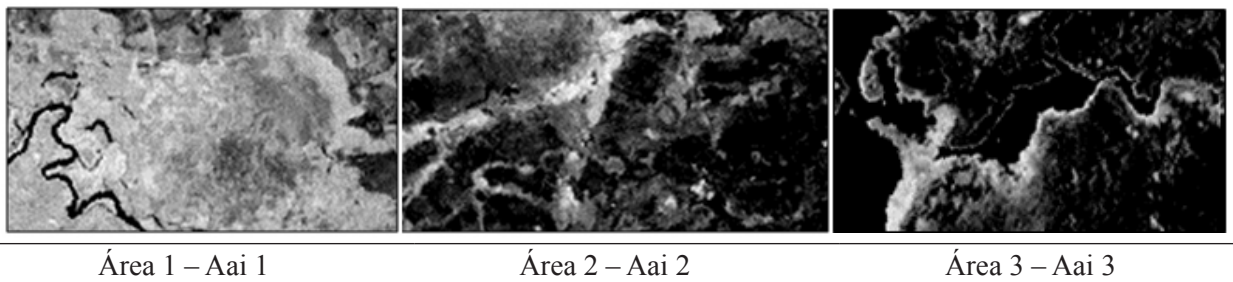


FIGURA 3: Imagens NDVI das áreas amostrais 1, 2 e 3 em ambientes não inundável, inundável e inundado, no período úmido.

FIGURE 3: NDVI images of sampling areas 1, 2 and 3 in non-flooded, flood and flooded environments in the humid period.

Na Figura 4 pode-se observar que a área vegetada em ambiente não inundável apresentou valores elevados de NDVI nos períodos seco e úmido. Analisando-se os resultados da Figura 4 verifica-se que as amostras apresentam diferenças, considerando as fitofisionomias das áreas amostrais também variadas.

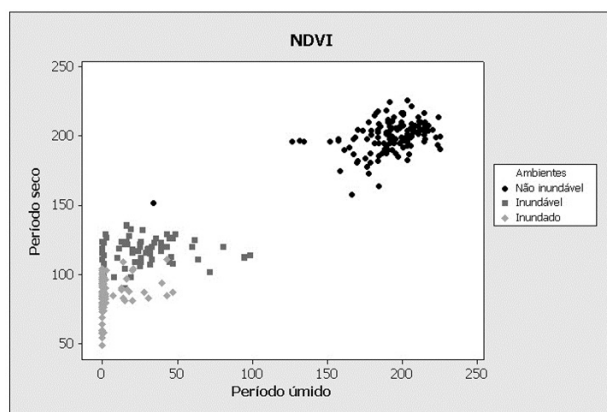


FIGURA 4: Scatterplot dos valores do NDVI dos três ambientes analisados, nos períodos seco e úmido.

FIGURE 4: Scatterplot of NDVI values of three environments evaluated in the dry and humid periods.

Em ambiente não inundável (área 1) observa-se a presença de pastagem plantada na região de Savana, Floresta estacional semidecidual aluvial, Savana arborizada associada à Savana florestada e Savana arborizada sem floresta de galeria. Em ambientes inundáveis (área 2) podem-se verificar valores maiores de NDVI para o período seco, quando a vegetação não está coberta pela água e valores menores para o período úmido, época em que parte da vegetação está coberta pela água, considerando que esta área é caracterizada pela Savana florestada com a presença de Savana arborizada, Savana arborizada sem floresta de galeria, pastagem plantada na região de Savana entre outras. E, em ambiente inundado (área 3), existe a presença de Floresta estacional semidecidual, Vegetação com influência fluvial, Savana/Savana estépica arborizada, essas áreas apresentaram valores baixos de NDVI nos dois períodos sazonais.

As Figuras 5 e 6 mostram os resultados da aplicação do SR nos três ambientes estudados nos períodos seco e úmido, respectivamente.

