

Séries Temporais de EVI/MODIS na Identificação da Dinâmica da Soja em Sistema Plantio Direto no Mato Grosso, Brasil

Damien Arvor⁽¹⁾; **Margareth Meirelles**⁽²⁾; **Lucieta G. Martorano**⁽³⁾; **Milton Jonathan**⁽⁴⁾;
Vincent Dubreuil^(1,5); **Isabelle Herlin**⁽⁶⁾; **Jean-Paul Berroir**⁽⁶⁾

- (1) Doutorando, Bolsista MERT, Laboratoire COSTEL, Université Rennes 2, Place du Recteur H.LeMoal, 35043 Rennes, França. damien.arvor@univ-rennes2.fr (apresentador do trabalho); (2) Prof. Dra. do Curso de Pós-Graduação em Geomática da UERJ e Pesquisadora da Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, RJ, CEP 22460-000, meirelles@cnpq.embrapa.br; (3) Dra. Pesquisadora Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, RJ, CEP 22460-000, luty@cnpq.embrapa.br; (4) Pesquisador da PUC; (5) Professor visitante, Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília (bolsista da CAPES, Brazil); (6) Pesquisador Doutor do Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique. Isabelle.Herlin@inria.fr e Jean-Paul.Berroir@inria.fr.

RESUMO: As respostas espectrais monitoradas pelo sensor MODIS (MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer) podem auxiliar não apenas na identificação dos cultivos, mas também no sistema de manejo adotado pelos produtores rurais de uma região. Objetivou-se com este trabalho avaliar respostas da soja através de índices de vegetação realçado (EVI) extraídos do MODIS como resposta a dinâmica da soja em sistema plantio direto no Estado de Mato Grosso. A área considerada abrange 23 municípios mais representativos na produção de soja no Estado, respondendo no ano agrícola de 2005-2006 a cerca de 65% da produção de soja no Estado. O índice biofísico EVI é eficiente para mapear áreas com cultivos de soja e identificar áreas que adotam práticas conservacionistas como as preconizadas pelo sistema plantio direto. A evolução espaço-temporal do plantio direto apontado pelas respostas espectrais aponta que houve influência sócio-cultural na adoção de práticas do sistema plantio direto, pelos produtores rurais do Estado de Mato Grosso.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, estação chuvosa, práticas conservacionistas.

geográficos e formatos de talhões, os quais associados aos ciclos das culturas possibilitam a identificação e totalização de áreas cultivadas. A resposta na reflectância do dossel indica se a cultura encontra-se em pleno desenvolvimento ou em fase de senescência.

Ao utilizar imagens MODIS, Formaggio et al (2005) para identificar áreas com cultivos agrícolas no Norte do Estado de São Paulo, verificaram que no houve acertos de 94,29% nas áreas cultivadas com cana-de-açúcar, 84,21% com soja e 83,33% com milho, indicando muito bom desempenho na qualidade de classificação para região agrícola. Considerando-se aspectos como: viabilidade econômica de uma agricultura tecnificada, *commodities* agrícolas, grande demanda mundial por alimentos, expansão da fronteira agrícola da soja no Cerrado, problemas ambientais pelo processo erosivo, verifica-se que o Estado de Mato Grosso vem sofrendo grandes mudanças de uso das terras. Objetivou-se com este trabalho avaliar as respostas da dinâmica de uso no Estado a partir de dados do MODIS de índice de vegetação realçado (EVI), na tentativa de inferir sobre a adoção do plantio direto por agricultores da região.

INTRODUÇÃO

O sensor MODIS (MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer) acoplado aos satélites Terra e projetado para rastrear alvos no sistema continente-oceano-atmosfera fornece informações diárias com resolução espacial de 250 m. Estas informações auxiliam na identificação de índices biofísicos tais como índices de vegetação (NDVI e EVI) que são computados a cada 16 dias através um algoritmo de recomposição por Maximum Value Composite (MVC) (NASA, 2008). Como as áreas agrícolas apresentam características específicas como limites

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo se estende das coordenadas 60°W a 53°W e 10° S a 15°S. Ela corresponde a um clima sub-equatorial com uma estação chuvosa totalizando entre 1500 a 2000 mm por ano. Essa área abrange as regiões de produção de soja localizadas ao longo da BR163 (Cuiabá-Santarém) e na Chapada dos Parecis. Foram considerados 23 municípios que respondem por 65% da produção de soja no Mato Grosso na safra 2005-2006 (IBGE, 2007).



Fez-se coleta de campo em 2006 e 2007 para obter dados de época de semeadura, cultura utilizada, área cultivada, sistema de manejo adotado, entre outras informações (que não fazem parte deste trabalho e portanto não apresentadas). Foram entrevistados 50 fazendeiros, sendo que no ano agrícola 2005-06 foram mapeados 95.000 ha e em 2006-07, um total de 151.000 ha.

