

Análise de três métodos para classificação de agricultura temporária em larga escala no estado do Mato Grosso do Sul.

Renan Pfister Maçorano^{1,2}

Luiz Eduardo Vicente²

Daniel de Castro Victoria²

Carolina Lobello Lorensini^{2,3}

Daniel Gomes dos Santos Wendriner Loebmann²

¹Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Cidade Universitária Zeferino Vaz, CEP: 13083-970 - Campinas, SP – Brasil

renanpfister@gmail.com

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA/CNPQ

Av. Soldado Passarinho, 303 - 13070-115 - Campinas - SP, Brasil

{luiz.vicente, daniel.victoria, daniel.gomes}@embrapa.br

³ Pontifícia Universidade Católica de Campinas – PUC

Rodovia D. Pedro I, km 136 - 13086-900 - Campinas - SP, Brasil

lorensini.carolina@gmail.com

Abstract

The production of soybean in the state of Mato Grosso do Sul is increasing, and this includes increases in the crop planted areas. According to IBGE data, for the agriculture year of 2012 the planted area was 1.814.136 hectares. The use of geotechnologies, like remote sensing, shows the importance of this tool for agricultural management and in the governmental decision making process. It can also help agricultural producers and associations, identifying production areas, evaluate current conditions when compared to past events and even aid in production forecast. For this work, three methods for large scale classification of agricultural areas were evaluated. All methods are based on the use of a time series of vegetation index images from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). Crop masks for the year 2012 were created by using: a semi-automatic approach based on amplitude images extracted from a Fourier transform, Crop Enhanced Index (CEI) classification and Spectral Angle Mapper (SAM) classification. For the validation of the crop masks, the mapped municipal planted area was compared to official crop statistics at the municipal level from the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). The results shows that SAM is the most indicated method for an efficient and dynamic classification of the crop planted area.

Palavras-chave CEI, SAM, amplitude, soybean, Mato Grosso do Sul, NDVI.

1. Introdução

Segundo dados de IBGE (2012) o estado do Mato Grosso do Sul era o quinto maior produtor de soja em grãos em toneladas do Brasil em 2012, com uma área plantada de 1.814.136 hectares. A produção do estado vem se destacando principalmente em culturas temporárias como a soja e o milho. O monitoramento de safras com base em sensoriamento remoto é essencial visto que promove a obtenção de informações valiosas que irão abranger as mais diversas atividades agrícolas e consequentemente a distribuição espacial e as estratégias de gestão através das respostas espectrais dos alvos (VICENTE et al., 2012).

Tomadas de decisões a partir de ferramentas de monitoramento a respeito das safras por parte do governo e de setores produtivos são extremamente necessárias (RIZZI et al., 2009). O uso de sensores multiespectrais e da gama de possibilidades do sensoriamento remoto garantem melhor gestão e aferição da produção.

Dentre um dos recursos utilizando em sensoriamento remoto conta-se com a variação temporal de índices de vegetação, processo utilizado por muitos autores para a identificação de áreas de culturas agrícolas baseado em múltiplas técnicas como as transformações de Fourier (JAKUBAUSKAS et al., 2002; VICTORIA et al., 2012), superfícies espectro temporais (RUDORFF et al., 2007), filtragens wavelet e árvores de decisão (GALFORD et al., 2008; MORTON et al., 2006) entre outras.

Esse trabalho tem como objetivo avaliar o uso de três métodos de classificação diferentes: semiautomático em imagens de amplitude, *Crop Enhanced Index* (CEI) e *Spectral Angle Mapper* (SAM); para o mapeamento de cultura temporária no estado do Mato Grosso do Sul utilizando imagens MODIS e validar os resultados com os dados fornecidos pelo PAM/IBGE.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

A unidade da federação do Mato Grosso do Sul (figura 1) está localizada na região Centro-Oeste do Brasil e possui uma área de 357.124,96 km² das quais 89.318 km² estão no bioma Pantanal. Sua população de acordo com o censo de 2010 é de 2.449.024 habitantes. Tem um regime pluviométrico de 1500 milímetros ao ano e predominância do clima tropical, com verão chuvoso e inverno seco. (MATO GROSSO DO SUL, 2014).