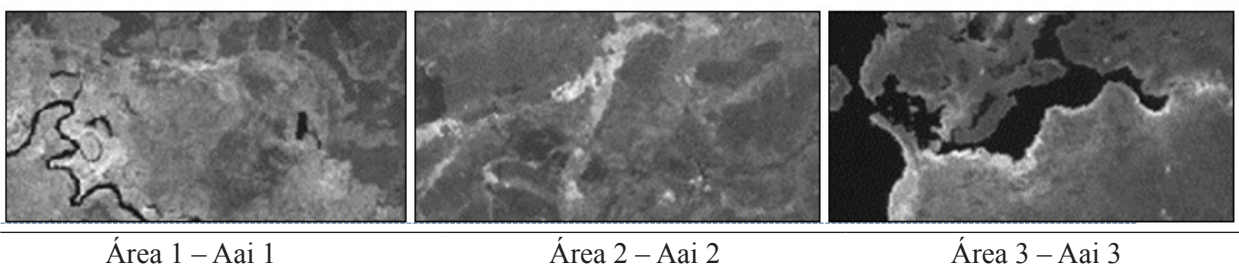


FIGURA 5: Imagens SR das áreas amostrais 1, 2 e 3 em ambientes não inundável, inundável e inundado, no período seco.

FIGURE 5: SR images of sampling areas 1, 2 and 3 in non-flooded, flood and flooded environments in the dry period.

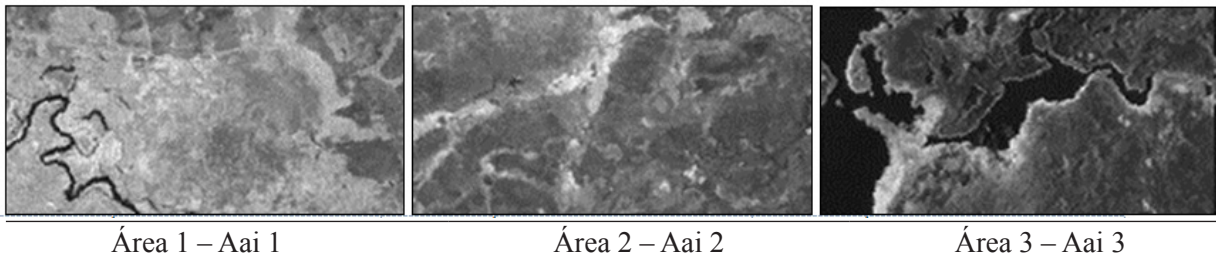


FIGURA 6: Imagens SR das áreas amostrais 1, 2 e 3 em ambientes não inundável, inundável e inundado, no período úmido.

FIGURE 6: SR images of sampling areas 1, 2 and 3 in non-flooded, flood and flooded environments in the humid period.

A Figura 7 ilustra o *scatterplot* dos valores do SR das imagens relativas às Figuras 5 e 6, para os períodos seco e úmido, respectivamente.

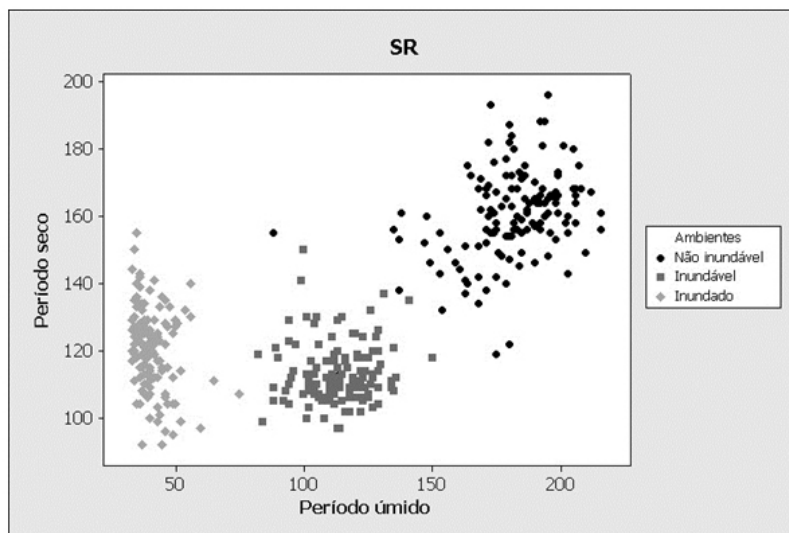


FIGURA 7: *Scatterplot* dos valores do SR dos três ambientes analisados, nos períodos seco e úmido.

