

## Mapeamento de áreas das culturas de trigo e milho 2<sup>a</sup> safra para o Estado do Paraná por meio de imagens multitemporais Modis

Rafaela Fernandes Nicolau <sup>1</sup>  
Erivelto Mercante <sup>1</sup>  
Jerry Andriani Johann <sup>1</sup>  
Denise Grzegozewski <sup>1</sup>  
Alex Paludo <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE

Rua Universitária, 2069 - Cascavel - PR, Brasil

rafa.nicolau@hotmail.com, eriveltomercante@yahoo.com.br, jerry.johann@hotmail.com,  
denisegrzegozewski@gmail.com, paludo.alex@hotmail.com

**Abstract.** Obtaining effective technologies for quantifying and forecasting the monitoring of agricultural crops highlights the search for methodologies that provide this information before harvest. The study of agricultural monitoring and/or estimated yields of winter crops using vegetation indices derived from multi-temporal data from Modis sensor, is being studied in the search for greater objectivity to the values generated. In this context, the research aims to map areas with winter crops (wheat and corn 2nd harvest), using time series of vegetation index EVI from the Modis sensor of Terra and Aqua satellites, the 2013 harvest for the state of Paraná. As a way to adjust the mapping through Modis (250 meters) sensor visual analysis, where images of high spatial resolution (30 meters) to identify the desired cultures were used was performed. Checking the quality of the mapping was assessed by using the error matrix analysis of accuracy as the Global Accuracy and the Kappa coefficient. For corn (2nd crop) and wheat, the overall accuracy reached values of 92.5% and 87.3% for corn (2nd crop) and wheat respectively, reaching the minimum acceptable value that is 85%. The Kappa index was classified as excellent and very good for the corn (2nd crop) and wheat respectively.

**Palavras-chave:** remote sensing, Modis, winter crops.

### 1. Introdução

A região escolhida para o desenvolvimento deste trabalho foi o estado do Paraná, por possuir representar aproximadamente 25% da produção nacional de milho 2<sup>a</sup> safra e 33% da produção nacional de trigo. As culturas de inverno totalizaram em 2013 uma produção de 6.700 milhões de toneladas, sendo o Paraná responsável por 36% dessa produção. A estimativa é que haja um acréscimo de 17% na safra nacional de trigo em 2014 (IBGE, 2014).

O conhecimento prévio da produção dos principais *commodities* é importante para o controle eficiente das importações e exportações tanto para a balança comercial como também para o abastecimento do mercado interno. Por isso, a importância da obtenção de tecnologias eficazes que quantifique a previsão de safras agrícolas, o conhecimento de informações a partir de áreas cultivadas que perdure durante todo o desenvolvimento da cultura. O acompanhamento da produção agrícola, em grande parte, ainda é realizado por meios de questionários, de maneira subjetiva e onerosa por órgãos oficiais brasileiros como o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), SEAB (Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Paraná) e o DERAL (Departamento de Economia Rural) (MERCANTE, 2007).

O sensoriamento remoto se evidencia como uma ferramenta valiosa na coleta de dados de maneira rápida e relativamente de baixo custo. O uso de imagens de satélites concede a identificação e a quantificação de informações mais precisas e ágeis, auxiliando no levantamento de dados agrícolas. O sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (Modis) mostra-se de maneira eficiente por possuir moderada resolução espacial, baixo custo de aquisição de dados e alta resolução temporal, permitindo o mapeamento e monitoramento de culturas em escala regional.

Neste contexto, autores como Casady *et al.*, (2013), Potgieter *et al.*, (2013), Lobell *et al.*, (2013), Pan *et al.*, (2012) entre outros, estudaram o monitoramento agrícola e/ou estimativa de safra de culturas de inverno utilizando índices de vegetação extraídos de imagens multi-temporais do sensor Modis. Apesar de obterem resultados satisfatórios, as variáveis agroclimáticas bem como as especificidades das variedades das culturas tornam-se desafios para o desenvolvimento de métodos mais precisos para tais objetivos.

O objetivo deste trabalho foi mapear as áreas com as culturas de inverno de trigo e milho (2ª safra), a partir de séries temporais de imagens do sensor Modis satélites Terra e Aqua, ao longo do ciclo de desenvolvimento das culturas para a safra de 2013.