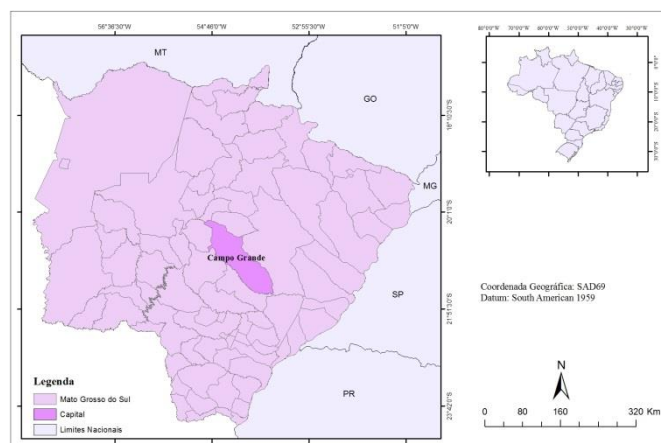


Figura 1. Área de estudo. Fonte: elaboração própria.

2.2 Metodologia

Foram adotados três métodos para a classificação em larga escala de agricultura temporária no estado do Mato Grosso do Sul. As áreas menores de 90 hectares das máscaras agrícolas foram removidas para os três métodos empregados.

Devido à alta resolução temporal com tempo de revisita diário em algumas localizações, a facilidade de aquisição de cenas não comprometidas com nuvens e a

possibilidade de escolher quais produtos serão necessários foi determinado o uso do sensor MODIS, cujas imagens podem ser encontradas no portal *Reverb/ECHO* da NASA. Para o estudo optou-se pelo produto MOD13Q1 por conter índices de vegetação como o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e o *Enhanced Vegetation Index* (EVI) (LATORRE et al., 2007), disponibilizados na forma de composições temporais de 16 dias, no total de 23 imagens de NDVI, referentes ao ano safra 2012 do Mato Grosso do Sul.

2.2.1 Classificação semiautomática

As imagens tiveram seus valores normalizados em nível baixo igual a 0 e em nível alto igual a 1000, são valores sem grandeza escalar e que facilitam a distinção entre as classes na imagem. Um filtro para remover os valores mínimos locais também foi aplicado, assim reduzem-se os pontos discordantes da série temporal causados por interferências de nuvens. Houve uma análise de transformada de Fourier, assim a informação relacionada ao dado temporal foi convertida em frequência e assim gerou as imagens de amplitude 1, 2 e 3 referentes a um ano, um semestre e um trimestre, caso a série temporal utilizada seja a de um ano. De acordo com Victoria et al. (2009) a transformada de Fourier modifica a série temporal em frequência pois ocorre a conversão de todos os componentes harmônicos. O primeiro componente representará a variação de um período que assume todo o intervalo de tempo da série temporal (T), a segunda e a terceira componentes corresponderão a variação da série em T/2 e T3. Para as imagens de amplitude foi realizada uma classificação não supervisionada com 10 classes. As amplitudes propiciaram a identificação pelas diferenças de NDVI ao longo do tempo e assim reconhecer quais se relacionavam com áreas de agricultura temporária. Para melhor ajuste, pixels não condizentes foram eliminados através de identificação visual do uso da terra e das séries temporais com índices de vegetação. Conferiu o nome a esse método de semiautomático, também reconhecido pela nomenclatura de “classificação híbrida” descrita por Venturieri e Santos (1998) com um funcionamento que combina os conhecimentos temáticos e específicos do analista com a classificação não supervisionada das amostras a serem investigadas.

2.2.2 Crop Enhanced Index (CEI)

Outro método aplicado foi o *Crop Enhanced Index* (CEI), já exposto por Rizzi et al. (2009) como um procedimento que emprega o menor e maior valor de EVI (no caso deste trabalho NDVI) constatados respectivamente ao longo da época de plantio e de colheita do cultivo. Valores baixos de EVI revelam solo exposto, enquanto valores altos estão ligados com período de maior biomassa da vegetação (RIZZI et al., 2009).