FIGURE 7: Scatterplot of SR values of three environments evaluated in the dry and humid periods.

As Figuras 8 e 9 mostram os resultados da aplicação do TVI nos três ambientes estudados, nos períodos seco e úmido, respectivamente.

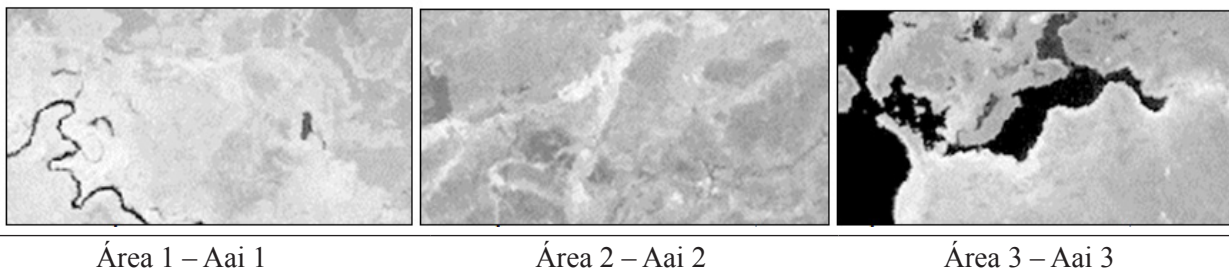


FIGURA 8: Imagens TVI das áreas amostrais 1, 2 e 3 em ambientes não inundável, inundável e inundado no período seco.

FIGURE 8: TVI images of sampling areas 1, 2 and 3 in non-flooded, flood and flooded environments in the dry period.

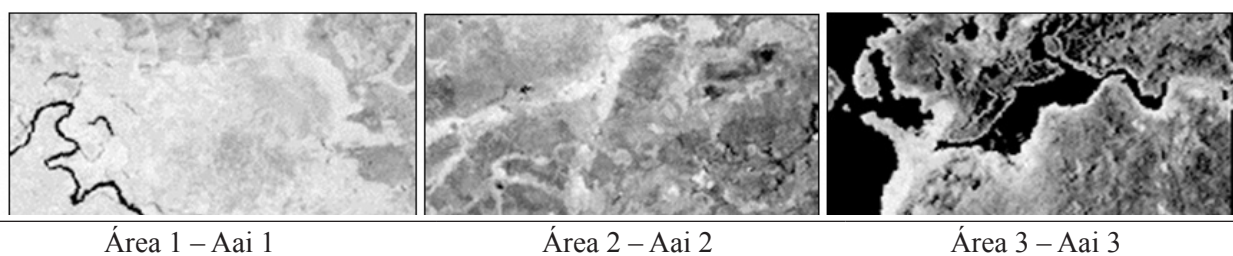


FIGURA 9: Imagens TVI das áreas amostrais 1, 2 e 3 em ambientes não inundável, inundável e inundado no período úmido.

FIGURE 9: TVI images of sampling areas 1, 2 and 3 in non-flooded, flood and flooded environments in the humid period.

A Figura 10 ilustra o *scatterplot* dos valores do TVI para os períodos seco e úmido dos ambientes analisados nas Figuras 8 e 9, respectivamente.

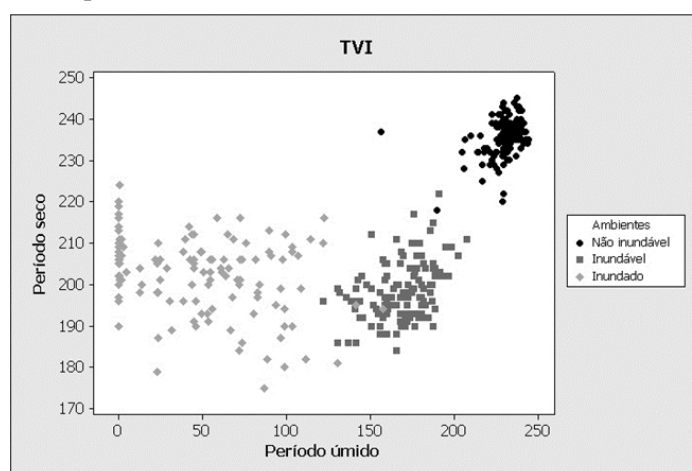


FIGURA 10: *Scatterplot* dos valores de TVI dos três ambientes analisados nos períodos seco e úmido.