## 2. Metodologia de trabalho

O estudo compreende o estado do Paraná, região sul do Brasil, situado entre os paralelos 22°29'S e 26°43'S e os meridianos 48°2'W e 54°38'W (Figura 1). É constituído por 399 municípios, entretanto, nem todos cultivam trigo e/ou milho (2ª safra). As regiões paranaenses produtoras das culturas de milho (2ª safra) e trigo podem ser visualizadas na Figura 2, assim, foram utilizados dados do IBGE (2014) para elaboração dos mapas.

As imagens de satélites foram obtidas da base de dados da Embrapa Informática Agropecuária. Estes dados fazem parte do produto MOD13Q1.5 e MYD13Q1 do sensor Modis a bordo dos satélites Terra e Aqua respectivamente, que possui produtos, como os índices de vegetação com resolução espacial de 250 metros e resolução temporal de 16 dias.

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas imagens do *tile* h13v11 de EVI, no período de todo o ciclo vegetativo da safra de inverno (2013) das culturas de trigo e milho (2ª safra).

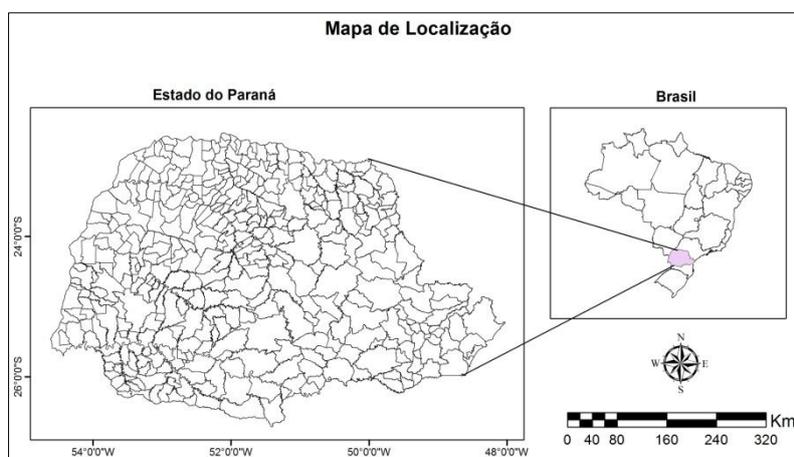


Figura 1. Mapa de localização do Estado do Paraná

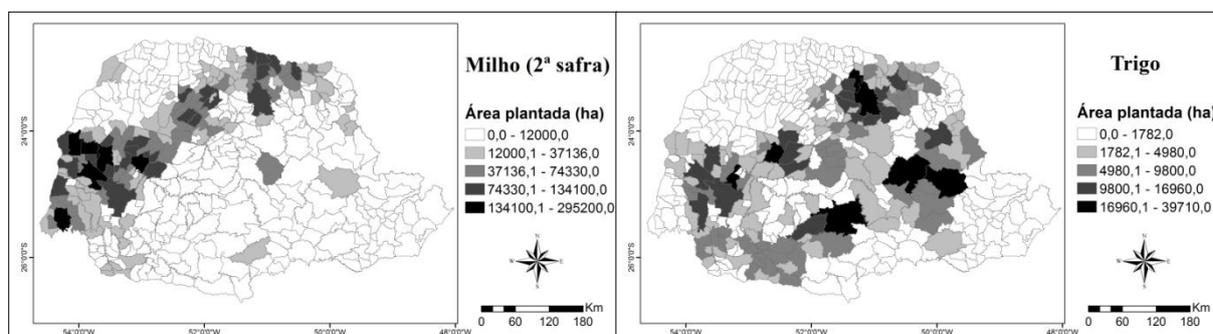


Figura 2. Mapas de área plantada média de 5 anos, com as culturas de milho (2ª safra) e trigo, no estado do Paraná

## 2.1 Métodos

### 2.1.1 Seleção de pixels puros e extração dos perfis temporais de EVI

Para contemplar o ciclo das culturas estudadas, foram utilizadas imagens Landsat-8. Adaptando as técnicas de interpretação visual de imagens segundo Mercante *et al.*, (2012) e avaliando o perfil temporal, foi possível identificar talhões de trigo e milho (2ª safra), que correspondem às dimensões dos pixels das imagens Modis (250 x 250 m) selecionando-se somente os pixels que expressam unicamente o padrão espectral de cada cultura estudada, como pode ser verificado na Figura 3.

