

## VANT'S APLICADOS AO MONITORAMENTO DA EVOLUÇÃO VEGETATIVA DE CULTURAS AGRÍCOLAS

MAYKLYNS M. A. LINHARES<sup>1</sup>, BRENO A. S. AMARAL<sup>2</sup>, ANA P. COSTA<sup>3</sup>, NARA C. C. ROCHA<sup>4</sup>, LEONARDO G. CÂNDIDO<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mestrando em Geografia (IESA/UFG), Tecg. em Geoprocessamento, Depto. de Processamento de Imagens, Unigeo Agricultura de Precisão, Goiânia-GO, Fone: (0XX62) 3515.1115, mayklyns.linhares@unigeo.com.br.

<sup>2</sup> Graduado em Geoprocessamento (IFG), Tecg. em Geoprocessamento, Depto. de Processamento de Imagens, Unigeo Agricultura de Precisão, Goiânia-GO.

<sup>3</sup> Graduanda em Ciências Ambientais (UFG), Estagiária, Depto. de Processamento de Imagens, Unigeo Agricultura de Precisão, Goiânia-GO.

<sup>4</sup> Esp. em Geoprocessamento (IFG), Diretora de Geotecnologias, Unigeo Agricultura de Precisão, Goiânia-GO.

<sup>5</sup> Esp. em Fertilidade do Solo (EZALQ/USP), Diretor de Engenharia, Unigeo Agricultura de Precisão, Goiânia-GO.

Apresentado no  
**Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2014**  
14 a 17 de setembro de 2014 - São Pedro - SP, Brasil

**RESUMO:** O sensoriamento remoto está cada vez mais presente na agricultura de precisão e com as novidades do setor de aquisição de imagens há uma tendência de que esta relação se torne ainda mais intensa. Os VANT's são um exemplo dessas novidades e o agronegócio é um dos mercados mais visados pelos fabricantes de tais equipamentos. A fim de contribuir com a demonstração do potencial dos VANT's, o presente trabalho objetivou apresentar uma das possíveis aplicações para agricultura de precisão. A proposta aqui apresentada é o monitoramento espaço-temporal da evolução vegetativa da cultura no decorrer de seu ciclo. Para tal, uma área de soja foi monitorada por meio de quatro aerolevantamentos. Para cada um dos ortomosaicos resultantes dos aerolevantamentos foi calculado o índice de vegetação da área e o conjunto desses índices permitiu identificar regiões com menor e maior desenvolvimento vegetativo. Comparando a média dos índices de vegetação com dados do monitor de colheita notou-se também que a variação no desenvolvimento vegetativo tem influência na produção. Conclui-se então que os VANT's são eficientes para o monitoramento espaço-temporal de culturas agrícolas servindo de ferramenta para à agricultura de precisão.

**PALAVRAS-CHAVE:** índice vegetativo, análise temporal, agricultura de precisão.

## UAV'S APPLIED TO MONITORING THE VEGETATIVE EVOLUTION OF AGRICULTURAL CROPS

**ABSTRACT:** The remote sensing are increasingly present in precision agriculture and the innovations from image acquisition sector proposes a trend of this relationship becomes even more intense. The UAV's are an example of these innovations and the agribusiness is one of the markets targeted by the manufacturers of such equipment. In order to contribute to the demonstration of the potential of the UAV's this study aimed to present one of the possible

applications for precision agriculture. The proposal presented here is the spatial and temporal monitoring of vegetative evolution of culture in the course of your cycle. So a soybean field was monitored by means of four aerial surveys. For each of the ortomosaics resulting from aerial survey was calculated the vegetation index of the area and the set of these indices allowed the identification of regions with lower and higher vegetative development. Comparing the average of vegetation indices with data from yield monitors noted also that the variation in vegetative growth has a direct influence on production. It is concluded that UAV's are efficient for spatial and temporal monitoring of agricultural crops and can be used as a supporting tool for precision agriculture.

**KEYWORDS:** vegetation index, temporal analysis, precision agriculture.

## INTRODUÇÃO

Os VANT's (Veículos Aéreos Não Tripulados) são uma das mais recentes novidades do mercado de aquisição de imagens. Para empregar a tecnologia do sensoriamento remoto, os mesmos, representam uma plataforma com menor complexidade de operação. Esta relativa facilidade de operação e outros atrativos, como a possibilidade de obter fotografias de altíssima resolução espacial, cria grande expectativa também para o uso na agricultura de precisão (LINHARES et al. 2013a). Inclusive os VANT's já vêm sendo utilizados para documentar e identificar uma série de problemas relacionados ao campo (JORGE e TRINDADE JÚNIOR, 2002).