FIGURE 10: Scatterplot of TVI values of three environments evaluated in the dry and humid periods.

O índice SR evidencia uma razoável discriminação entre os três ambientes no período úmido, enquanto no período seco a mistura é mais acentuada. Logo, observa-se um baixo poder de discriminação por parte desse índice para as fitofisionomias dos ambientes analisados. De acordo com a Figura 7, o ambiente inundável apresenta valores maiores de reflectância para o período úmido e menores para o período seco, o que dificulta a análise, não corroborando com o resultado esperado para este índice. Ressalta-se que as áreas não inundáveis são um pouco mais heterogêneas nos dois períodos analisados.

Analisando-se a Figura 10 observa-se, da mesma forma que o índice TVI, um comportamento similar. Igualmente, a área inundável apresenta valores maiores de reflectância em relação às áreas inundadas no período úmido. Pode-se verificar

também que ambos os valores do índice para os ambientes inundável e inundado são similares em relação ao período seco o que dificulta a discriminação. Entretanto, no ambiente inundado este índice apresentou um bom desempenho, conforme previsto na sua concepção teórica.

Através dos gráficos de cada índice observou-se que o índice SR forneceu uma razoável discriminação entre os três ambientes no período úmido, no entanto, no período seco a mistura entre os ambientes inundável e inundado é mais acentuada, logo, observa-se um poder de discriminação menor desse índice em relação ao NDVI para as fitofisionomias dos ambientes analisados. O NDVI e o TVI apresentaram os maiores valores para o ambiente não inundável nos dois períodos analisados. O NDVI forneceu valores menores para os ambientes inundável e inundado nos períodos

seco e úmido. Esses resultados corroboram com os dados encontrados por Viana e Alvalá (2011) onde, de forma geral, o NDVI apresentou os maiores valores em ambas as estações e mostrou uma baixa amplitude na estação chuvosa.

Em relação ao poder de discriminação das fitofisionomias para os três ambientes analisados, em relação aos períodos seco e úmido, pode-se verificar que o NDVI oferece uma discriminação considerável em relação aos períodos sazonais e os diferentes tipos de cobertura do ambiente analisado. Shimabukuro et al. (1998) obtiveram resultados que sugerem que a imagem NDVI é menos sensível às mudanças da cobertura vegetal em ambientes complexos como o Pantanal.

Dessa forma, uma metodologia proposta com o NDVI possibilita rapidez e considerável eficiência na discriminação dos ambientes de maior ocorrência no Pantanal de Cáceres em relação aos mapeamentos convencionais que, apesar de propiciarem acurácia e confiabilidade, demandam tempo, fazendo com que uma frequência maior de revisão dessas informações torne-se muito dispendiosa e, às vezes, economicamente inviável.

CONCLUSÕES

Comparando-se os resultados obtidos através da aplicação dos três índices de vegetação para a região pantaneira de Cáceres/MT, observa-se que o NDVI apresentou maior poder de discriminação das fitofisionomias dos diferentes ambientes analisados, quando comparados aos resultados obtidos pelos índices SR e TVI, principalmente quando se busca diferenciá-los em períodos sazonais. Os resultados obtidos reforçam a importância da utilização da metodologia na distinção de alvos e, conseqüentemente, na avaliação do comportamento da vegetação da região Pantaneira brasileira.

