

## Mapeamento da expansão agrícola no estado do Mato Grosso em 11 anos a partir de técnica baseada em séries temporais de imagens de NDVI

Dayane Xavier Pinto <sup>1</sup>  
Júlio César Dalla Mora Esquerdo <sup>2</sup>  
Alexandre Camargo Coutinho <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geociências – IG/Unicamp  
Caixa Postal 6152 - 13083-970 – Campinas - SP, Brasil  
dayane.pinto@ige.unicamp.br

<sup>2</sup> Embrapa Informática Agropecuária  
Caixa Postal 6041- 13083-886 – Campinas – SP, Brasil  
{julio.esquerdo, alex.coutinho}@embrapa.br

**Abstract.** The knowledge and understanding of the agricultural spatiotemporal dynamics is a strategic issue for the country, since the Brazilian agribusiness represents 22% of Gross National Product. The agricultural dynamics has a direct effect on important issues, such as the agricultural production composition and its impacts on biodiversity. Therefore, the use of high temporal resolution satellite imagery has contributed to the improvement of techniques for monitoring and mapping the agricultural dynamics in extensive lands. The objective of this study was to apply a methodology for mapping the annual agriculture based on the temporal behavior of a vegetation index, derived from MODIS sensor, throughout the 2000/2001 and 2011/2012 cropping seasons in the state of Mato Grosso, Brazil, in order to evaluate the expansion of agriculture in the period of 11 years. The results showed that the process of agricultural expansion in Mato Grosso occurred in the central and eastern regions of the state. The methodology showed an accuracy of 84,7% and represents an easy and fast technique in order to analyze the agricultural dynamics on a regional basis.

**Palavras-chave:** remote sensing, time-series, agricultural mapping sensoriamento remoto, séries temporais, mapeamento agrícola.

### 1. Introdução

As alterações que ocorrem nos padrões da paisagem são melhor compreendidas e monitoradas quando as informações sobre a sua composição, estrutura e dinâmica encontram-se organizadas e sistematizadas. De modo geral, o sensoriamento remoto pode ser utilizado como uma ferramenta bastante eficaz para subsidiar a aquisição de dados para análises das mudanças do uso da terra, tanto em ambientes naturais ou antropizados. A diversidade de instrumentos e sensores orbitais ou sub-orbitais, capazes de produzir dados e informações sobre a superfície terrestre, com diferentes resoluções espaciais, temporais e espectrais, oferece séries históricas de dados sobre grandes porções do território.

A dinâmica da agricultura brasileira constitui-se em um fenômeno de grande importância para estudos sobre as alterações da paisagem, uma vez que esta atividade condiciona e determina grande parte dos arranjos sociais, econômicos e ambientais do país e sua importância pode ser percebida pela composição do PIB Nacional, no qual o agronegócio brasileiro tem participação de aproximadamente 22% (CEPEA, 2011).

Métodos de mapeamento da atividade agrícola que exploram a alta resolução temporal de alguns sensores têm sido propostos como uma alternativa para a geração rápida de mapas englobando extensas regiões. A abordagem espectro-temporal tem mostrado um grande potencial de aplicação na análise da superfície terrestre, sobretudo nas áreas com elevada dinâmica espectro-temporal, como é o caso das culturas agrícolas. Vários estudos têm

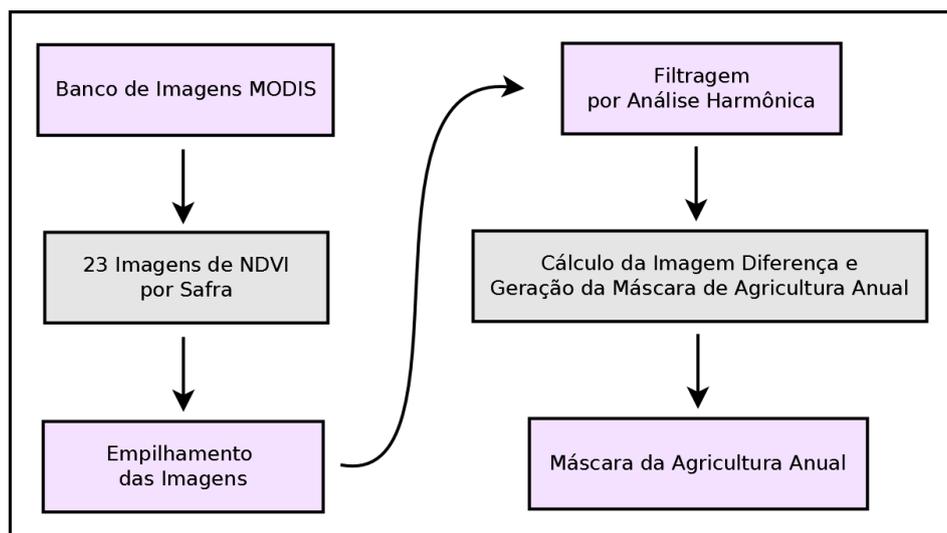
utilizado com relativo êxito esta abordagem para o monitoramento e mapeamento de culturas agrícolas (Kastens *et al.*, 2005; Jakubauskas *et al.*, 2002; Wardlow *et al.*, 2007).

