

# MAPEAMENTO SEMIAUTOMÁTICO DE ÁREAS AGRÍCOLAS A PARTIR DE IMAGENS NDVI LANDSAT E MODIS

Rodrigo Rizzi<sup>1</sup>, Enio Egon Sosinski Junior<sup>2</sup> e Aline Warnke Hipólito<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário S/N, Capão do Leão – RS, rodrigo.rizzi@ufpel.edu.br;

<sup>2</sup>Embrapa Clima Temperado, BR 392, Pelotas-RS, enio.sosinski@embrapa.br; <sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário S/N, Capão do Leão – RS, alinewhipolito@hotmail.com

## RESUMO

Este trabalho apresenta um método semiautomático do mapeamento de áreas agrícolas a partir de imagens de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) do Landsat e MODIS. Utilizaram-se cinco imagens adquiridas ao longo da safra de verão de 2015/16 para o município de Tapes-RS, aplicadas a uma adaptação da metodologia *Crop Enhancement Index* de modo a mapear as áreas agrícolas. As imagens MODIS foram reamostradas para um tamanho de pixel de 30m por um algoritmo de convolução cúbica. Os pixels foram classificados tanto a partir dos seus valores máximos e mínimos de NDVI quanto pela sua amplitude de variação ao longo da safra. Os resultados apontaram um acerto espacial de 79,24 e 76,87% quando da utilização das imagens Landsat e MODIS, respectivamente, quando confrontados frente um mapa de referência gerado a partir de um criterioso mapeamento visual multitemporal de imagens amparado por dados de campo.

**Palavras-chave** — Sensoriamento remoto, agricultura, mapeamento, espectro-temporal, *Crop Enhancement Index*.

## ABSTRACT

*This paper presents a semiautomatic mapping approach of cropped areas through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from OLI/Landsat and MODIS images. We applied an adaptation of the Crop Enhancement Index (CEI) methodology to five images of 2015/16 crop year for Tapes municipality, Brazil, in order to map cropped areas. MODIS images were resampled to a pixel size of 30m through a cubic convolution algorithm. Pixels were classified based on their maximum and minimum NDVI values as well as their variation amplitude during the crop year. Results showed a spatial agreement of 79.24 and 76.87% for Landsat and MODIS mapping, respectively, when compared with a reference map retrieved from a carefully multitemporal visual mapping of remotely sensed images aided by field data.*

**Key words** — Remote sensing, agriculture, mapping, spectro-temporal, *Crop Enhancement Index*.

## 1. INTRODUÇÃO

O mapeamento de áreas agrícolas via imagens de sensores de média resolução espacial similares aos da série Landsat já é corriqueiro em trabalhos que visam acompanhar a dinâmica dos cultivos no tempo e no espaço [1]. Porém, o correto mapeamento depende, invariavelmente, de uma criteriosa e dispendiosa análise visual feita por um fotointérprete experiente e que utilize várias imagens adquiridas em períodos-chaves ao longo do ciclo fenológico das culturas, nas quais os alvos estejam bem identificáveis [2] [3]. Contudo, tal análise pode ser minimizada pela utilização prévia de algoritmos que classificam automaticamente os pixels com base em imagens adquiridas em um ou vários momentos durante a safra agrícola da região considerada. Apesar dos erros de mapeamento inerentes a utilização de tais algoritmos, estes podem facilmente apontar regiões de intensa alteração da paisagem, como em regiões de fronteira agrícola, onde ocorre a rápida expansão dos cultivos.

Apesar disso, a frequente cobertura de nuvens durante a safra agrícola, aliada a baixa resolução temporal deste tipo de sensor geralmente impossibilita o mapeamento em extensas regiões, como um estado, tanto em estudos isolados quanto operacionalmente. Por outro lado, a utilização das imagens adquiridas pelo sensor MODIS [4] pode ser oportuna, pois sua alta resolução temporal possibilita a geração de produtos compostos contendo os valores dos pixels de melhor qualidade radiométrica e geométrica obtidos em um período maior (16 dias, por exemplo). Tais imagens têm alta probabilidade de possuírem pouca ou nenhuma cobertura de nuvem e podem ser uma alternativa para a rápida detecção de alvos agrícolas em grandes regiões, mesmo em caráter operacional. Nesse contexto, este trabalho apresenta um método semiautomático para detecção e mapeamento de áreas agrícolas em escala municipal a partir da sua variação espectro-temporal em imagens NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), além de confrontar seu desempenho quando da utilização de imagens Landsat e MODIS.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

