

## EFICIÊNCIA DO USO DE LUZ DA CULTURA DA SOJA, EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL

Douglas Vieira Marques (1); José Normand Vieira Fernandes (1); Robson de Sousa Nascimento (2); Valéria Peixoto Borges (3)

<sup>1</sup>Universidade Federal da Paraíba- Centro de Ciências Agrárias- CCA/UFPB, douglasagroce@hotmail.com; <sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba- Centro de Ciências Agrárias- CCA/UFPB, normand.agronomia@yahoo.com; <sup>3</sup>Universidade Federal da Paraíba- Centro de Ciências Agrárias- CCA/UFPB, nascimento.professor@gmail.com; <sup>4</sup>Universidade Federal da Paraíba- Centro de Ciências Agrárias- CCA/UFPB, valpborges@gmail.com

**Resumo:** Para que o Brasil permaneça no patamar de maior produtor mundial da soja, se faz necessário uso de tecnologias cada vez mais precisas. O sensoriamento remoto se torna uma ferramenta bastante interessante. Através do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, cuja sigla em inglês é NDVI, permite determinar a eficiência do uso de luz a partir de dados de sensoriamento remoto. O presente trabalho teve como objetivo a determinação da eficiência do uso de luz da cultura da soja em sistemas de plantio direto e plantio convencional na região de Uruçuí – PI, a partir do NDVI, utilizando imagens orbitais OLI – Landsat 8. Foram utilizadas imagens da órbita e ponto 220/66, obtidas em condição livres de nuvens. Assim, trabalhou-se em imagens de maio a dezembro de 2013. A partir das cenas Landsat foram gerados os valores de reflectância no topo da atmosfera para posteriormente obter os valores de NDVI. Dados meteorológicos da estação local do INMET foram aplicados para caracterização das condições meteorológicas e obtenção da evapotranspiração de referência. Juntamente com as imagens de NDVI e dados da temperatura do ar foram determinadas a eficiência do uso de luz ( $\epsilon$ ). O maior valor de eficiência do uso de luz encontrou-se no final do período chuvoso da região na data 19 de maio de 2013 e os menores valores no mês de setembro compreendendo o período de estiagem. A soja em sistema de plantio direto apresentou uma eficiência do uso de luz mais constante em relação ao plantio convencional.

**Palavras chaves:** NDVI, Landsat 8, Sensoriamento Remoto, Meteorologia.

### INTRODUÇÃO

O Brasil se encontra entre as dez maiores economias do mundo com um PIB de mais de US\$ 2 trilhões em 2013, sendo que a agricultura apresenta um importante papel na participação do PIB brasileiro, representados por cerca de 5,4%. (Indicadores de Desenvolvimento Mundial, 2014). As exportações agrícolas do Brasil desempenham um papel importante nos mercados internacionais, sendo o segundo maior exportador agrícola mundial.

A produção de soja brasileira conseguiu ultrapassar em 2013, os Estados Unidos, se tornando assim o maior produtor mundial da cultura da soja.

Para que o Brasil permaneça no patamar de maior produtor mundial da soja, se faz necessário uso de tecnologias cada vez mais precisas, possibilitando a manutenção ou elevação da produtividade, sendo que o verdadeiro desafio passa a ser: Aumentar a produção utilizando a mesma área, permitindo assim uma forma mais econômica da utilização das propriedades e um desenvolvimento mais sustentável, evitando desmatamento para aberturas de novas áreas agrícolas, contribuindo com o bem-estar ambiental.

Importante analisar a relação entre o ambiente e a planta e compreender como se concretiza o crescimento das plantas, boa parte responsável pelo processo de crescimento das plantas dependem do saldo de matéria seca acumulada pela fotossíntese. A produção de fitomassa seca é conduzida pela radiação fotossinteticamente ativa RFA (Monteith, 1965). Dessa maneira, a RFA interceptada, que é convertida em fitomassa, revela a eficiência do uso da radiação - e pela espécie (Monteith, 1977).

Conforme Monteith & Unsworth (1990), às deficiências em água e nutrientes no solo, ao ataque de pragas e doenças, à concorrência com plantas infestantes e ainda, à cobertura parcial do solo pela cultura em análise, comprometem a eficiência de uso da radiação solar tornando-as na maioria das vezes, baixa.