O CEI pode ser obtido por meio do cálculo da seguinte equação:

$$CEI = \frac{100 * (MaxEVI + 100) - (MinEVI + 100)}{(MaxEVI + 100) + (MinEVI + 100)} \quad (1)$$

Na qual MaxEVI e MinEVI são os valores máximo e mínimo do EVI no ciclo fenológico estudado.

A análise de grandes áreas de agricultura temporária realizada pela imagem MODIS, estabeleceu por meio variação temporal de NDVI os membros com menor e maior valor deste. A imagem tem sua composição da série temporal no dia 193 (referente a 10 de Julho de 2012) e assim deduziu-se as datas das bandas. O menor valor

está na banda 6 que que data 29 de Setembro de 2012 enquanto o maior valor está na banda 11 com data de 18 de Dezembro de 2012. Para evitar a exclusão de locais em que o plantio foi realizado em datas diferentes, incluímos também as áreas em que o mínimo valor de NDVI ocorreu entre as datas de 28/08/2012 e 31/10/2012 e o valor máximo ocorreu entre as datas de 16/11/2012 e 19/01/2013. O valor encontrado para a área agrícola por meio do CEI está no intervalo entre o valor CEI mínimo de 40 e máximo de 80 e com isso foi criado a máscara de acordo com os valores da região de interesse.

2.2.3 Spectral Angle Mapper

O terceiro método aplicado foi o *Spectral Angle Mapper* (SAM), o qual é tradicionalmente utilizado no processamento de imagens hiperespectrais (KRUSE et al, 1993), onde os valores de pixels da imagem sob teste (t) e valores de amostras dos alvos sob investigação (e) (membros extremos, do inglês - *endmembers*) são convertidos em vetores, com n =número de bandas, e i sendo o valor individual de cada banda (Equação 2). Dessa forma, quanto maior ângulo (α) entre pixels e membros extremos, menor sua similaridade e vice-versa. Considerando a capacidade desse algoritmo de tratar centenas de bandas espectrais, Vicente et al. (2012) obteve bons resultados no mapeamento de cana-de-açúcar quando do tratamento de bandas espectrotemporais utilizando o sensor *SpotVegetation*.

$$\theta = \text{Cos}^{-1} \left[\frac{\sum_{i=1}^n t_i e_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n t_i^2 \sum_{i=1}^n e_i^2}} \right] \quad (2)$$

Foram selecionados 50 alvos para as seguintes classes de membros extremos: água, urbano, agricultura temporária, silvicultura e floresta. Para pasto e solo exposto, devido a complexidade de identificação dos mesmos na imagem MODIS, foi passível de coleta um número inferior a 50 de cada amostra.

Os alvos foram combinados com a imagem flat referente ao ano de colheita de 2012. Esse arquivo contém todas as imagens do ano empilhadas. Eles proporcionaram a definição de áreas de controle e foram selecionados pelo SAM. Não se utilizou de qualquer valor para o ângulo máximo e obtiveram-se como resultados duas imagens, sendo uma delas a classificação e a segunda a que contém as regras de cada classe (imagem regra, do inglês *rule images*) em radianos (α). A partir da primeira imagem, definiu-se a classe de interesse para o estudo e criou-se a máscara agrícola.

3. Resultados e Discussão

Os resultados foram comparados com a área de soja plantada no estado do Mato Grosso para o ano de 2012. Estudos preliminares revelaram que as maiores culturas produzidas pelo estado são o milho e a soja. Para conferência com o número de área colhida de milho com os métodos, admitiram-se os dados de primeira safra, que são

plantados em conjunto com a soja, no entanto o número total de milho primeira safra apresentou pouca significância por isso optou-se pela validação apenas com a soja.

Os dados do IBGE exibem maior número para a produção de soja que milho de primeira safra, por isso nesse trabalho adotou-se o cotejo com a soja.

Os métodos geraram as 3 mascaras agrícolas que podem ser observados nas figura 2, 3, 4. A figura 5 revela a concentração de áreas plantadas de soja por municípios em hectares. As máscaras agrícolas tiveram sua área calculada em hectares e assim foi viável a validação com os dados disponibilizados pelo IBGE sobre a produção agrícola municipal. Os gráficos de dispersão para os métodos são vistos na figura 6, 7 e 8 e mostram coeficientes de regressão linear (r^2) satisfatórios: 0,8958 para semiautomática, 0,6371 para o CEI e 0,9609 para o SAM.