Com as coordenadas dos pixels puros foi possível extrair os valores de EVI utilizando uma rotina IDL (ESQUERDO, 2007; ESQUERDO et al., 2011). Para cada pixel utilizado foi gerado um perfil temporal médio para cada cultura em estudo.

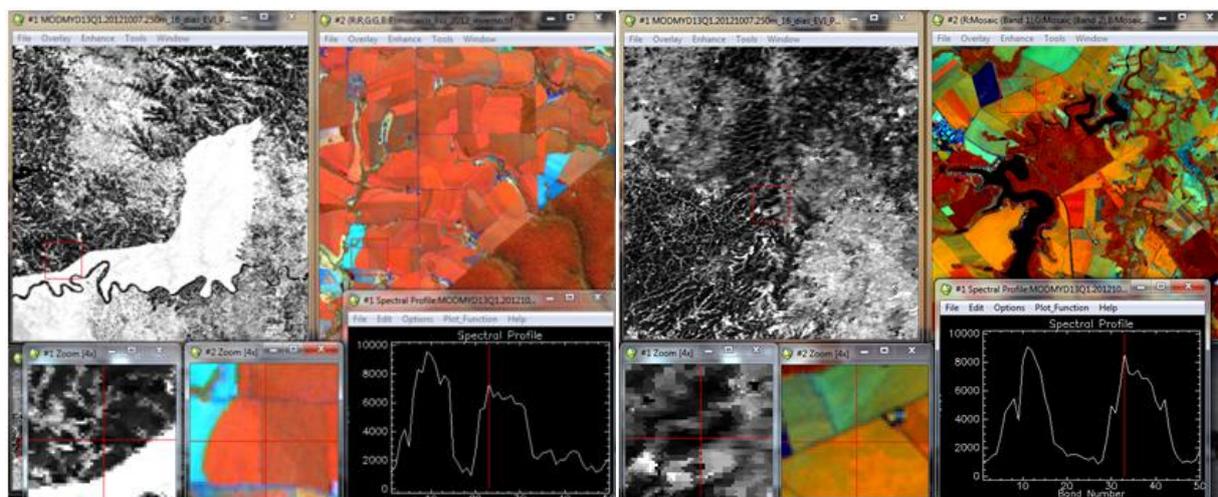


Figura 3. Identificação das culturas de milho 2ª safra (imagem esquerda) e trigo (imagem direita) nas imagens Modis e Landsat 8 para a safra de 2013.

### 2.1.2 Geração das Imagens de Mínimo e Máximo EVI

Para gerar as máscaras de trigo e milho (2ª safra), adaptou-se a metodologia proposta por Johann *et al.*, (2012) que consiste na utilização de múltiplas imagens Modis, para geração das “Imagens de Mínimo” e a “Imagens de Máximo” EVI. Foi utilizado um sistema de extração de dados de imagens desenvolvido por Esquerdo (2007) em linguagem IDL.

A “Imagem de Mínimo EVI” representa a fase de pré-plantio até o desenvolvimento inicial das culturas e a “Imagem de Máximo EVI” representa o pico vegetativo das culturas, ou seja, o final do desenvolvimento, florescimento e formação de colheita. Para a definição das datas, foram analisados os perfis temporais de EVI para cada cultura separadamente, verificando os períodos de semeadura e pico vegetativo em todas as regiões do estado, levando em consideração, que as épocas de cultivo de ambas as culturas são distintas.

Foram utilizadas as imagens de janeiro (01/01/2013) a março (14/03/2013) para gerar as imagens de mínimo e as imagens de março (22/03/2013) a junho (10/06/2013) para gerar as imagens de máximo para o milho 2ª safra. Para a cultura do trigo, foram utilizadas imagens de março (30/03/2013) a junho (10/06/2013) para a composição das imagens de mínimo e as imagens de junho (18/06/2013) a outubro (08/10/2013) para a composição das imagens de máximo.

### 2.1.3 Composição colorida e extração RGB

A composição colorida RGB foi realizada utilizando o *software* ENVI 5.0. As culturas de trigo e milho (2ª safra) foram trabalhadas separadamente, assim, para cada cultura em estudo,

foi utilizada a Imagem de Mínimo e de Máximo. Assim, a imagem de máximo EVI foi colocada no canal R e a imagem de mínimo EVI foi colocada nos canais G e B, resultando em uma composição colorida em que as áreas em vermelho representam as culturas estudadas (Figura 4).