Os dados de semeadura foram divididos em 06 (seis) classes, em função da sua ocorrência no campo, sendo: 01 (uma) classe de soja sem cobertura de inverno, caracterizando a não adoção dos pressupostos do plantio direto, 03 (três) classes de soja, seguido de cobertura após a colheita da soja (milheto, sorgo ou milho), indicando que o solo foi mantido com cobertura após a cultura principal, conforme preconiza o sistema plantio direto, 01 (uma) classe de soja seguido de algodão e sem cobertura no restante do ano e 01 (uma) classe com algodão sem cobertura do solo após a colheita. Esses dados de campo foram utilizados para avaliar o desempenho da classificação obtida a partir dos dados de sensoriamento remoto, do sensor MODIS/TERRA.

Foram utilizados os produtos MOD13Q1 que fornecem valores de índices de vegetação numa escala temporal de 16 dias e escala espacial de 250 m. Escolheu-se o índice de vegetação EVI (*Enhanced Vegetation Index*) por ser o menos influenciado pelos efeitos do solo e da atmosfera e também mais sensível em áreas com alta atividade vegetativa (Huete et al., 2002; Galford et al. 2007).

Os dados MOD13Q1 foram obtidos a partir da página da Nasa (<http://modis.gsfc.nasa.gov/>), correspondentes a 07 (sete) anos agrícolas, de 2000-2001 a 2006-2007. As 23 imagens de MODIS de EVI por ano, permitem identificar perfis temporais de cada vegetação e cada cultura mapeada (Fig. 1). Apesar da resolução temporal ser baixa (16 dias), ainda subsistem alguns ruídos nos perfis, devido a alta presença de nuvens. Um algoritmo de suavização do perfil foi aplicado, baseando-se no filtro de Savitzky-Golay (Chen et al., 2002) para eliminar esses ruídos.

A metodologia foi baseada em 2 classificações sucessivas, supervisionadas. A primeira busca detectar áreas com cultivos agrícolas, conforme metodologia adotada por Jonathan (2005). Dez atributos dos perfis temporais de EVI foram computados, sendo: média, máximo, mínimo,

amplitude, desvio padrão, média da derivada, data do máximo de EVI, número de modos (cada modo corresponde a uma vegetação ou cultura) dos perfis anuais e largura e data do máximo do modo principal.

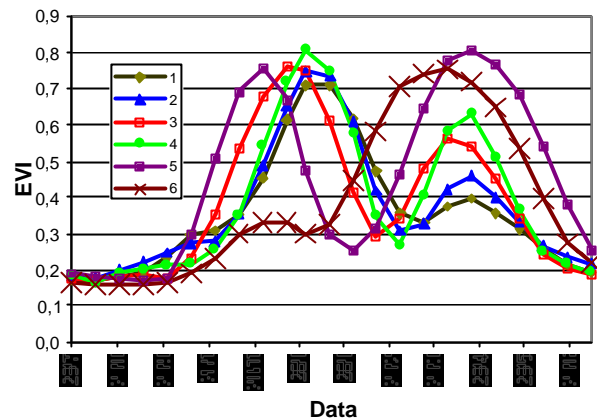
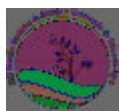


Figura 1. Perfis temporais médios de EVI das 6 classes de vegetação: 1. Soja na safra agrícola sem cobertura de inverno; 2. Soja seguido de Milheto; 3. Soja seguido de Sorgo; 4. Soja seguido de Milho; 5. Soja seguido de Algodão e 6. Algodão na safra agrícola.

A classificação foi baseada no algoritmo de Máxima Verossimilhança (buscando avaliar a probabilidade de que um determinado tipo de mudanças evolutivas possa explicar a origem dos dados observados) e realizada em cada um dos 10 parâmetros. O resultado foi melhorado utilizando um filtro mediano 3 x 3, sendo também aplicadas regras de transições. Assim, um pixel classificado como área de cultura no “ano-1” e no “ano+1” não pode ser classificado como outro tipo de vegetação no ano presente. Da mesma maneira, um pixel de outro tipo de vegetação (vegetação de cerrado, por exemplo) no “ano-1” e “ano+1” não pode ser classificado como área de cultura no ano presente.