O objetivo deste estudo foi aplicar uma metodologia baseada na análise espectro-temporal de imagens do índice de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), adquiridas do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), com resolução espacial de 250 metros, para a geração de mapas da agricultura anual no estado do Mato Grosso nas safras 2000/2001 e 2011/2012, de modo a especializar o processo de expansão da agricultura neste período.

## 2. Material e Métodos

O estudo foi realizado no Estado do Mato Grosso, maior produtor agrícola do Brasil. O índice de vegetação utilizado nesse trabalho foi o NDVI, gerado a partir do sensor MODIS, com o propósito de representar a dinâmica da biomassa das culturas ao longo do seu ciclo produtivo. A série temporal de imagens de NDVI/MODIS compreendeu os anos-safras 2000/2001 e 2011/2012, cada um deles contendo 23 composições de 16 dias entre os meses de julho de 2000 a junho de 2001 e julho de 2011 a junho de 2011, respectivamente. As imagens da série temporal foram obtidas do Banco de Produtos MODIS na Base Estadual Brasileira, um repositório mantido pela Embrapa Informática Agropecuária, no qual são disponibilizadas imagens de NDVI derivadas do produto MOD13Q1 (produzido pelo LP-DAAC/EOS – *Land Processes Distributed Active Archive Center/NASAs Earth Observing System*), em recortes estaduais na projeção geográfica e em formato GeoTIFF (Esquerdo *et al.*, 2011).

A partir dos conjuntos de imagens da série temporal foram executados três processos via uma rotina escrita em linguagem IDL (*Interactive Data Language*): empilhamento das imagens, filtragem da série temporal e geração da máscara de agricultura, conforme ilustra o fluxograma da **Figura 1**.