O que ainda merece atenção dos interessados em tais equipamentos é a discussão a respeito das formas de explorar ao máximo seu potencial, visando justificar o considerável investimento que é necessário para a montagem de um sistema sólido (aeronave, sensores imageadores e *softwares* de processamento). Jorge e Trindade Júnior (2002), com base na literatura, enfatizam o uso das fotografias na agricultura para: avaliação de danos causados por doenças, por insetos, pela ação dos ventos e do fogo, problemas de aplicação de herbicidas e fertilizantes, avaliação da uniformidade na irrigação, avaliação de novos produtos e mapeamento sistemático dos solos de caráter geológico, topográfico e hidrológico. Amaral et al (2013) propõe que os VANT's sejam utilizados no monitoramento contínuo das culturas agrícolas, ou seja, na realização de mais de um levantamento ao longo do ciclo da cultura. Os autores ainda destacam a possibilidade de utilizar técnicas como a classificação de imagens e o cálculo de índices vegetativos como auxílio à interpretação das fotografias.

Estes e outros autores, ao propor o uso de tais equipamentos no monitoramento agrícola se baseiam, principalmente, nos fatos de que as imagens obtidas por sensoriamento remoto têm tido grande sucesso no estudo da vegetação e as características dos VANT's colaboram para que estas tenham uma participação mais efetiva na agricultura.

O grande sucesso do uso de imagens de sensoriamento remoto, no monitoramento da vegetação é devido à radiação eletromagnética. Uma imagem, obtida por um aerolevantamento ou por uma plataforma orbital, "é registrada pelo sensor por meio da radiação eletromagnética" (MENESES, 2012a, p. 3), que por sua vez, quando referente à vegetação, apresenta um comportamento variável, de acordo com o estado de saúde ou o estágio de desenvolvimento natural da planta (PONZONI e SHIMABUKURO, 2010). Já os VANT's podem colaborar de forma mais efetiva com agricultura de precisão por apresentar características mais compatíveis com as necessidades deste setor quando comparados a outras plataformas. Por exemplo, os VANT's obtêm resolução espacial submétrica sem as complexidades da aerofotogrametria e não dependem de uma data em específico ou um intervalo de dias para obter imagens de um mesmo ponto, o que é o caso dos satélites.

O objetivo do presente trabalho é contribuir com a demonstração do grande potencial dos VANT's apresentando uma das principais aplicações dos mesmos para agricultura de precisão, que é o monitoramento espaço-temporal.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em uma área de consultoria da empresa Unigeo Agricultura de Precisão com área equivalente a 142,2 ha, localizada no estado do Mato Grosso, cujo plantio era da cultura de soja, trabalhada na safra 2012/2013. Entre os meses de novembro (2012) e fevereiro (2013) foram realizados quatro aerolevantamentos com um VANT, sendo um voo a cada mês, ocorridos nas respectivas datas: 27/11/2012; 31/12/2012; 23/01/2013; e 20/02/2013. Em tais datas a soja encontrava-se, respectivamente, nos seguintes estádios vegetativos: V2; transição do R2 para o R3; transição do R4 para o R5; e transição do R6 para o R7. A avaliação do estágio vegetativo foi realizada considerando o talhão como um todo. Não foi possível a manutenção do intervalo exato de um mês entre os voos devido ao fato da operação do equipamento ser muito dependente das condições climáticas.

O equipamento utilizado no estudo foi um VANT modelo TIRIBA e uma câmera fotográfica convencional, modelo Canon PowerShot S100. O TIRIBA é um modelo do tipo planador, fabricado de madeira balsamada com fibra de vidro, possui 1,5 m de asa, utiliza motor elétrico de 14,8 volts e tem uma capacidade de carga equivalente a 1,5 kg. A Canon PowerShot S100 é uma câmera comum, com 12,1 megapixels e peso aproximado de 198 g. Esse modelo de câmera capta informações apenas na região espectral chamada de visível, ou seja, vermelho, verde e azul (RGB, dos nomes em inglês *red*, *green* e *blue*).