A segunda classificação tem como objetivo separar as classes de cultura estratificadas na primeira classificação. Após testes de sensibilidade o classificador *Spectral Angle Mapper* foi utilizado com 11 datas do perfil de EVI. Essas datas correspondem aos seguintes dias Julianos: 321, 337, 001, 017, 033, 081, 097, 113, 129, 145, 161. Com o resultado obtido nessa classificação, fez-se o treinamento da classificação utilizando-se os dados de campo do ano agrícola 2005-06 e reaplicada para a safra seguinte 2006-07.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira classificação, obteve-se 95,92% de coincidência entre os dados classificados e os mapeados no campo. Ao correlacionar as áreas com os dados disponibilizados pelo Instituto de Geografia e Estatísticos (IBGE, 2007), verificou-se que os mesmos estão bem correlacionados ($R = 0,987$).

Na segunda classificação, a precisão global da classificação é de 64,31% e o índice de Kappa é de 0,5488. Os baixos resultados são explicados pelo fato que existe uma grande confusão entre os perfis temporais das classes 2, 3 e 4 da Figura 1.

Os resultados das classificações são apresentados na Figura 2. A expansão da área plantada com soja na região aparece claramente. Teve um aumento de 80% da área plantada em soja entre 2001 e 2007, passando de 2.280.000 ha para 4.112.000 ha. A cultura do algodão também conheceu um forte crescimento (+56%) no mesmo período passando de 214.000 ha a 335.175 ha mas este desenvolvimento é bem menor do que o da soja.

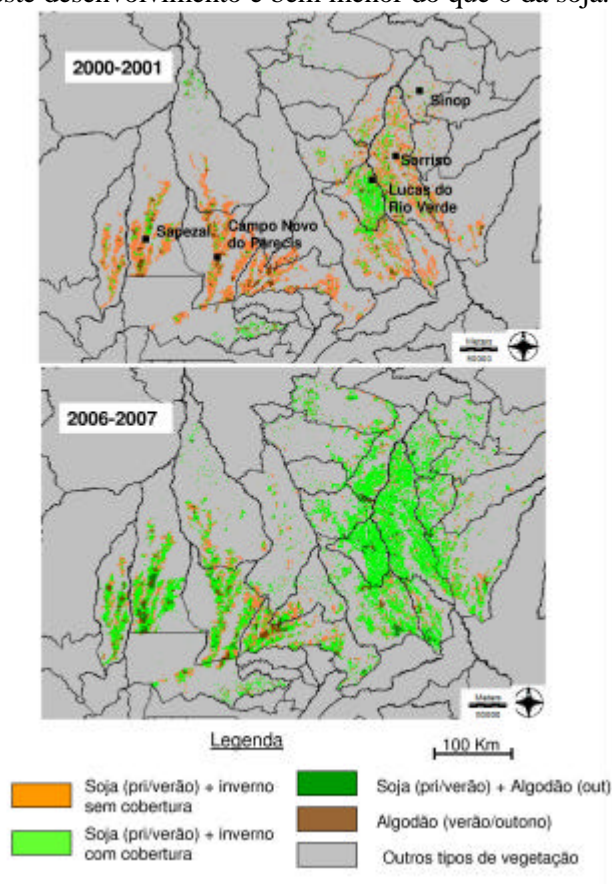


Figura 2. Mapas resultados das classificações para os anos agrícolas 2000-01 e 2006-07.

Os mapas também mostram a evolução das práticas culturais nas áreas de produções de soja nesse período. Em 2000-2001, somente 25% da soja plantada era seguida de uma cobertura no inverno (milheto, milho, sorgo ou algodão). Já, na safra 2006-2007, esse percentual subiu até 75%. Isso significa uma mudança radical nas práticas culturais, devido essa cobertura de inverno estar associada a adoção de plantio direto com soja no ano agrícola seguinte.

A Figura 2 indica que o sistema plantio direto foi primeiramente aplicado em Lucas do Rio Verde (Fig. 2). Em 2000-2001, 67% do plantio de soja já era seguido de uma cobertura no inverno neste município. Até hoje, Lucas do Rio Verde fica líder nessa área com 96% da soja plantada em sistema plantio direto. Isso corresponde ao que foi encontrado nas entrevistas feitas a campo. Os produtores de Lucas do Rio Verde são conhecidos para ser os primeiros a plantar a soja na região a fim de realizar uma safra de milho em seguida. O município de Sorriso, vizinho de Lucas do Rio Verde e maior produtor de soja nacional, seguiu esse caminho chegando a 90% de plantio direto em previsão da safra 2007-2008. A posição de líderes destes municípios pode ser ligada à presença de órgãos de pesquisa tais como a Fundação MT e a Monsanto (em Sorriso) ou a Fundação Rio Verde (em Lucas do Rio Verde) que fizeram um intenso trabalho de divulgação do plantio direto.