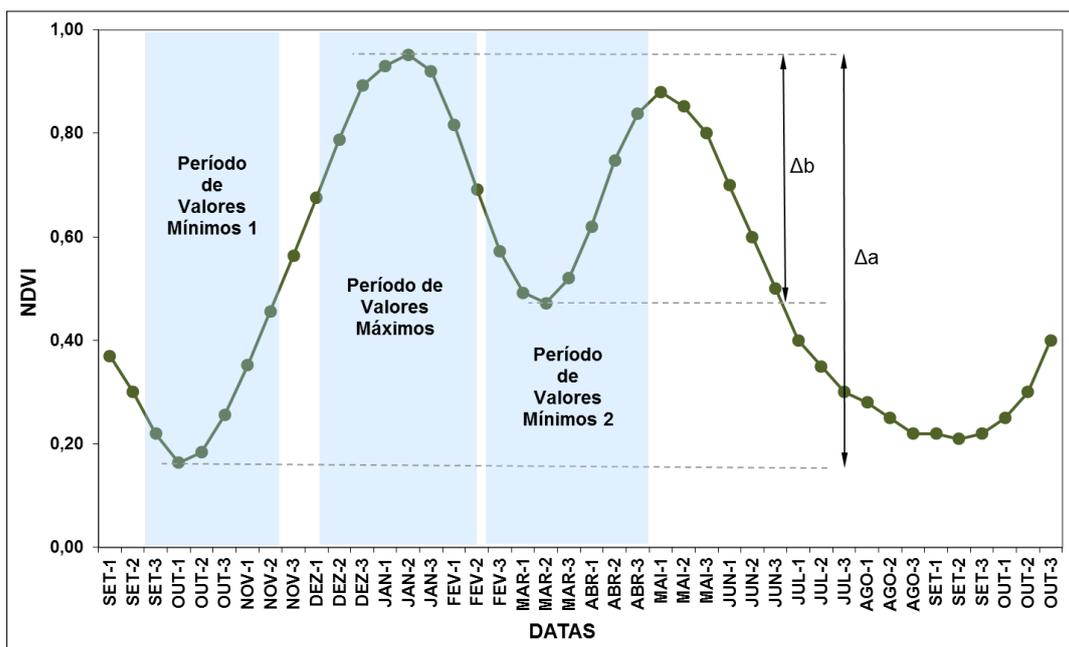


**Figura 1.** Fluxograma das etapas de processamento.

O empilhamento consistiu na junção das 23 imagens por safra em um único arquivo, possibilitando uma análise mais rápida da série temporal. A filtragem da série foi aplicada no arquivo empilhado para reduzir os ruídos causados por nuvens e interferências atmosféricas, sendo utilizado o algoritmo baseado em análise harmônica HANTS (*Harmonic Analysis of NDVI Time-Series*), desenvolvido por Roerink *et al.* (2000). O conceito básico do algoritmo é que o desenvolvimento da vegetação apresenta um forte efeito sazonal que pode ser representado por funções senoidais de baixa frequência, com diferentes fases e amplitudes. As nuvens provocam alterações nas séries temporais e podem ser consideradas ruídos de altas

frequências. O algoritmo HANTS analisa a série temporal original, identifica as áreas de baixas frequências referentes à vegetação e, a partir da Transformada de Fourier, elimina os valores discrepantes da série temporal que representam altas frequências.

Finalmente, para a geração das máscaras de agricultura anual, foi considerada a diferença do NDVI entre o período de máxima produção de biomassa (pico vegetativo entre dezembro e fevereiro) e os momentos de mínima produção de biomassa no início do ciclo (entre setembro e outubro) e final do ciclo (entre março e abril), como ilustrado, como exemplo, no gráfico da **Figura 2**. Dessa forma, os pixels que apresentaram valores de diferença entre esses dois períodos compatível com o esperado para a agricultura anual, foram selecionados e incorporados à máscara de agricultura. Neste trabalho, os valores mínimos considerados para  $\Delta a$  e  $\Delta b$  foram de 0,475 e 0,300, respectivamente. Tais valores foram estimados a partir da análise de padrões de perfis temporais de áreas identificadas como agricultura anual em imagens de média resolução espacial (Landsat-5/TM).

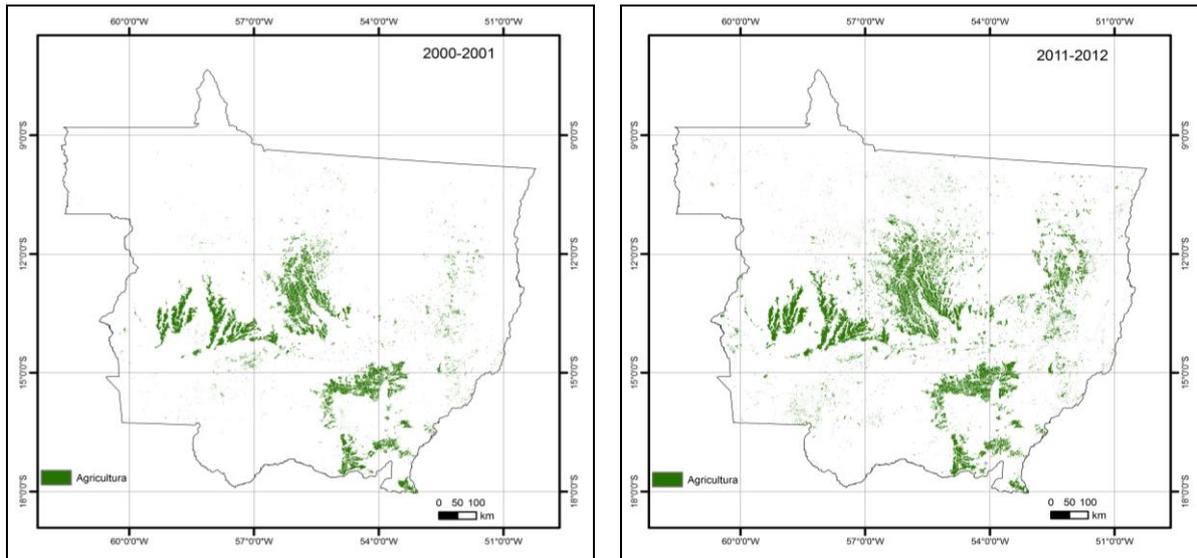


**Figura 2.** Exemplo do comportamento temporal do NDVI de culturas anuais e os períodos de máximos e mínimos valores (Fonte: Coutinho *et al.*, 2012).