Para a medição da eficiência do uso de radiação para a cultura como a soja, o sensoriamento remoto se torna uma ferramenta bastante interessante. Alguns modelos consideram a relação entre índices de vegetação com fotossíntese e coeficientes de cultivo (Simonneaux et al., 2008; Patel et al., 2010; Er-Raki et al., 2013) Dentre os modelos existentes o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, cuja sigla em inglês é NDVI se destaca, este método por sua vez permite determinar a biomassa a partir de dados de sensoriamento remoto, com isso a simples aplicação, utilização de poucos dados e possibilidade de monitoramento das mudanças no uso da água com o desenvolvimento da cultura.

O desenvolvimento do dossel vegetal é evidenciado pelo comportamento espectral das culturas e existe uma relação entre a reflectância do dossel vegetativo no comprimento do vermelho e do infravermelho próximo com a RFAA (Sellers, 1987). Diversas aproximações foram desenvolvidas para estimar a produção das culturas a partir de produtos de sensoriamento remoto, comumente aplicando-se relações empíricas entre índices de vegetação e a RFAA (Bastiaanssen e Ali, 2003, Patel et al., 2010; Yebra et al., 2015).

O presente trabalho teve como objetivo a determinação da eficiência do uso de luz da cultura da soja em sistemas de plantio direto e plantio convencional na região de Uruçuí – PI, a partir do NDVI, utilizando imagens orbitais OLI – Landsat 8.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A área escolhida para pesquisa é a região do distrito de Nova Santa Rosa, município de Uruçuí, Piauí (8°16'41" S, 44°34'18" W, 547 m). Inserido no bioma Cerrado, o município tem clima do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen (tropical quente e úmido com chuvas no verão).

O estudo foi realizado com dados da safra 2013, em áreas de plantio de soja cultivados em sistema de plantio direto e sistema convencional.

### **Imagens de satélite**

Foram coletadas imagens geradas pelo satélite Landsat 8, as quais foram adquiridas, gratuitamente, junto ao United States Geological Survey (USGS), já ortorretificadas. O sensor OLI (Operational Land Imager) e o sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor) medem a radiância espectral dos alvos e armazena-os na forma de níveis de cinza, com resolução espectral de 12 bits. A resolução espacial do sensor é de 30 m nas bandas 1 a 7 e 9, 15 m na banda 8 (pancromática) e de 100 m nas bandas 10 e 11 (canais termais). A resolução temporal (tempo de revisita) deste satélite é de 16 dias.

Para abranger toda área do município, utilizou-se imagens da órbita 220/66. Para os fins deste estudo, apenas imagens obtidas em condição de céu claro no ano de 2013, ou seja, livres de nuvens sobre a área de interesse, foram aproveitadas.

### **Dados meteorológicos**

Dados meteorológicos oriundos da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no município de Uruçuí (7°26'24" S, 44°21' W, 399 m), presente na cena Landsat em questão, onde aplicou para caracterização das condições meteorológicas do período estudado e para obtenção da evapotranspiração de referência.

### **Cálculo do Kcb e obtenção eficiência do uso de luz**

Todas as etapas representadas pelas equações 1 a 4 serão realizadas com programa computacional de processamento de imagens de satélite. Primeiramente realizou-se a conversão do arquivo da imagem de números digitais para reflectância no topo da atmosfera, a partir da equação 1.

$$\rho_{\lambda} = (M_p \cdot ND + A_p) / (\text{sen } \hat{\epsilon}) \quad (1)$$

Em que  $\rho_\lambda$  é a radiância espectral;  $M_p$  é o fator multiplicativo de cada banda; ND é o número digital; e  $A_p$  é o fator aditivo de cada banda;  $\hat{\epsilon}$  é o ângulo de elevação do sol.  $M_p$ ,  $A_p$  e  $\hat{\epsilon}$  são obtidos nos metadados das imagens.

Determinou-se o NDVI a partir das imagens dos canais refletivos do vermelho e do infravermelho das imagens Landsat. Para tanto, aplicou-se a seguinte equação (Rouse et al., 1974):

$$\text{NDVI} = \frac{\rho_5 - \rho_4}{\rho_5 + \rho_4} \quad (2)$$

Em que  $\rho_5$  é a reflectância da vegetação no infravermelho próximo e  $\rho_4$  é a reflectância da vegetação na banda do vermelho.