AGRADECIMENTOS

Artigo desenvolvido no âmbito dos projetos de pesquisa: Modelagem de indicadores ambientais para a definição de áreas prioritárias e estratégicas à recuperação de áreas degradadas da região sudoeste de Mato Grosso/MT, integrantes da Rede ASA - Rede de estudos sociais, ambientais e de tecnologias para o sistema produtivo na região sudoeste de Mato Grosso, financiada pelo CNPq via Edital 031/2010; Reconhecimento de talhões de culturas cana-de-açúcar usando imagens digitais do

CCD-CBERS – 2, *markov random field* e *simulated annealing*, financiado pela Fapemat via Edital Universal 006/2010.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDON, M. M.; SILVA, J. V. S. **Fisionomia da vegetação nas sub-regiões do Pantanal Brasileiro**. São José dos Campos: INPE; Campinas/SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2006.
- ALVARENGA, S. M. et al. **Levantamento preliminar de dados para o controle das enchentes da Bacia do Alto Paraguai**. Goiânia: Projeto Radambrasil, 1980. 44p. (Relatório interno Radambrasil, 31-GM).
- ALVARENGA, S. M. et al. Estudo geomorfológico aplicado à Bacia do Alto Paraguai e Pantanaís Mato-grossense. Salvador: Projeto Radambrasil. **Boletim Técnico**. Série Geomorfologia, p. 89-183, 1984.
- ANTUNES, J. F. G.; ESQUERDO, J. C. D. M. Geração automática de produtos derivados de imagens AVHRR-NOAA para monitoramento de áreas inundáveis do Pantanal. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1., 2006, Campo Grande. **Anais...** Artigos, p. 28-37. CD-ROM.
- BONETTI, S. A.; GALVANIN, E. A. S. Estudo das imagens CBERS e sua viabilidade para uso na detecção da degradação da mata ciliar da bacia hidrográfica do alto Paraguai Superior. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2., 2009, Corumbá. **Anais...** Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009, p.730-737.
- RADAMBRASIL. **Folha SE 21 Corumbá e parte da folha SE. 20**; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. 452p. (Levantamento de Recursos Naturais, 27).
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai – PCBAP (Projeto Pantanal). **Diagnóstico dos meios físico e biótico**: meio físico. Brasília: PNMA, v. 2, t. 1, 1997. p. 283 – 300.
- CALHEIROS, D. F.; OLIVEIRA, M. D. O Rio Paraguai e sua planície de inundação: o Pantanal Mato-grossense. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, n. 41, p. 113-130, 2010.
- GIRALDELLI, G. R.; PARANHOS FILHO, A. C. Relação entre as variáveis estruturais do habitat e o índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) em três tipos de habitat de cerrado na

- fazenda Diamante, Coxim, MS. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1. (GEOPANTANAL), 2006, Campo Grande. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2006. p. 341-350.
- HAMILTON, S. K.; SIPPEL, S. J.; MELACK, J. M. Inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. **Archiv fur Hydrobiologie**, Stuttgart, v.137, p. 1-23, jul., 1996.
- NEVES, S. M. A. S. **Modelagem de um banco de dados geográficos do Pantanal de Cáceres/MT: estudo aplicado ao turismo**. 2006. 284 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- PADOVANI, C. R. et al. Flood Monitoring in the Pantanal Wetland. In: Cardoso, M.; Browne, D.; Carbonell, M. (Orgs.). **Upper Paraguay River Basin GIS Database - Expanding the Pilot Project**. Memphis, 2004. p. 95-97.
- ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. **Proceedings...** Washington: NASA, v.1, p.309-317, 1973.
- SHIMABUKURO, Y. E.; NOVO, E. M. L. M.; PONZONI, F. J. Índice de vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília: Ministério da Agricultura, v. 33, 1998. p. 1729 – 1737.
- SILVA, J. S. V. Elementos fisiográficos para a delimitação do ecossistema Pantanal: discussão e proposta. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v.1, p. 439-458, 1995.
- SILVA, J. S. V. Relatório Final do PROBIO: Levantamento e mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do Bioma Pantanal, período de 2002 na escala de 1:250.000. Campinas/SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2007, 47 p. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm>. Acessado em: 27/10/2010.
- SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, 1998. p. 1703-1711.
- SOUSA, C. L.; PONZONI, F. J. Considerações sobre transformação de dados orbitais para estimativas do Índice de Área Foliar (IAF). In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996. **Anais...** 1996.
- VELOSO, H. P. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 125 p.
- VIANA, D. R.; ALVALÁ, R. C. S. Vegetation Index Performance For The Pantanal Region During Both Dry And Rainy Seasons. **GEOGRAFIA**, Rio Claro, v. 36, p. 143-158, jun., 2011.