

## ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA EM MILHO SOB CONDIÇÃO DE CERRADO UTILIZANDO ALGORITMO SEBAL

Fernando Nobre Cunha<sup>1</sup>, Frederico Antonio Loureiro Soares<sup>2</sup>, Marconi Batista Teixeira<sup>3</sup>,  
Daniely Karen Matias Alves<sup>4</sup>, Fernando Rodrigues Cabral Filho<sup>4</sup>, Aurélio Ferreira Melo<sup>5</sup>

**RESUMO:** As estimativas dos requisitos hídricos das culturas são essenciais para a programação e manejo confiável da irrigação. Objetivou-se estimar a ET<sub>c</sub> em milho utilizando algoritmo SEBAL por meio de imagens do satélite Landsat 8. O experimento foi conduzido em condições de campo na safra de 2019, na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, em área inserida no Bioma Cerrado (Sudoeste de Goiás) sob cultivo de milho. Para a realização do estudo foram obtidas imagens do satélite Landsat 8 (órbita 222, ponto 72), no decorrer do ciclo da cultura. As imagens do Landsat 8 e o DEM foram utilizados como entrada para algoritmo SEBAL. Esse algoritmo foi desenvolvido para obter a estimativa da evapotranspiração por meio de imagens do satélite Landsat 8 em intervalos de 16 dias. Imagens do Landsat promovem estimativas de ET<sub>c</sub> com frequência de 16 dias, comprometendo aplicações operacionais para programação da irrigação. Por isso, a ET<sub>c</sub> foi estimada diariamente. A estimativa da evapotranspiração da cultura em milho sob condição de Cerrado utilizando algoritmo SEBAL, se mostra bastante promissora, principalmente devido a facilidade no acompanhamento da ET<sub>c</sub> ao longo do desenvolvimento da cultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays*, NDVI, satélite

## ESTIMATION OF EVAPOTRANSPIRATION OF CROP IN MAIZE UNDER THE CONDITION OF THE CERRADO USING SEBAL ALGORITHM

**ABSTRACT:** Estimates of crop water requirements are essential for reliable irrigation scheduling and management. The objective was to estimate the ET<sub>c</sub> in corn using SEBAL

<sup>1</sup>Pós-doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, Km 01, CEP: 75.901-170, Rio Verde, GO. Fone: (64) 3620-5600, e-mail: fernandonobrecunha@hotmail.com.

<sup>2</sup>Prof. Doutor, Depto de Hidráulica e Irrigação, IFGoiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO.

<sup>3</sup>Prof. Doutor, Depto de Hidráulica e Irrigação, IFGoiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO.

<sup>4</sup>Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO.

<sup>5</sup>Doutor em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO.

algorithm using images from the Landsat 8 satellite. The experiment was conducted under field conditions in the 2019 harvest, at the experimental station of the Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde - GO, in an inserted area in the Cerrado Biome (Southwest of Goiás) under corn cultivation. To carry out the study, images were obtained from the Landsat 8 satellite (orbit 222, point 72), during the culture cycle. The Landsat 8 and DEM images were used as input to the SEBAL algorithm. This algorithm was developed to obtain the evapotranspiration estimate using images from the Landsat 8 satellite at 16-day intervals. Landsat images promote ET<sub>c</sub> estimates with a frequency of 16 days, compromising operational applications for irrigation programming. Therefore, ET<sub>c</sub> was estimated daily. The estimation of crop evapotranspiration in corn under Cerrado condition using SEBAL algorithm, shows to be very promising, mainly due to the easiness in monitoring ET<sub>c</sub> throughout the development of the crop.

**KEYWORDS:** *Zea mays*, NDVI, satellite

## INTRODUÇÃO

Diante das variações climáticas em escala global, a produção agrícola necessita cada vez mais de irrigação, devido à distribuição irregular da precipitação. Portanto, o correto manejo de irrigação associado à gestão de recursos hídricos são ferramentas essenciais para garantir a sustentabilidade dos agrossistemas.