Posteriormente, os valores originais de EVI foram transformados para níveis de cinza (NC), e realizada a extração RGB, que baseia-se na extração de áreas de cultura de interesse utilizando valores de cortes nos canais R e GB, resultando apenas na cultura desejada (máscara) (JOHANN et al., 2012). Este sistema separa os valores de corte em NC, para o canal R e para os canais G e B, estabelecidos por testes pelo usuário. Assim, para cada teste, os pixels foram classificados os que tiveram valores maiores que o corte definido no canal R e valores menores que o corte definido para os canais G e B, resultando nas culturas de trigo e milho 2ª safra.

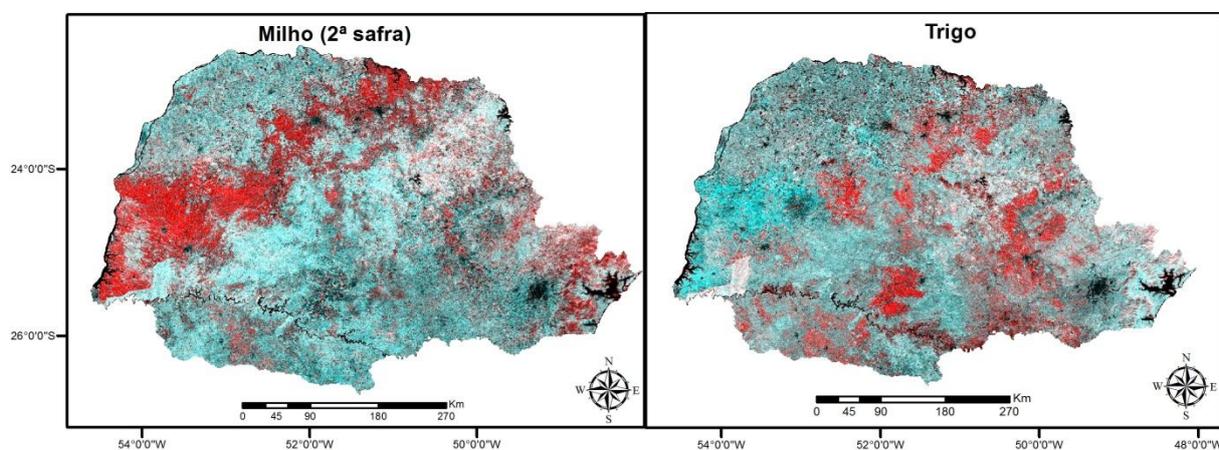


Figura 4. Composição RGB de imagens de máximo (R) e mínimo (GB) EVI/Modis, para o estado do Paraná, baseado na safra 2013. As áreas vermelhas correspondem às culturas de inverno.

## 2.2 Análise das máscaras

### 2.2.1 Análise de acurácia espacial

A avaliação da exatidão das máscaras foi realizada por meio das matrizes de erros, que segundo com Foody (2002), foi adotada a metodologia chamada de painel amostral que caracterizou-se pela distribuição aleatória de pontos amostrais dentro do limite das áreas em estudo, realizando um levantamento das classes de uso do solo de cada ponto (LUIZ et al., 2002).

Foram utilizados 400 pontos amostrais espalhados de forma aleatória sobre cada mapeamento, sendo 50% sorteados sobre o alvo de interesse (trigo ou milho 2ª safra) e 50% fora do mapeamento. Este procedimento visa balancear a análise dos erros de Omissão e Inclusão da análise de acurácia.

A avaliação dos pontos para se determinar a qual classe eles eram pertencentes, foi realizada por inspeção visual nas imagens de média resolução espacial, em composição colorida falsa cor RGB-453 nas imagens LISS3, determinando-se as matrizes de erros de cada máscara confeccionada.

A partir da matriz de erros, foi calculada a Exatidão Global (EG) (Equação 1), que significa o total de acertos em relação ao total de amostras da imagem classificada, que de acordo com Foody (2002), o valor mínimo aceito que indica o sucesso da classificação foi padronizado em 85%.

$$EG = \frac{A}{n} * 100 \quad (1)$$

em que: EG = exatidão global; A = acerto geral (pontos amostrais com acerto); n = número de pontos amostrais.