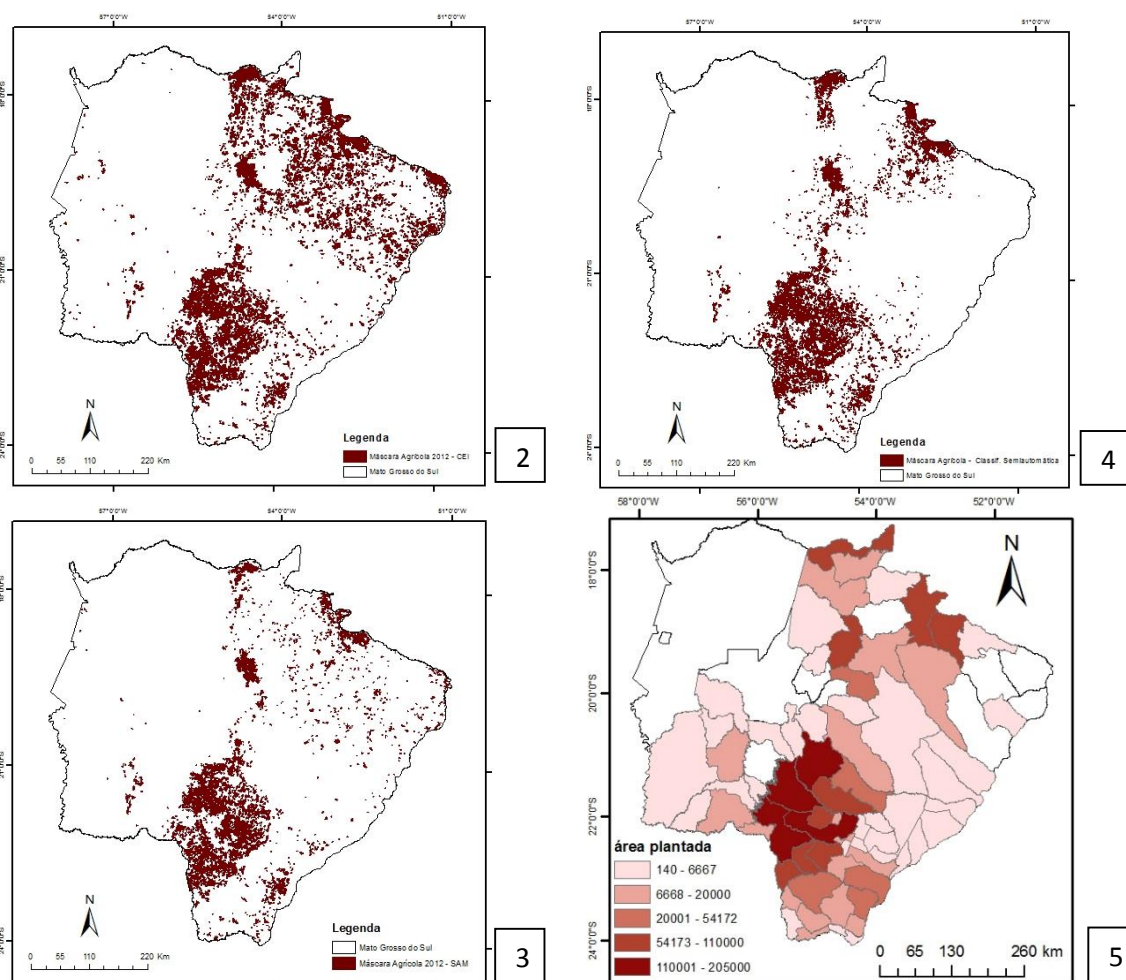


Figura 2. Máscara agrícola gerada a partir do método CEI. Figura 3. Máscara agrícola gerada a partir do método SAM. Figura 4. Máscara agrícola gerada a partir do método semiautomático. Figura 5. Área plantada de soja por municípios (ha). Fonte: SOMABRASIL

A comparação entre as áreas totais das 3 máscaras com o total de área plantada de soja informada pelo IBGE é evidenciada no gráfico da Figura 9. A área total de soja plantada pelo IBGE (2012) foi de 1.814.136 ha, e a classificação semiautomática resultou na identificação de uma área total de 1856013,09074 ha, enquanto o CEI identificou 2254776,642 ha e 1525872,81 ha para o SAM de agricultura de rápido desenvolvimento e senescência.