Cada um dos quatro voos resultou em um conjunto de fotografias (com 10 cm/pixel de resolução espacial), que foi submetido a um processo de montagem de ortomosaico utilizando o programa Agisoft PhotScan Pro, conforme sugere Amaral e Fernandes (2013). Os ortomosaicos gerados foram então utilizados para calcular os índices de vegetação da área, sendo um para cada ortomosaico.

Devido à câmera captar informações apenas na região do RGB (visível) adotou-se o índice MPRI (*Modified Photochemical Reflectance Index*), que foi proposto por Yang, Willis e Muller (2008) e validado como indicador vegetativo por Linhares, Rocha e Amaral (2013). Este índice pode ser calculado conforme a Equação (1). É válido ressaltar que o MPRI apresenta bons resultados para análise de culturas agrícolas, como pode ser visto em Linhares et al. (2013a e 2013b).

$$MPRI = \frac{\text{Green}-\text{Red}}{\text{Green}+\text{Red}} \quad (1)$$

em que,

MPRI - *Modified Photochemical Reflectance Index*;

Green - informação obtida na região espectral do verde;

Red - informação obtida na região espectral do vermelho.

Todo o processo de cálculo com as imagens foi realizado no programa TNT MIPS. Os dados de índice de vegetação foram analisados por meio da interpretação da dinâmica temporal, observando a média obtida para toda a área em cada um dos quatro aerolevantamentos e pela variabilidade espacial, calculando a média de todo o período monitorado (ivm). Por fim, o ivm foi comparado, especialmente, com os dados obtidos com um monitor de colheita.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta os ortomosaicos gerados a partir de fotografias obtidas nos quatro aerolevantamentos realizados, onde é possível observar, analisando a coloração, uma variação no comportamento da soja no decorrer de seu ciclo.

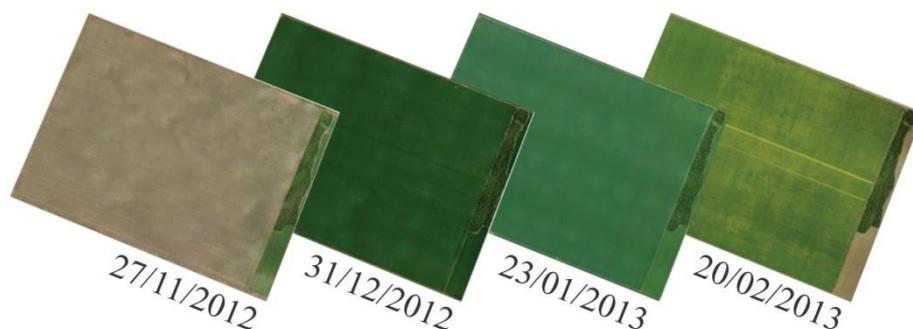


FIGURA 1. Ortomosaicos referentes aos quatro aerolevantamentos realizados.

Essa variação é nítida se observada a Figura 2, que apresenta os resultados da variabilidade espacial em um esquema para demonstrar a disposição dos valores médios dos índices de vegetação calculados, bem como o relacionamento destes com o estágio vegetativo em que se encontrava a soja nas datas de realização dos aerolevantamentos.