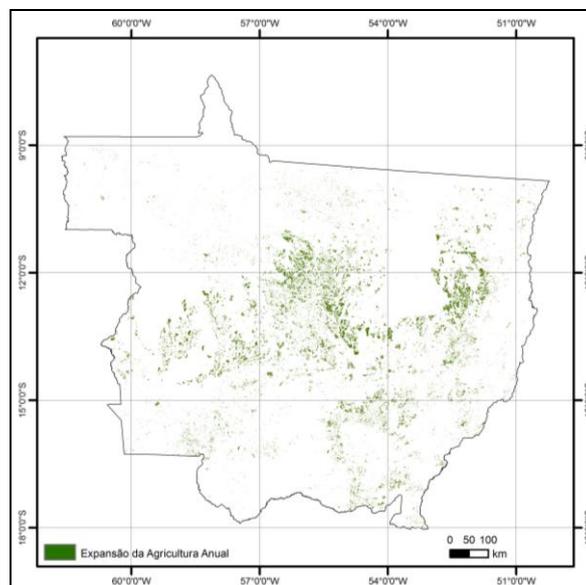
Por fim, fez-se a diferença entre a máscara da agricultura anual mais recente (safra 2011/2012) e a máscara da agricultura anual mais antiga (safra 2001/2002), obtendo-se, como resultado, uma imagem com os locais onde houve expansão da agricultura anual no estado do Mato Grosso nesses 11 anos. Para fins de validação, foram distribuídos 300 pontos aleatórios nas áreas mapeadas como expansão agrícola para promover uma checagem dos resultados, com um nível de confiança de 95% e um intervalo de 5%. Nesta validação, foram utilizadas imagens Landsat-5/TM, adquiridas em ambas as safras, para interpretação visual dos resultados obtidos a partir da classificação multi-temporal.

### 3. Resultados e Discussão

Os mapas resultantes do processo de classificação multi-temporal das áreas de culturas anuais nas safras 2000/2001 e 2011/2012 estão ilustrados nas **Figuras 3a** e **3b** e incluem, predominantemente, soja, algodão e milho. A **Figura 4** ilustra a imagem diferença entre as duas safras, representando as áreas de expansão agrícola.



**Figura 3.** Máscara da agricultura anual das safras 2000/2001 (a) e 2011/2012 (b) no estado do Mato Grosso.

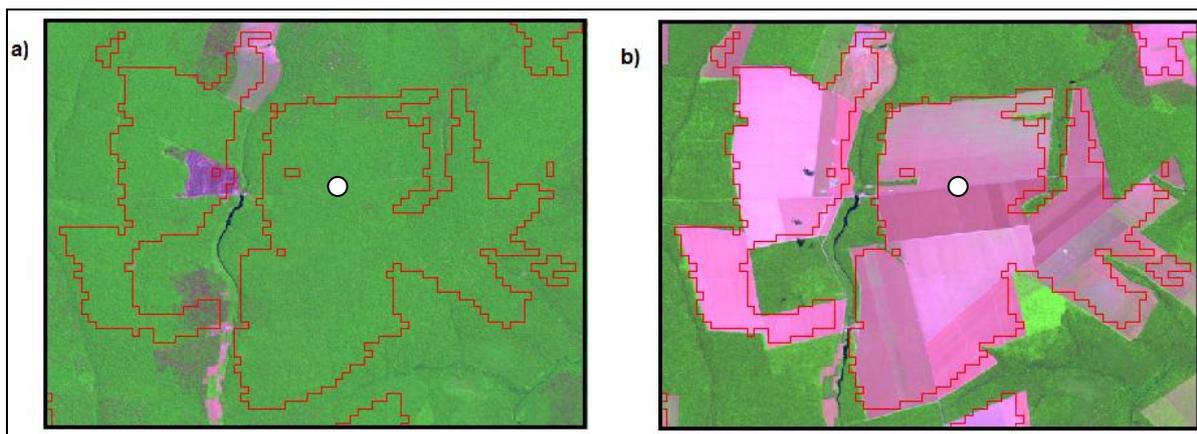


**Figura 4.** Imagem diferença entre a máscara da safra 2011/2012 e 2000/2001, representando as áreas de expansão agrícola no estado do Mato Grosso em 11 anos.