A área de estudo abrange o município de Tapes, localizado na porção média do litoral do RS, sendo banhado na sua porção leste pela Laguna dos Patos (Figura 1). O município conta com duas grandes culturas que perfazem quase a totalidade dos cultivos de verão, a soja e o arroz irrigado (arroz). Existe ainda a pecuária bovina extensiva em campo natural, em pastagem cultivada ou em áreas de butiaçais, bem como áreas cultivadas com eucalipto e pinus.

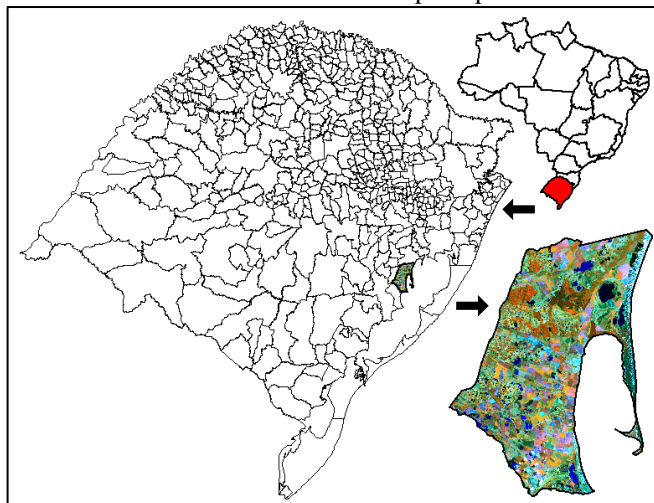


Figura 1. Localização do município de Tapes no contexto do Rio Grande do Sul e do Brasil.

### 2.2. Mapa de referência

A primeira fase do processo de mapeamento foi a obtenção de um mapa de referência para as áreas agrícolas (soja e arroz). Para tanto, fez-se uso de mapas previamente elaborados a partir de uma criteriosa análise multiespectral e multitemporal das imagens dos sensores *Operational Land Imager* (OLI) e *Enhanced Thematic Mapper plus* (ETM+), a bordo dos satélites landsat-7 e -8 [5] [6], respectivamente, com o auxílio de uma visita a campo realizada em 08/04/2016 [7] [8]. As imagens do sensor OLI foram adquiridas em 08/11/2015, 10/12/2015, 27/01/2016, 12/02/2016 e 15/03/2016 e a do sensor ETM+ em 07/03/2016. Tais datas foram selecionadas em função da disponibilidade de imagens livres de cobertura de nuvens sobre a área de estudo e do ciclo fenológico das culturas agrícolas na região. Os mapas foram submetidos a uma nova interpretação visual utilizando imagens Landsat adquiridas em 23/10/2015 (OLI) e 23/05/2016 (ETM+), além de uma imagem do sensor *MultiSpectral Instrument* (MSI), a bordo do satélite Sentinel-2A, adquirida em 04/03/2016, quando as áreas de soja e arroz perfizeram a classe temática *Agricultura*.

### 2.3. Análise espectro-temporal e mapeamento

Na análise espectro-temporal, utilizaram-se imagens do sensor OLI adquiridas nas mesmas datas supracitadas sob a forma do NDVI derivado de imagens de reflectância de superfície [9]. A utilização de imagens corrigidas para os efeitos atmosféricos e oriundas do mesmo sensor permite as comparações temporais dos valores do NDVI sem a necessidade de uma normalização radiométrica. Como algumas imagens possuíam determinadas áreas cobertas por nuvens, utilizou-se o produto *cloud mask* [10] para a remoção dos pixels assim contaminados. Tais pixels foram substituídos pelos valores dos pixels correspondentes obtidos nas imagens adquiridas em datas adjacentes.