A relação entre  $K_{cb}$  e NDVI é dada por (Simonneaux et al., 2008, Bezerra et al., 2010):

$$K_{cb} = 1,64 (\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\min}) \quad (3)$$

Em que  $\text{NDVI}_{\min}$  é o valor do NDVI para o solo exposto, comumente utilizado o valor de 0,15.

A perda de água pelas culturas a partir da transpiração das plantas -  $ET_{cb}$  (mm) será determinada segundo o método FAO Penman-Monteith (Allen et al., 1998), a partir da seguinte equação:

$$ET_{cb} = K_{cb} \cdot ET_0 \quad (4)$$

Em que  $ET_0$  é a evapotranspiração de referência, determinada segundo o Manual 56 da FAO para Irrigação e Drenagem (Allen et al., 1998).

Na impossibilidade de medidas diretas, a radiação fotossinteticamente ativa, RFA, pode ser determinada em função da radiação global diária, por  $\text{PAR} = 0,48 \cdot R_{g,24h}$  ( $W m^{-2}$ ). A RFAA é uma porção da RFA, cuja relação pode ser demonstrada matematicamente por:  $\text{RFAA} = f \cdot \text{RFA}$ . O fator  $f$  pode também ser derivado do NDVI, conforme a equação 6 (Bastiaanssen e Ali, 2003).

$$f = -0,161 + 1,257 \text{NDVI} \quad (6)$$

A eficiência do uso de luz é dada pela seguinte relação:

$$\epsilon = \epsilon^* \cdot T_s \cdot W_s \quad (7)$$

Em que  $\epsilon^*$  é a máxima eficiência de uso de luz;  $T_s$  e  $W_s$  são as correções da eficiência de uso de luz para temperatura e umidade, respectivamente.

A correção da temperatura será obtida por (Patel et al., 2010):  
(83) 3522.3222  
contato@conidis.com.br

$$T_s = \frac{(T - T_{min}) \cdot (T - T_{max})}{[(T - T_{min}) \cdot (T - T_{max})] - (T - T_{tot})^2} \quad (8)$$

Em que T é a temperatura média do mês; Tot, Tmax e Tmin são respectivamente as temperaturas ótima, máxima e mínima para o desenvolvimento da cultura.

Para obter da correção pela umidade, será aplicada a relação (Tao et al., 2005)

$$W_s = 0,5 + 0,5 \cdot \frac{ET_{cb}}{ET_0} \quad (9)$$

Em que  $ET_{cb}$  será determinada pela equação 4.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