O coeficiente Kappa (COHEN, 1960) (Equação 2), obtido por meio da matriz de erros, utilizado para expressar a precisão da classificação. Este índice vem sendo recomendado, por apresentar vantagens sobre a EG ao incorporar todas as amostras classificadas de forma correta e incorreta da matriz dos erros ao invés de apenas utilizar aquelas que se situam na diagonal principal da mesma. A avaliação da qualidade da classificação proposta por Landis e Koch (1977) pode ser verificada na Tabela 1.

$$K = \frac{[n \cdot \sum_{i=1}^r x_{ij} - \sum_{i=1}^r (x_i \cdot x_j)]}{[n^2 - \sum_{i=1}^r (x_i \cdot x_j)]} \quad (2)$$

em que: K = coeficiente Kappa; n = número de pontos amostrais; r = número de linhas da matriz de erros;  $x_{ij}$  = observações da linha i e coluna j;  $x_i$  = total marginal da linha i;  $x_j$  = total marginal da coluna j;

Tabela 1 Qualidade de classificação associada com os valores do Kappa.

Índice Kappa	Qualidade
< 0	Péssima
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Boa
0,61 a 0,80	Muito Boa
0,81 a 1,00	Excelente

Adaptado de Landis e Koch (1977)

### 3. Resultados e Discussão

A identificação das culturas de trigo e milho (2ª safra) foi realizada pela análise do perfil espectro-temporal de uma série de imagens multi-temporais de EVI/Modis (Terra/Aqua) amontoadas no período do ciclo de cada cultura, verificando principalmente as datas de plantio e colheita. Na Figura 5 ilustra o perfil temporal de EVI das culturas de trigo e milho (2ª safra) para a safra de 2013.

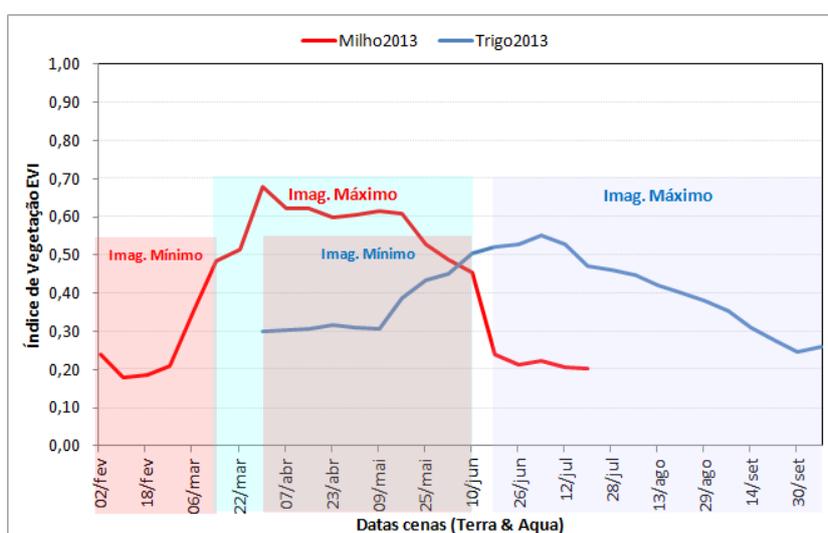


Figura 5. Perfil temporal utilizando o EVI das culturas de trigo e milho 2ª safra.

Na geração das máscaras das culturas de trigo e milho (2ª safra), entre os vários testes realizados de cortes de NC, para os canais da composição RGB, os melhores resultados encontrados foram para a cultura do trigo, quando definiu-se 180 como valor de corte para o canal R e 130 como valor de corte para os canais G e B e para a cultura do milho (2ª safra), quando definiu-se 180 como valor de corte para o canal R e 100 como valor de corte para os canais G e B.

A distribuição espacial das culturas de trigo e milho (2ª safra) para a safra de 2013 para o Estado do Paraná é ilustrada na Figura 6. A região oeste é a maior produtora de milho (2ª safra) no estado e nas regiões dos campos gerais, centro-sul e noroeste evidencia-se a produção de trigo no estado. Na Tabela 2 constam os números de pixels e área que correspondem as máscaras confeccionadas para as duas culturas estudadas.