Visando a identificação dos alvos agrícolas, gerou-se uma única imagem contendo a média dos valores de NDVI do período em que as culturas estão na fase de implantação na região. Este procedimento obedeceu ao seguinte critério: primeiramente, efetuou-se a média aritmética das imagens obtidas em 08/11 e 10/12/2015, caso a imagem obtida em 27/01/2016 tivesse valores de NDVI menores que a média anterior, estes compunham a média. O mesmo procedimento foi adotado para a imagem obtida em 12/02/2016 com relação à média das três imagens anteriores, cuja imagem resultante denominou-se MinIV. Posteriormente, gerou-se uma única imagem contendo o valor do máximo NDVI ocorrido dentre as imagens adquiridas em 27/01, 12/02 e 15/03/2016, denominada de MaxIV. As imagens Min e MaxIV foram então utilizadas na metodologia *Crop Enhancement Index* (CEI) [11], de acordo com a Equação 1:

$$CEI = G(\text{MaxIV} - \text{MinIV}) / (\text{MaxIV} + \text{MinIV} + 2S) \quad (1)$$

em que: CEI = *Crop Enhancement Index*; G = fator de ganho ( $10^2$ ); S = coeficiente de realce ( $10^2$ ); MaxIV = valor máximo do IV observado no período de pleno desenvolvimento do dossel agrícola; MinIV valor médio do IV observado na fase de sementeira/emergência da cultura.

A metodologia CEI foi desenvolvida para identificar e mapear áreas agrícolas a partir do incremento de biomassa que ocorre entre a emergência e o pleno desenvolvimento do dossel da lavoura e que é, em parte, expressado nas imagens de sensoriamento remoto. Em seguida, um pixel foi classificado como representando as áreas agrícolas se nas imagens CEI, MinIV e MaxIV seus valores fossem  $\geq 0,25$ ,  $> 0,67$  e  $> 0,11$ , respectivamente. Então, visando eliminar pequenas áreas isoladas provocadas por erros no mapeamento ou ruídos nas imagens, aquelas de tamanho  $\leq 11$  pixels ( $\sim 1$  ha) foram substituídas pela classe que as envolve.

Por fim, visando realizar um teste com imagens de frequência temporal mais alta que as do Landsat, os mesmos procedimentos adotados até então foram aplicados sobre imagens NDVI do sensor MODIS (produto MOD13Q1, versão 6), cujas datas dos períodos compostos abrangiam aquelas das imagens do Landsat. Entretanto, não se efetuou

o processo de remoção de pixels contaminados por nuvens, uma vez que esse produto refere-se a uma composição dos melhores pixels de imagens adquiridas em um período de 16 dias. Neste processo, optou-se por reamostrar as imagens de sua resolução espacial original (250m) para um tamanho de pixel de 30m (semelhante à resolução espacial das imagens Landsat), cujo processo deu-se por meio do algoritmo de convolução cúbica presente no *software Modis Reprojection Tool*. Ressalta-se que os valores utilizados para o mapeamento dos pixels das imagens CEI, MinIV e MaxIV foram idênticos aos utilizados para as imagens Landsat. Os resultados do mapeamento dos dois conjuntos de imagens foram confrontados ao mapa de referência.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 contém o mapa temático de referência oriundo do mapeamento visual contendo a classe *Agricultura* e as imagens CEI para o município de Tapes para as imagens Landsat e MODIS. Percebe-se que as imagens CEI tratam-se de imagens *Fuzzy*, isto é, os valores dos pixels estão continuamente distribuídos. Neste caso, quanto maior o valor positivo, maior a probabilidade de ter havido incremento de biomassa vegetal entre os períodos utilizados para formar o Min e o MaxIV e maior a probabilidade do referido pixel representar uma cultura agrícola e vice-versa.