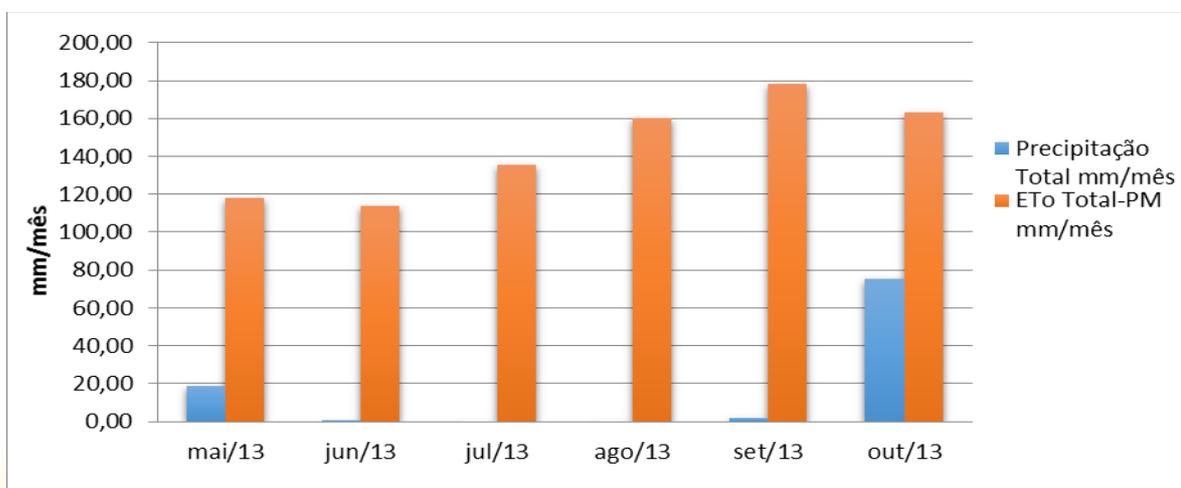
A cultura estudada segue o regime pluviométrico da região, sendo que a área analisada e cultivada em sistema de sequeiro. Analisando-se a tabela 1, verificou-se que a soja exibiu o maior valor de eficiência de uso de luz ( $\epsilon$ ) no dia 19 de maio de 2013 tanto no sistema de plantio convencional quanto no sistema de plantio direto apresentando valores de 2,49 g. MJ<sup>-1</sup>, e 2,54 g. MJ<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo que no plantio direto apresentou um valor ligeiramente maior, período que coincide com o fim do período chuvoso Figura 1. A variação fotossintética e respiratória da soja ocorre de acordo com seu desenvolvimento, devido à alteração na força dreno, na arquitetura e estrutura foliar (Porrás et al., 1997), ou seja, os valores máximos encontrados podem estar atrelados no período de estágio vegetativo para o reprodutivo (Pereira, 2002). (Santos *et al*, 2003) estudando a captação e aproveitamento da radiação solar pelas culturas da soja, obteve praticamente os mesmos valores do presente estudo, de 2,28 e 2,54 g. MJ<sup>-1</sup>, nos estágios antes do florescimento e após o florescimento respectivamente. (Confalone *et al*. 1997) observaram a cultura da soja em condições ótimas e verificaram que o valor da eficiência no uso da radiação foi em média de 1,73 g. MJ<sup>-1</sup> e permaneceu relativamente constante nas diferentes fases fenológicas. (Silim e Saxena, 1982) encontraram valor de ( $\epsilon$ ) para a cultura da fava de 2,06 MJ<sup>-1</sup>, mostrando que dentre as duas espécies de leguminosas a soja apresenta um melhor aproveitamento na eficiência do uso de luz nos dois sistemas de plantio em comparação com a fava.

Observou-se o decréscimo dos valores de ( $\epsilon$ ) a partir da data de 22 de julho apresentando valores de 1,88 g. MJ<sup>-1</sup> no sistema de plantio convencional e 1,64 g. MJ<sup>-1</sup> no plantio direto, estes resultados é consequência do ciclo da própria cultura, onde

possivelmente estão no estado de senescência e com a diminuição da área foliar, conseqüentemente a capacidade de absorção de luz. Verificou-se ainda que a partir do dia 20 de junho a capacidade do ( $\epsilon$ ) pelo plantio convencional se torna mais eficiente, porem este valor pode estar superestimado devido a possivelmente a área estar com plantas invasoras, uma vez que o sistema de plantio direto dificulta a emergência de tais plantas, ou seja, no sistema de plantio direto a predominância é somente da soja. Com a volta da precipitação no mês de outubro os valores de ( $\epsilon$ ) voltam a apresentar uma crescente em seus valores, porem a área provavelmente se encontra em pousio, 01 de julho a 30 de setembro devido à obrigatoriedade do vazio sanitário estabelecido pela Lei 3.333, de 21 de dezembro de 2006, alterada pela Lei 3.606 de 19 de dezembro de 2008.

DATA	SISTEMA DE PLANTIO					
	CONVENCIONAL			DIRETO		
	MJ <sup>1</sup>			MJ <sup>1</sup>		
Ano: 2013	MÁXIMO	MÉDIO	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIO	MÍNIMO
19 DE MAIO	2,50	2,33	1,95	2,54	1,99	1,37
20 DE JUNHO	2,00	1,60	1,51	1,99	1,76	1,36
06 DE JULHO	1,91	1,57	1,50	1,81	1,61	1,36
22 DE JULHO	1,89	1,53	1,45	1,65	1,51	1,34
07 DE AGOSTO	1,86	1,51	1,44	1,61	1,49	1,37
08 DE SETEMBRO	1,76	1,47	1,40	1,54	1,45	1,35
24 DE SETEMBRO	1,81	1,47	1,42	1,54	1,46	1,38
26 DE OUTUBRO	1,96	1,45	1,37	1,68	1,47	1,38
29 DE DEZEMBRO	1,66	1,36	1,31	1,42	1,35	1,27

Tabela 1. Valores máximo, médio e mínimo de eficiência de luz para a cultura da soja em sistema de plantio convencional e direto.