Tabela 2 Valores de pixels e área correspondentes as máscaras		
Safra 2013		
	Pixels	Área (ha)
Milho (2ª safra)	253.034	1.967.995
Trigo	245.237	1.257.707

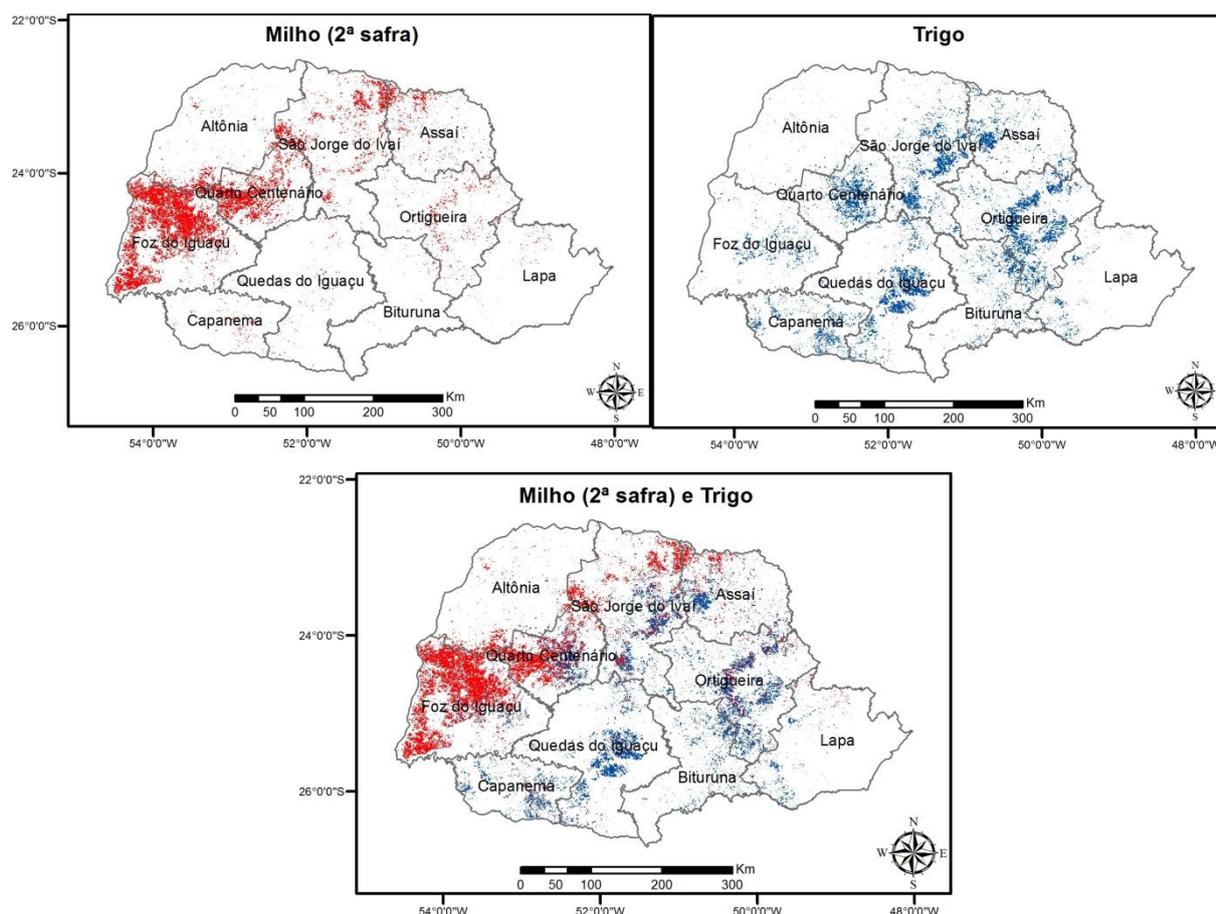


Figura 6. Máscaras Modis para as culturas de milho (2ª safra) e trigo no Paraná.