No que se refere ao mapeamento, a concordância espacial entre o mapa temático de referência (mapeado por interpretação visual multitemporal) e aquele gerado a partir da metodologia automática sob as imagens Landsat para a classe *Agricultura* foi de 79,24%, com uma subestimativa de área de apenas 0,31% (86 ha) (Figura 2). Além disso, a exatidão do usuário foi de 87,8%. Tais valores são muito satisfatórios, considerando que se referem a um mapeamento sem interpretação visual. As áreas onde se constataron os erros de omissão são, em grande parte, lavouras de baixo desenvolvimento que apresentaram pouco incremento de biomassa entre os períodos de implantação (novembro/dezembro) e máximo desenvolvimento (janeiro/março) das culturas agrícolas. Os erros de inclusão são de áreas que tiveram algum incremento de biomassa entre os períodos de Min e MaxIV ou que se encontravam alagadas no período de implantação das culturas. Como as áreas de água retornam baixos valores de NDVI, sua ausência durante o período de MaxIV, associada a uma ligeira biomassa vegetal, pode resultar em altos valores de CEI, que são então confundidas com as áreas agrícolas. Não obstante, ressalta-se que os resultados aqui apresentados dizem respeito a um estudo de caso em apenas uma região e somente em uma safra agrícola em que houve boa disponibilidade de imagens livres ou com moderada cobertura de nuvens.

Para o mapeamento que utilizou as imagens MODIS reamostradas para um pixel de 30m, a concordância espacial foi de 76,87% (~0,3% de subestimativa), com exatidão do

usuário ligeiramente acima (88,1%) em relação à oriunda das imagens do Landsat.

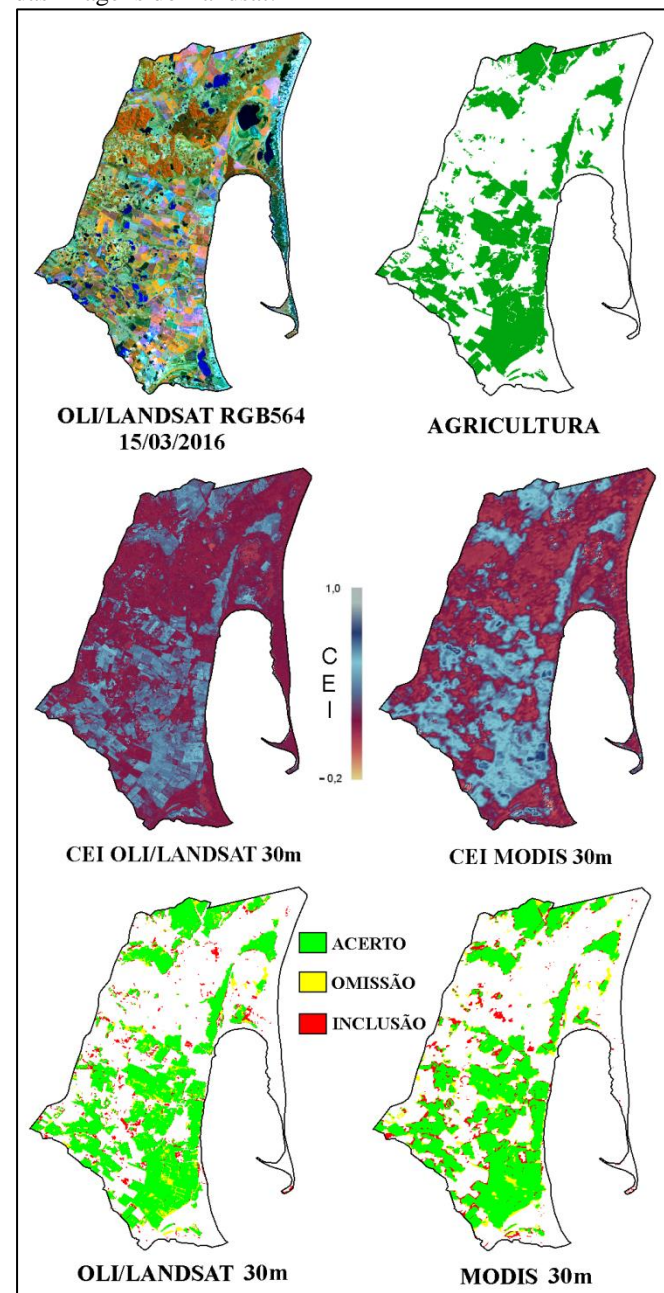


Figura 2. Imagem OLI/Landsat, mapa de referência, imagens CEI e mapas de concordância para os mapeamentos semiautomáticos das imagens OLI/Landsat e MODIS reamostradas para 30m.