As estimativas dos requisitos hídricos das culturas são essenciais para a programação e manejo confiável da irrigação. Nesse sentido, vários métodos podem ser aplicados para determinação da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), sendo esta facilmente estimada por métodos indiretos empíricos. Entretanto, métodos empíricos necessitam de dados meteorológicos para sua aplicação, o que limita a estimativa da ET<sub>c</sub> em condições locais, visto a baixa densidade de redes de monitoramento hidrometeorológico (MCCABE et al., 2015; CAMPOS et al., 2017). Dessa forma, McCabe et al. (2015) e Campos et al. (2017) recomendam o desenvolvimento de modelos baseados em sensoriamento remoto (SR), seguida de sua calibração, como alternativa para minimizar ou evitar a problemática apresentada.

Diante do exposto, técnicas que utilizam SR devem ser testadas em diferentes condições edafoclimáticas, favorecendo a adaptação e melhoria dos modelos para atender as condições locais. Dentre as regiões brasileiras, o centro-oeste se destaca por ser o celeiro de produção de

grãos do país, porém apresenta baixa disponibilidade de dados hidrometeorológicos, esse fato justifica o emprego da presente proposta.

Campos et al. (2017) utilizaram dados do Landsat 5 e 7 para propor uma nova abordagem da relação entre o coeficiente basal da cultura e o índice de vegetação para melhorar a precisão da ETc.

Diante da demanda de dados precisos sobre as exigências hídricas das culturas, faz necessário o desenvolvimento de ferramentas que disponibilizam dados com alta resolução, frequência e precisão. Essa necessidade provoca o desenvolvimento e/ou adaptação de novas tecnologias para fornecer dados com rapidez e representatividade das condições reais (por exemplo: ETc).

Objetivou-se estimar a ETc em milho utilizando algoritmo SEBAL por meio de imagens do satélite Landsat 8.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em condições de campo na safra de 2019, na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, em área inserida no Bioma Cerrado (Sudoeste de Goiás) sob cultivo de milho. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928), como Aw (tropical), com chuva nos meses de outubro a maio, e com seca nos meses de junho a setembro. A temperatura média anual varia de 20 a 35 °C e as precipitações variam de 1.500 a 1.800 mm anuais e o relevo é suave ondulado (6% de declividade).

Para a realização do estudo foram obtidas imagens do satélite Landsat 8 (órbita 222, ponto 72), no decorrer do ciclo da cultura. As imagens foram obtidas a partir das reflectâncias corrigidas atmosféricamente fornecidas pelo Registro de Dados Climáticos de Reflexão de Superfície (CDR) do USGS. Também foi adquirido o modelo digital de elevação (DEM) junto ao site da NASA (2017).

As imagens do Landsat 8 e o DEM foram utilizados como entrada para algoritmo SEBAL. Esse algoritmo foi desenvolvido por Bastiaanssen et al. (1998) para obter a estimativa da evapotranspiração por meio de imagens do satélite Landsat 8 em intervalos de 16 dias.

Imagens do Landsat promovem estimativas de ETc com frequência de 16 dias, comprometendo aplicações operacionais para programação da irrigação. Por isso, a ETc foi estimada diariamente.

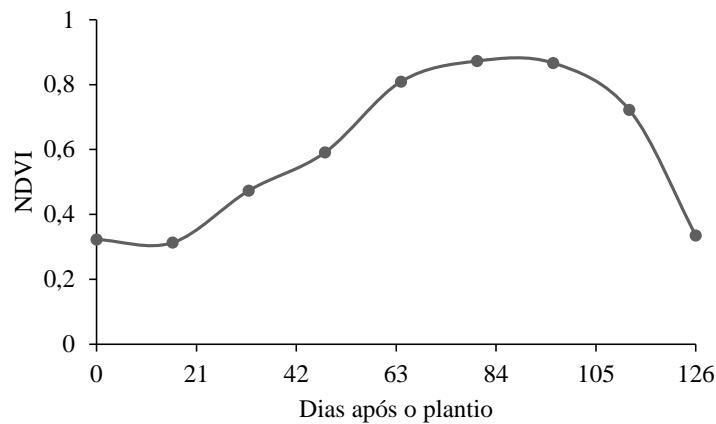
Para aquisição dos valores de ETc nos períodos de escassez de dados, foram analisados valores dos Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI). O índice NDVI é expresso por  $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$ , sendo NIR e R são as bandas do infravermelho e vermelho (TUCKER, 1979); Já o índice SAVI é expresso por  $SAVI = (1 + L) * (NIR - R) / (NIR + R + L)$ , onde L é fator de ajuste para o substrato do dossel variando de 0 a 1 (HUETER, 1988) e o graus-dia de desenvolvimento (GDD) conforme proposto por Campos et al. (2017). Os índices de vegetação (IV) foram usados para obtenção do coeficiente basal da cultura (KCB)