### 3.1 Análise de acurácia das máscaras

Os resultados da análise de acurácia como exatidão global e o índice Kappa das máscaras confeccionadas a partir do índice de vegetação EVI podem ser verificados na Tabela 2. Para a cultura do milho (2ª safra) e trigo, a exatidão global alcançou valores de 92,5% e 87,3%

respectivamente, atingindo o valor mínimo aceito que é de 85% segundo Foody (2002). O índice Kappa, segundo a classificação descrita por Landis e Koch (1977), foi classificado como excelente e muito boa para as culturas de milho (2ª safra) e trigo respectivamente.

Tabela 3 Análise da acurácia das máscaras.

Culturas	Exatidão Global	Índice Kappa	Classificação Índice Kappa
Milho (2ª safra)	92,5%	0,850	Excelente
Trigo	87,3%	0,745	Muito boa

Outra maneira de se avaliar a acurácia, é por meio da análise dos erros de inclusão (EI) e dos erros de omissão (EO) presentes na classificação (Congalton & Green, 1999). Notou-se que as amostras sorteadas sobre a máscara de milho (2ª safra) foi de 7,5% de EI e sobre a máscara de trigo foi de 6,4%, ou seja, a máscara classificou erroneamente estas áreas como sendo de milho, mas, na realidade, eral outros alvos. Nas amostradas sorteadas sobre as áreas “não culturas”, houve variação entre 7,5% (milho 2ª safra) e 17,5% (trigo) de EI, que representam os valores de culturas de milho ou trigo não selecionadas pela máscara. Os EO variaram de 7,5% (milho 2ª safra) e 20% (trigo), ou seja, esta foi a proporção de amostras que foram excluídas da classificação das culturas.

#### 4. Conclusões

A utilização de imagens multi-temporais do sensor Modis mostrou-se uma ferramenta importante, permitindo o mapeamento das culturas de trigo e milho (2ª safra) para a safra de 2013. A diferença entre as datas de semeadura das culturas estudadas, permitiu a identificação de cada uma delas analisando o perfil temporal obtido pelo índice de vegetação EVI.

#### 5. Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola/ UNIOESTE, campus Cascavel, à Embrapa Informática pela oportunidade de estágio e à Capes pela bolsa de doutorado.

#### Referências Bibliográficas

- Casady, G. M.; Leeuwen, W. J. D. Van; Reed, B. C. Estimating winter annual biomass in the Sonoran and Mojave Desert with satellite and ground based observations. **Remote Sensing**, v. 5, p. 909-926, 2013.
- Cohen, J. A. A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Psychological Measurement**, v. 20, p. 37-46, 1960.
- Congalton, R. G.; Green, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. CRC Press, 1999. 160p.
- Esquerdo, J. C. D. M. **Utilização de perfis multi-temporais do NDVI/AVHRR no acompanhamento da safra de soja no oeste do Paraná**. 2007. 186 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2007.
- Esquerdo, J. C. D. M.; Zullo Junior, j.; Antunes, J. F. G. Use of NDVI/AVHRR time series profiles for soybean crop monitoring in Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, v.32, p. 3711-3727, 2011.
- Foody, G. M. Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote Sensing of Environment**, v.80, n.1, p. 185-201, 2002.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2014. Disponível em:<<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em 26 jun. 2014.

Johann, J. A.; Rocha, J. V.; Duft, D. G.; Lamparelli, R. A. C. Estimativa de áreas com culturas de verão no Paraná, por meio de imagens multitemporais EVI/Modis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.9, p. 1295-1306, 2012.

Landis, J. R.; Koch, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.

Lobell, D. B.; Ortiz-Monasterio, J. I.; Sibley, A. M.; Sohu, V. S. Satellite detection of earlier wheat sowing in India and implications for yield trends. **Agricultural Systems**, v.115, p. 137-143, 2013.

Luiz, A. J. B.; Oliveira, J. C.; Epiphânio, J. C. N.; Formaggio, A. R. Auxílio das imagens de satélite aos levantamentos por amostragem em agricultura. **Agricultura em São Paulo**, v.49, p. 41-54, 2002.

Mercante, E. **Dinâmica espectral da cultura da soja ao longo do ciclo vegetativo e sua relação com a produtividade na região do oeste do Paraná**. 2007. 241 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2007.

Pan, Y.; Li, L.; Zhang, J.; Liang, S.; Zhu, X.; Sulla-Menashe, D. Winter wheat area estimation from MODIS-EVI time series data using the crop proportion phenology index. **Remote Sensing of Environment**, v. 119, p. 232-242, 2012.