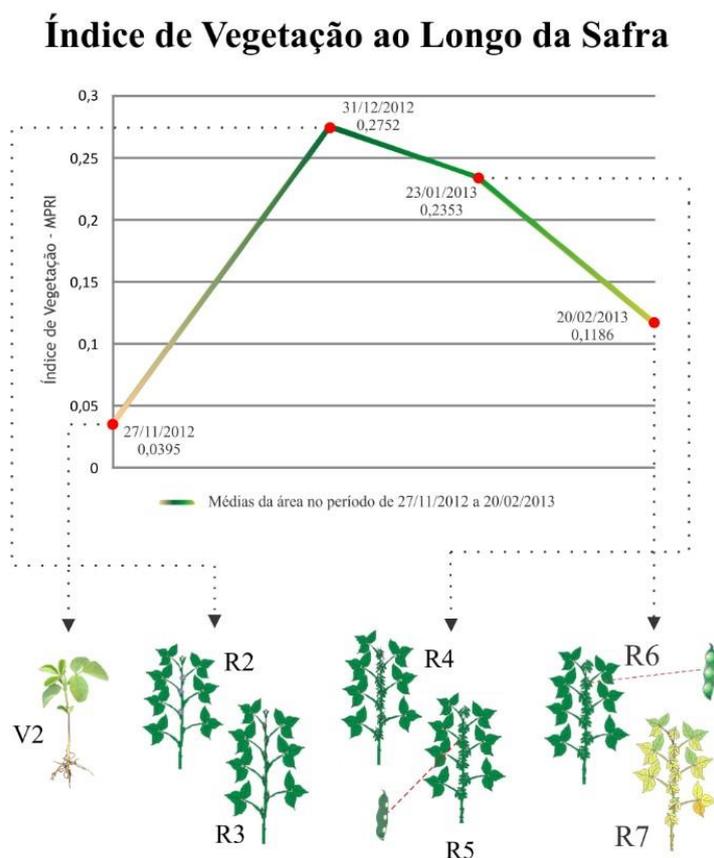


FIGURA 2. Esquema demonstrando o desenvolvimento vegetativo da área, observado pelo índice de vegetação médio (MPRI) e sua relação com os estádios vegetativos.

Como pode ser observado, no primeiro levantamento foi obtida a menor média para o índice vegetativo da área. Levando em consideração as características da soja no estágio vegetativo em que se encontrava, o baixo valor para a média do índice vegetativo pode ser explicado por um fenômeno do sensoriamento remoto, que é a mistura espectral. Para a compreensão do que vem a ser mistura espectral é preciso entender como se dá a formação de um *pixel*. Meneses (2012b, p.77) explica da seguinte maneira:

“O sensor registra os *pixels* no formato de uma grade retangular ou quadrada, e o valor do *pixel* correspondente ao valor de radiância, emitância ou de retroespalhamento dos alvos é convertido no sensor para um valor digital discreto e finito. O valor digital do *pixel* é uma média dos valores de radiância, emitância ou retroespalhamento, dos diferentes alvos que podem estar contidos no *pixel*. Os *pixels* podem ser *pixels* puros (um só objeto) ou *pixels* misturas”.

Tomando por base a dinâmica da formação de um *pixel*, pode-se afirmar que para o primeiro levantamento os *pixels* que compõem o ortomosaico encontram-se contaminados (*pixels* misturas) com a presença do solo, já que no estágio V2 a soja ainda não tem as devidas dimensões para formar um dossel na área. Este fato pode ser observado no próprio ortomosaico onde o aspecto apresentado tende a uma aparência mais similar ao solo do que a vegetação. A Figura 3 apresenta um esquema para melhor compreensão do que seria a mistura espectral.

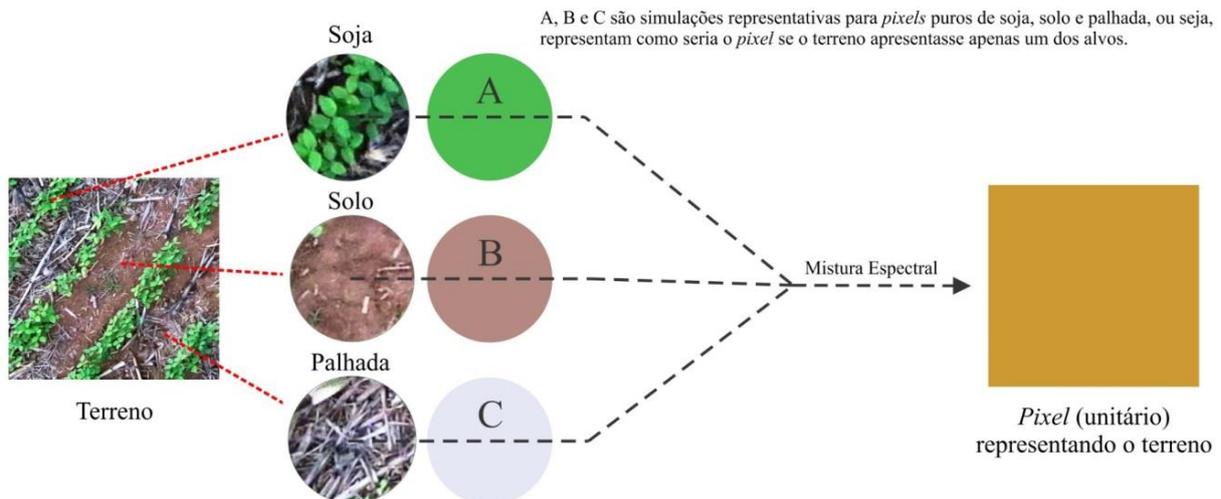


FIGURA 3. Representação da formação de um *pixel* com mistura espectral.