[12] também utilizou a reamostragem dos pixels originais do MODIS e obteve resultados consideravelmente melhores em relação às imagens originais em um estudo visando o mapeamento da soja via imagens MODIS na região da Campanha Gaúcha [12]. Os valores de exatidão do mapeamento das imagens MODIS mostram o potencial dessas imagens no mapeamento de alvos agrícolas em

grandes regiões, uma vez que seu largo campo de visada aumenta muito a probabilidade de aquisição de imagens e a consequente geração de produtos com grande probabilidade de estarem livres de cobertura de nuvens, como é o caso do produto utilizado. As imagens do MODIS reamostradas podem ser usadas isoladamente em estudos que visem compor um sistema de alerta para mudanças abruptas da paisagem ou ainda conjuntamente com as do Landsat para substituir imagens ou pixels contaminados por nuvens.

#### 4. CONCLUSÕES

A metodologia apresentada demonstrou potencial satisfatório na identificação e mapeamento semiautomático de áreas agrícolas em escala municipal e pode ser um bom indicador da mudança de uso e cobertura do solo em regiões de fronteira agrícola.

As imagens MODIS reamostradas demonstraram potencial para substituir as do Landsat para o mapeamento de áreas agrícolas em grandes regiões onde a cobertura de nuvens durante a safra agrícola é frequente.

#### 5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul - FAPERGS, termo de outorga N°. 2309-2551/14-8.

#### 6. REFERÊNCIAS

- [1] Teluguntla, P., Thenkabaila, P.S., Oliphanta, A., Xiong, J., Gummac, M.K., Congalton, R.G., Yadav, K., Huete, A. "A 30-m landsat-derived cropland extent product of Australia and China using random forest machine learning algorithm on Google Earth Engine cloud computing platform", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v.144, pp. 235-340, 2018.
- [2] Rizzi, R., Rudorff, B.F.T. "Estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul por meio de imagens Landsat", *Revista Brasileira de Cartografia*, v.3, n. 57, pp. 266-234, 2005.
- [3] Rudorff, B. F. T.; Sugawara, L. M. "Mapeamento da cana-de-açúcar na região centro-sul via imagens de satélite", *Informe agropecuário*, Belo Horizonte, v.28, n.241, p.79-86. nov/dez. 2007.
- [4] Rudorff, B. F. T.; Shimabukuro, Y. E.; Ceballos, J. C. "O sensor Modis e suas aplicações ambientais no Brasil", São José dos Campos: Parêntese, 428 p., 2007.
- [5] Williams, D. L.; Goward, S.; Arvidson, T. "Landsat: yesterday, today, and tomorrow", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, v. 72, n. 10, pp. 1171-1178, Oct. 2006.
- [6] Loveland, T.R., Irons, J.R., "Landsat 8: The plans, the reality, and the legacy". *Remote Sensing of Environment*, v. 185, pp. 1-6, 2016.
- [7] Hipólito, A.W., Rizzi, R., Sosinski Jr., Lemos, G. da S. "Imagens Landsat no mapeamento e estimativa da área de soja em Tapes – RS", Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água. *Anais...* 2016.
- [8] Hipólito, A.W., Rizzi, R., Sosinski Jr. "Mapeamento e estimativa da área de arroz irrigado em Tapes/ RS por meio de imagens Landsat – safra 2015/16", XVIII Encontro de Pós-Graduação Universidade Federal de Pelotas. *Anais...* 2016.
- [9] Vermote, E., Justice, C., Claverie, M., Franch, B. "Preliminary analysis of the performance of the Landsat 8/OLI land surface reflectance product" *Remote Sensing of Environment*, v. 185, n. 10, pp. 46-56, 2016.
- [10] Zhu, Z., Wang, S., Woodcock, C. E. "Improvement and expansion of the Fmask algorithm: cloud, cloud shadow, and snow detection for Landsats 4–7, 8, and Sentinel 2 images". *Remote Sensing of Environment*, v. 159, pp. 269-277, 2015.
- [11] Rizzi, R., Risso, J., Epiphany, 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", *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, v. 14, 387-394.
- [12] Weymar Jr., L. C. N. "Identificação e mapeamento de áreas de soja na região sul do Rio Grande do Sul por meio de Imagens MODIS", *Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação do Solo e da Água) – Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas*, 79 p., 2016.