**Figura 1.** Valores acumulados mensais de Precipitação (P) e evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>), no período compreendido entre maio e outubro de 2013 do município de Uruçui- PI.

## CONCLUSÃO

- A eficiência de uso da luz varia no decorrer do desenvolvimento fisiológico da cultura, que por sua vez acompanha o regime hídrico da região.
- A eficiência do uso de luz se encontra mais eficiente durante o ciclo da soja no sistema de plantio convencional.
- O valor máximo de eficiência do uso de luz é encontrado no sistema de plantio direto.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M., 1998. **Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements.** FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Roma, 300 p.

BASTIAANSEN, W. G. M.; ALI, S. A new crop yield forecasting model based on satellite measurements applied across the Indus Basin, Pakistan. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.94, p.321-340, 2003.

BEZERRA, B. G. et al. Evapotranspiração real obtida através da relação entre o coeficiente dual de cultura da FAO-56 e o NDVI. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, P. 404-414, 2010.

CONFALONE, A.; COSTA, L.C.; PEREIRA, C.R. Eficiência de uso de la radiación en soja en distintas fases fenológicas bajo estres hidrico. **Revista Facultad de Agronomia**, La Plata, v.17, n.1, p.63-66, 1997.

ER-RAKI, S.; et al. Determination of crop evapotranspiration of table grapes in a semi-arid region of Northwest Mexico using multi-spectral vegetation index. **Agricultural Water Management**, v.122, p.12-19, 2013.

MONTEITH, J. L. Climate and the efficiency of crop production en Britain. **Proceedings of the Royal Society of London**, v.281, n.980, p.277-294, 1977.

MONTEITH, J. L. Light distribution and photosynthesis in field crops. **Annals of Botany**, v.29, p.17- 37, 1965.

MONTEITH, J. L.; UNSWORTH, M. H. **Principles of environmental physics**. 2. ed. London: Edward Arnold, 1990.

PATEL, N. R. et al. Evaluation of Modis data potential to infer water stress for wheat NPP estimation. **Topical Ecology**, v.51, p.93-105, 2010.

PEREIRA, C.R. Análise do crescimento e desenvolvimento da cultura de soja sob diferentes condições ambientais. **Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)**, Universidade Federal de Viçosa, 2002, 282p.

PORRAS, C.A; CAYÓN, D.G.; DELGADO, O.A. Comportamiento fisiológico de genótipos de soja en diferentes arreglos de siembra. **Acta Agronomica**, v.47, n.1, p.9-15, 1997.

ROUSE, J. W. et al. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation**. NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD, USA, 1 – 371, 1974.

SANTOS, J.B; PROCÓPIO, S,O; SILVA, A.A; COSTA, L.C. Captação e Aproveitamento da Radiação Solar Pelas Culturas da Soja e do Feijão e Por Plantas Daninhas. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.147-153, 2003.

SELLERS, P. J. Canopy Reflectance, Photosynthesis, and Transpiration. II. The Role of Biophysics in the Linearity of Their Interdependence. **Remote Sensing of Environment**, v.21, p.143-183, 1987.

SILIM, S. N., and SAXENA, M. C. (1992). Comparative performance of some faba bean (viciafaba) cultivars of contrasting plant types. 2. Growth and development in relation to yield. **J. Agric. Sci. Cambridge** 118,333-342.

SIMONNEAUX, V. et al.. The use of high-resolution image time series for crop classification and evapotranspiration estimate over an irrigated are in central Morocco. **International Journal of Remote Sensing**, v.29, p.95-116, 2008.

TAO, F. et al. Remote sensing of crop production in China by production efficiency models: models comparisons, estimates and uncertainties. **Ecological Modelling**, v.183, p.385-396,



YEBRA, M. et al. Global vegetation gross primary production estimation using satellite-derived light-use efficiency and canopy conductance. **Remote Sensing of Environment**, v. 163, p.206-216, 2015.