Por meio da análise visual dos mapas, verificou-se que a expansão das áreas de culturas anuais ocorreu predominantemente no centro do estado, nas regiões dos municípios de Lucas do Rio Verde, Sorriso e Sinop. Verificou-se, também, uma forte expansão ao leste do estado, na região do município de Querência.

No processo de validação dos resultados, 254 dos 300 pontos sorteados aleatoriamente em áreas de expansão agrícola, foram corretamente classificados, o que representou um acerto de 84,7%. Nestes pontos amostrais, verificou-se, por meio das imagens de média resolução espacial Landsat-5/TM, que as áreas agrícolas, identificadas na safra de 2011/2012, não existiam na safra 2000/2001, representando, dessa forma, áreas de expansão da agricultura anual.

A **Figura 5** ilustra, como exemplo, um dos pontos amostrais corretamente classificados, onde foi verificada uma mudança do uso da terra entre os dois momentos analisados, havendo transição de floresta para agricultura anual.



**Figura 5.** Exemplo do processo de mudança do uso da terra entre a safra 2000/2001 (a) e a safra 2011/2012 (b).

O acerto de 84,7%, obtido a partir da metodologia de mapeamento, baseada no comportamento espectro-temporal da agricultura, é semelhante ao valor alcançado por Coutinho *et al.* (2012), que registraram um acerto de 82,2% no mapeamento da agricultura anual no estado do Mato Grosso do Sul, utilizando esta mesma técnica. Os 46 pontos classificados incorretamente, que representaram um erro de 15,3%, referem-se, predominantemente, a áreas de pastagem mapeadas como agricultura anual na safra 2011/2012.

Os resultados mostraram que a técnica baseada no comportamento espectro-temporal das áreas agrícolas apresentou acertos satisfatórios, sendo de rápida execução, representando uma alternativa viável e de baixo custo para a identificação da dinâmica agrícola no território nacional.

#### 4. Conclusões

A técnica de mapeamento da agricultura baseada no comportamento espectro-temporal das áreas agrícolas apresentou resultados satisfatórios, com nível de acerto de 84,7%, representando uma alternativa viável e de baixo custo para a identificação da dinâmica agrícola no território nacional. As áreas de expansão da agricultura anual no estado do Mato Grosso em 11 anos, mapeadas a partir desta técnica multi-temporal, concentram-se no centro e leste do estado.

#### Referências Bibliográficas

Coutinho, A.C.; Esquerdo, J.C.D.M.; Oliveira, L.S.; Lanza, D.A. Avaliação de metodologia para o mapeamento e monitoramento da agricultura brasileira. In: 4º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2012, Bonito-MS. **Anais...** Brasília-DF: Embrapa, 2012. p. 364-372.

CEPEA. **PIB do agronegócio**. 2011 Disponível em: <[http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/other/Cepea\\_PIB\\_BR%201994%202008.xls](http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/other/Cepea_PIB_BR%201994%202008.xls)>. Acesso em 12 nov. 2012.

Esquerdo, J. C. D. M.; Antunes, J. F. G.; Andrade, J. C. Desenvolvimento do Banco de Produtos MODIS na Base Estadual Brasileira. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15., 2011, Curitiba-PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011, p. 7596-7602.

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**, v. 37, p. 127-139, 2002.

Kastens, J.H.; Kastens, T.L.; Kastens, D.L.A.; Price, K.P.; Martinko, E.A.; Lee, R.Y. Image masking for crop yield forecasting using AVHRR NDVI time series imagery classification in the U.S. Central Great Plains. **Remote Sensing of Environment**, v. 99, p. 341-356, 2005.

Roerink, G. J.; Menenti, M.; Verhoef, W. Reconstructing cloudfree NDVI composites using Fourier analysis of time series. **International Journal of Remote Sensing**, v. 21, n. 9, p.1911-1917, 2000.

Wardlow, B.D.; Egbert, S.L.; Kastens, J.H. Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the U.S. Central Great Plains. **Remote Sensing of Environment**, v. 108, p. 290-310, 2007.