Já, os municípios da Chapada dos Parecis como Sapezal e Campo Novo do Parecis ficam um pouco atrás com 62 e 73% de plantio direto a se esperar na safra 2007-2008 (Fig. 3). Isto pode ser devido a uma estação chuvosa mais amena nessa região em relação à região da BR163 (Arvor et al., 2007). Isso condiciona os fazendeiros a semear um pouco mais tarde, não aproveitando as ofertas pluviais do final da estação chuvosa que auxiliaria os cultivos de inverno.

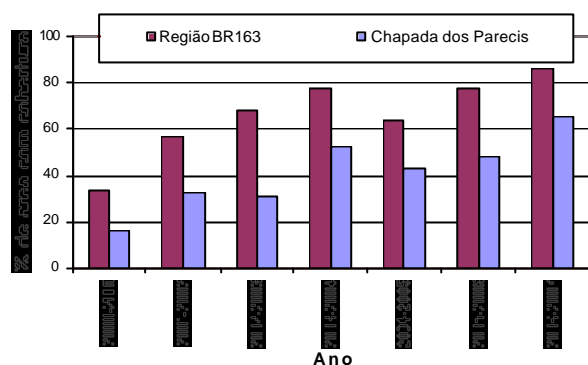
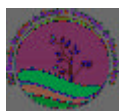


Figura 3. Percentual de área de soja com cobertura no inverno por sub-região.

Também vale afirmar que, em 2006-2007, os municípios que menos plantaram uma cobertura são municípios que ainda estão num processo de abertura de terras. Mas mesmo assim, eles chegam a plantar mais de 50% de soja com cobertura.

CONCLUSÕES

O uso de técnicas de sensoriamento remoto, aplicadas aos dados do sensor MODIS, se mostrou eficientes no mapeamento de áreas com soja, seguida de cobertura de inverno, indicando o potencial da técnica na seleção de áreas com soja em sistema plantio direto. As respostas em EVI apresentam-se sensíveis para avaliar a dinâmica de adoção do sistema plantio direto, no Mato Grosso. A evolução em área com respostas espectrais diagnosticadas pelos dados de EVI refletem o aumento da consciência conservacionista pelos produtores rurais da região estudada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio das seguintes instituições: CNPq (Projeto *ENVIAIR*, no contexto de parceria CNPq-INRIA), IAI (InterAmerican Institute for Global Change Research) pelo projeto CRN2 “*Land use change in the Rio de la Prata Basin: linking biophysical and human factors to predict trends, assess impacts and support viable strategies for the future*”, Comunidade Européia com o projeto SENSOR-TTC e a ANR (Agence Nationale de la Recherche), através do projeto DURAMAZ “*Analyse de projets de développement durable en Amazonie*”.

REFERÊNCIAS

ARVOR D., DUBREUIL V., MEIRELLES M. S. P. Variabilité spatio-temporelle du début de la saison des pluies au Mato Grosso (Brésil). In : ACTES DU XX COLLOQUE DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE DE CLIMATOLOGIE, 20., Tunis, Tunisie. Actes. Association Internationale de Climatologie, 2007, p. 87-92.

CHEN J., JÖNSSON P., TAMURA M., GU Z., MATSUSHITA B., EKLUNDH L. A simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky-Golay filter. *Remote Sens. Environ.* 91: 332-344, 2004.

FORMAGGIO, A. R.; MARTINS, S. P.; GURTLER, S.; CAMPOS, R. C.; FIORIO, P. R.; LEMOS, C. Avaliação de Dados MODIS 250m para Áreas de Agricultura Intensa. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. Anais. São José dos Campos: INPE, 2005. p. 135-142.

GALFORD G. L., MUSTARD J. F., MELILLO, J., GENDRIN A., CERRI C. C., CERRI C. E. P. Wavelet analysis of MODIS time series to detect expansion and intensification of row-crop agriculture in Brazil. *Remote Sens. Environ.* 112: 576-587, 2008.

HUETE, A., JUSTICE, C., VAN LEEUWEN, W. Modis vegetation index (MOD13) Algorithm theoretical basis document, version 3, University of Arizona, 1999. 129 p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2007. Produção agrícola municipal. Culturas temporárias e permanentes. 1990-2006. Disponível em : <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> (acesso em 10 Out. 2007).

JONATHAN, M.; MEIRELLES, M. S. P. ; BERROIR, J.-P.; HERLIN, I. Regional scale land use/land cover classification using temporal series of MODIS data. In: ISPRS MID-TERM SYMPOSIUM, Enschede, Netherlands. Proceeding. International Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 2006. 6 p.

MORTON D.C., DEFRIES R. S., SHIMABUKURO Y. E., ANDERSON L. O., ARAI E., ESPIRITO-SANTO F. D. B., FREITAS R. M., MORISETTE J., Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon, *PNAS*, 103: 14637-14641, 2006

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 Sens. Environ.*, 108: 290-310, 2007.