No segundo e no terceiro aerolevanteamento têm-se os maiores valores para a média dos índices vegetativos e entre eles ocorrem a menor diferença de valores. Nesta situação temos a soja em dois momentos dentro de seu estágio reprodutivo, a transição de R2 para R3 e de R4 para R5, onde a área é caracterizada por um dossel com grande verdor ou vigor vegetativo. Não é possível ponderar com exatidão sobre a causa da leve perda no índice vegetativo, observada entre o segundo e o terceiro levantamento, pois as razões podem ser variadas indo, desde as condições de luminosidade do dia do voo até a questões naturais ao ciclo da soja.

No quarto aerolevanteamento observa-se uma queda acentuada no índice vegetativo o que é explicado pelo fato da soja, em parte do talhão, estar entrando para o estágio R7, que marca o início da maturação (FARIAS; NEPOMUCENO; MEUMAIER, 2007). A situação também pode ser observada visualmente no ortomosaico, onde são nítidas as regiões do dossel que são afetadas pelo amarelecimento das folhas.

Já quando analisada a variabilidade espacial observa-se que na área existem diversas regiões com um comportamento distinto, variando entre áreas que têm um bom teor vegetativo e outras com resultados não tão bons. Essa variação observada tem relação com a produção que foi alcançada, é o que mostra a Figura 4 (comparação entre o ivm e os dados de produção

obtidos pelo monitor de colheita), onde é possível observar que as regiões em que se concentram os maiores teores vegetativos são justamente aquelas que mais produziram. De forma que se confirma a existência de uma relação entre os índices calculados por meio dos ortomosaicos com a realidade de campo.

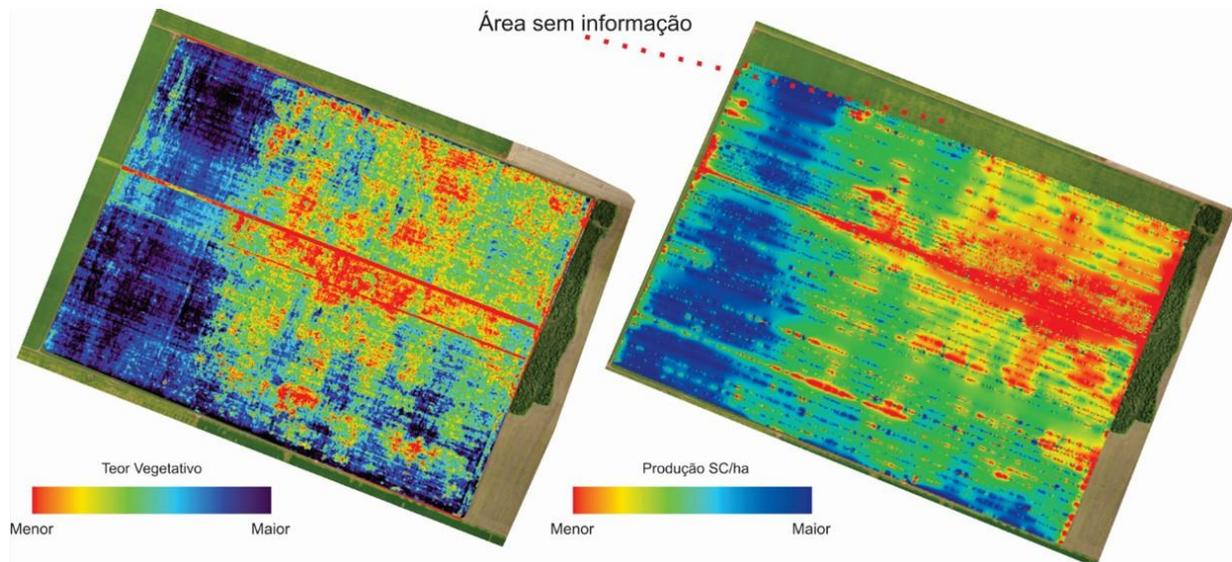


FIGURA 4. Variabilidade espacial do índice vegetativo comparada aos dados de produção do monitor de colheita.

Outro fator importante observado neste estudo diz respeito ao cálculo de índices vegetativos. Para a realização dos mesmos é necessário que seja considerado o estágio de desenvolvimento da cultura. Conforme foi apresentado há outros fatores, distintos daqueles relacionados à saúde da planta, que podem influenciar nos resultados do índice vegetativo, como a presença de informações do solo na formação do *pixel* ou o amarelecimento causado pela maturação. Assim sendo, recomenda-se que, para o cálculo do índice vegetativo, sejam utilizadas imagens obtidas após a formação do dossel na área (todo o solo coberto pela cultura) e antes da fase de maturação.