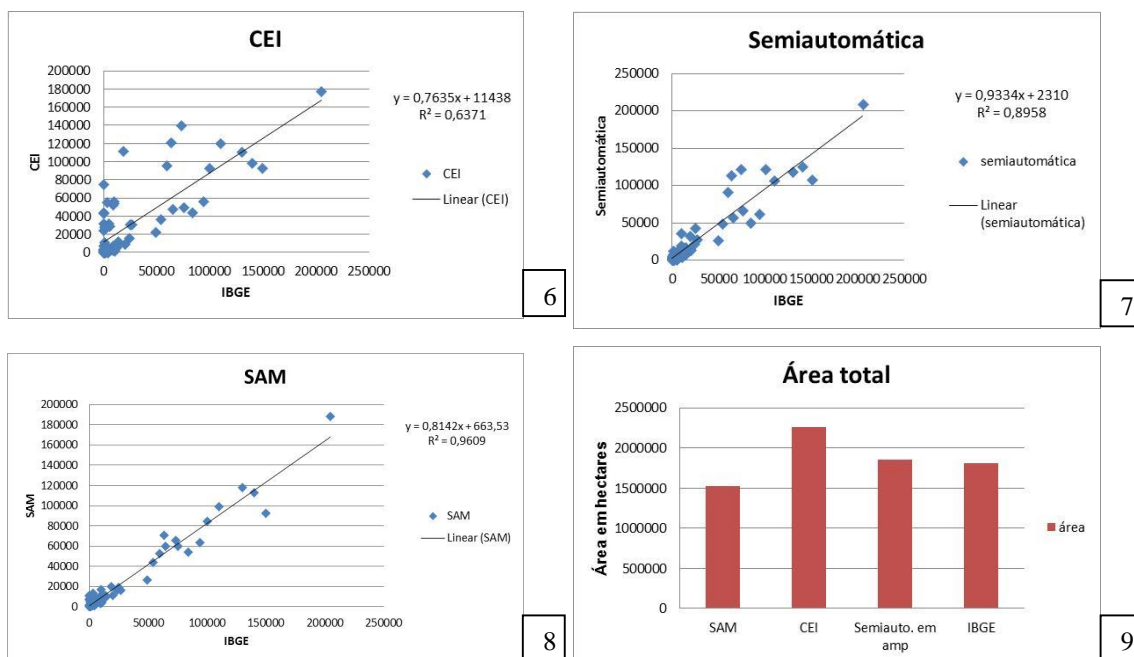


Figura 6. Relação entre dados de área plantada de soja pelo IBGE (ha) e área plantada obtida por método CEI (ha). Figura 7. Relação entre dados de área plantada de soja pelo IBGE (ha) e área plantada obtida por método semiautomático (ha). Figura 8. Relação entre dados de área plantada de soja pelo IBGE (ha) e área plantada obtida por método SAM (ha). Figura 9. Área total de soja IBGE comparada com os demais métodos (em hectares).

4. Conclusão

A comparação entre os 3 métodos para classificação de agricultura temporária revelou que tanto o *Spectral Angle Mapper* quanto a classificação semiautomática em imagens de amplitude apresentaram resultados satisfatórios. Vale lembrar que a semiautomática demandou maior preciosismo na etapa de limpeza de pixels, o que faz que a sua boa funcionalidade demande nível muito apurado do analista assim como mais tempo. O SAM necessita da coleta de pontos de algumas classes para refinar a classificação, contudo essa coleta se mostra mais eficaz que a limpeza do primeiro método. Diferentemente dos outros métodos, a possibilidade do uso de multialvos aprimorou a seleção de interesse, nesse caso a agricultura temporária. Ademais, ao criar uma imagem regra o SAM possibilita o refinamento posterior de classificação, visto que pelas regras são disponíveis valores de ângulos (α) das classes que podem ser usados para uma nova classificação mais refinada. O método CEI é o mais prático a ser

aplicado, todavia deve ser feito com cautela ao selecionar os valores de cultivo e as datas das safras, visto que superestimou bastante os números do IBGE, o que necessitaria de um aprimoramento nos valores de entrada.

Indica-se como sugestão a continuidade do estudo da eficácia dos métodos em um trabalho que compare os métodos com maior apuração nos dados de entrada como o CEI e SAM e a aferição de qual mecanismo possa ser o mais prático sem que haja excesso de intervenção do analista como a limpeza aplicada no método semiautomático.

Agradecimentos

Ao CNPq, pela bolsa de iniciação científica concedida. À equipe da Embrapa Monitoramento por Satélite, sobretudo vinculados aos projetos: “Integração de dados multisensor e espectroscopia de reflectância aplicados ao mapeamento de alvos estratégicos da agricultura tropical – Agspec” (SEG Embrapa - 02.11.01.019.00.00) e aos parceiros, pela orientação e pelo apoio às atividades desenvolvidas neste trabalho.

Referências

- EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **SOMABRASIL**: Sistema de Observação e Monitoramento da Agricultura no Brasil. Disponível em: <<http://www.cnpm.embrapa.br/projetos/somabrasil/index.html>>. Acesso em: 3 nov. 2014.
- GALFORD, G. L. et al. Wavelet analysis of MODIS time series to detect expansion and intensification of rowcrop agriculture in Brazil. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, n. 2, p. 576-587, 15 fev. 2008.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro, 2012.
- JAKUBAUSKAS, M. E.; LEGATES, D. R.; KASTENS, J. H. Crop identification using harmonic analysis of time-series AVHRR NDVI data. **Computers and Electronics in Agriculture**, Maryland Heights, USA, v. 37, p. 127-139, 2002.
- KRUSE, F. A.; LEFKOF, A. B.; BOARDMAN, J. W.; HEIEDBRECHET, K. B.; SHAPIRO, A. T.; BARLOON, P. J.; GOETZ, A. F. H. The spectral image processing system (SIPS) – Interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data. **Remote Sensing of Environment**, v. 44, p. 145-163, 1993.
- LATORRE, M. L.; SHIMABUKURO, Y. E.; ANDERSON, L. O. **Produtos para ecossistemas terrestres – MODLAND**. In: RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. (Org.) O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil. São José dos Campos: A. Silva Vieira Ed., 2007, p. 23-35.
- MATO GROSSO DO SUL. **Governo do Estado do Mato Grosso do Sul. Perfil de MS**. Disponível em: <<http://www.ms.gov.br/index.php?inside=1&tp=3&comp=4298&show=3626>>. Acesso em: 18 jun. 2014.
- MORTON, D. C. et al. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 39, p. 14637-14641, set. 2006.
- RIZZI, R.; RISSO, J.; EPIPHANIO, R. D. V.; RUDORFF, B. F. T.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; FERNANDES, S. L. Estimativa da área de soja no Mato Grosso por meio de imagens MODIS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 24., 2009. Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 387-394.
- RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. **O sensor modis e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos: Parêntese, 2007. 423 p. il.

VENTURIERI, A.; SANTOS, J. R. dos. Técnicas de Classificação de Imagens para Análise de Cobertura Vegetal. In ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Org). **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**, 1998.

VICENTE, L. E.; LOEBMANN, D. G. dos S. W.; VICTORIA, D. de C.; GARCON, E. A. M.; BOLFE, E. L.; ANDRADE, R. G.; SILVA, G. B. S. da. Séries temporais de NDVI do sensor SPOT Vegetation e algoritmo SAM aplicados ao mapeamento de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 9, p. 1337-1345, set. 2012.

VICTORIA, D. de C.; ANDRADE, R. G.; PAZ, A. R. da Série temporal de imagens EVI/MODIS para discriminação de formações vegetais do Pantanal. **Geografia**, Rio Claro, v. 34, número especial, p. 721-729, dez. 2009.

VICTORIA, D. de C.; PAZ, A. R. da; COUTINHO, A. C.; KASTENS, J.; BROWN, J.C. Cropland area estimates using Modis-NDVI times series in the state of Mato Grosso, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1270–1278, nov. 2012.