## CONCLUSÕES

O resultado do monitoramento espaço-temporal realizado na área comprova a eficiência dos VANT's para o fornecimento de fotografias aéreas que poderão servir no acompanhamento do desenvolvimento de culturas agrícolas.

Por meio do processamento das fotografias obtidas pelo imageamento aéreo realizado com VANT é possível compreender melhor a variabilidade existente na área, ou seja, identificar os locais de maior e menor desenvolvimento vegetativo. Conhecer essa variabilidade é muito importante para se aplicar o princípio base da agricultura de precisão, que é o tratamento das regiões que compõem uma área de forma diferenciada, conforme as necessidades observadas.

Para a área em que o estudo foi desenvolvido, seria possível, após o monitoramento espaço-temporal, traçar estratégias para identificar as razões pelas quais determinadas áreas se apresentam com maior ou menor teor vegetativo. A relevância deste dado fica comprovada ao comparar o índice vegetativo médio (baseado nos quatro voos) com os dados do monitor de colheita.

## AGRADECIMENTOS

Os sinceros agradecimentos dos autores ao Grupo Floresta pelo investimento e confiança destinados a este e a outros projetos. Um agradecimento especial aos colegas do Operacional da empresa Unigeo, por tamanha disposição em colaborar para com as pesquisas realizadas.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, B. A. S. Uso de veículos aéreos não tripulados como plataforma para aquisição de fotografias aéreas para o monitoramento contínuo de áreas agrícolas. In: Reunião Oeste de Ciências do Solo, 2, 2013, Rio Verde-GO, **Anais...** Rio Verde-GO: IFG, 2013.

AMARAL, B. A. S.; FERNANDES, J. E. **Avaliação geométrica de ortomosaicos obtidos a partir de levantamento com VANT**. 2013. Monografia (graduação em tecnologia em geoprocessamento) – Coordenação de geomática, Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia, Goiânia, 2013.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Circular Técnica: Ecofisiologia da Soja**. Londrina-PR: Embrapa, 2007, v. 48. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/download/cirtec/cirtec48.pdf>. Acesso em: 05 Ago. 2014.

JORGE, L. A. C.; TRINDADE JÚNIOR, O. **Circular Técnica: Metodologia para utilização de aeromodelos em monitoramento aéreo**. São Carlos-SP: Embrapa, 2002, v. 15. Disponível em: [http://www.cnpdia.embrapa.br/publicacoes/download.php?file=CiT15\\_2002.pdf](http://www.cnpdia.embrapa.br/publicacoes/download.php?file=CiT15_2002.pdf). Acesso em: 24 Mai. 2014.

LINHARES, M. M. A. et al. Definição de zonas de manejo para análise e manejo do solo baseadas em fotografias aéreas de câmeras convencionais. In: Reunião Oeste de Ciências do Solo, 2, 2013, Rio Verde-GO, **Anais...** Rio Verde-GO: IFG, 2013a.

\_\_\_\_\_. Avaliação do índice vegetativo MPRI (*Modified Photochemical Reflectance Index*) como parâmetro de monitoramento de áreas agrícolas. In: Reunião Oeste de Ciências do Solo, 2, 2013, Rio Verde-GO, **Anais...** Rio Verde-GO: IFG, 2013b.

LINHARES, M. M. A.; ROCHA, N. C. C.; AMARAL, B. A. S. Análise do índice MPRI como indicador vegetativo através da correlação do mesmo com o índice NDVI. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16, 2013, Foz do Iguaçu-PR, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013.

MENESES, P. R. Princípios do Sensoriamento Remoto. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. Org(s). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília-DF: UnB, 2012a. p. 1-31.

\_\_\_\_\_. Formato das Imagens de Sensoriamento Remoto. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. Org(s). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília-DF: UnB, 2012b. p. 1-31.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. São José dos Campos: Ed. Parêntese, 2010. 130 p.

YANG, Z.; WILLIS, P.; MUELLER, R. Impact of Band-Ratio Enhanced AWIFS Image to Crop Classification Accuracy. In: Pecora – The Future of Land Imaging... Going Operational, 17. 2008, Denver, Colorado, USA. **Proceedings...** Maryland: (ASPRS), 2008.