Na fase inicial das culturas de milho foi utilizada uma equação exponencial para determinar IV, expressa por:  $IV = m * \exp(c * GDD)$ , onde m e c são constantes para determinada fase da cultura. Na fase de desenvolvimento e senescência foi usado a função sigmoïdal de Gompertz, expressa por:  $IV = K * (-\exp(a - b * GDD))$  onde K é o valor de máximo IV e a e b são constantes para determinada fase da cultura. Ambas as equações foram linearizadas para que as curvas sejam recuperadas correlacionando  $\ln(IV)$  ou  $\ln(IV/K)$  em relação aos dados GDD. As informações sobre a linearização das equações e detalhes sobre o algoritmo de interpolação podem ser encontradas em Campos et al. (2017).

Os dados meteorológicos necessários para a estimativa de ETc foram coletados em estação automática localizada próximo a área experimental, preferencialmente em estações padronizadas do INMET. Foi aplicada o método padrão da FAO (método de Penman-Monteith) para o cálculo da ETc.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Índice NDVI inicial foi de aproximadamente 0,32, o qual foi 2,95% menor do que o índice NDVI verificado aos 16 DAP; a partir dos 16 DAP esse índice tende a apresentar aumentos relevantes, estes incrementos foram de 33,87, 19,87 e 27,01% aos 32, 48 e 64 DAP, respectivamente. Já entre 64 e 96 DAP o índice NDVI apresentou uma estabilização com índice NDVI acima de 0,8. Araujo (2016) observou que os modelos que utilizam o IP e o NDVI são os que apresentam os menores valores para desvio em relação a produtividade observada a campo.



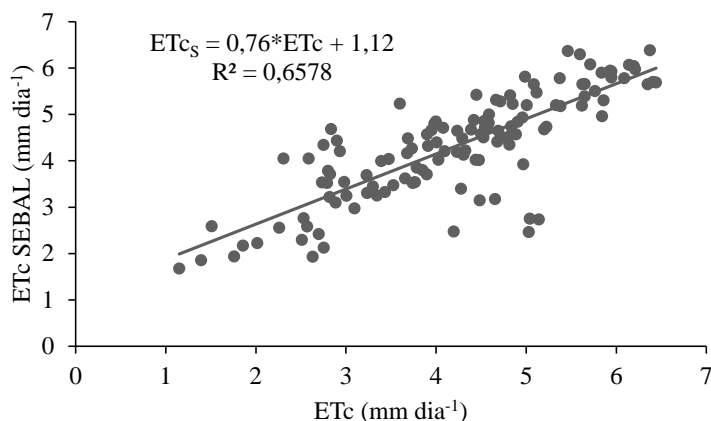
**Figura 1.** Perfil espectral-temporal de NDVI durante os dias após o plantio do milho.

Essa variabilidade pode ser causada por variações na população e no crescimento de plantas, nutrição, incidência de doenças e pragas, entre outros, determinando potenciais produtivos da cultura do milho (VIAN et al., 2018).

O índice NDVI a partir dos 96 DAP apresentou um decréscimo de 16,67%, posteriormente pode-se verificar reduções ainda mais acentuadas de até 53%, isto ocorre devido a proximidade com a colheita. O índice NDVI de maneira geral ao longo do ciclo do milho apresentou um coeficiente de variação de 40,20%, enquanto no período de máximo NDVI e onde verifica-se a maior estabilidade (entre 64 e 96 DAP) essa variação é inferior a 6%.

A partir da definição dos limites críticos de NDVI Molin (2002) e Santi et al. (2012) geraram classes que foram utilizadas para dividir zonas de manejo de “baixa” (<90%), “média” (90 a 110%) e “alta” produtividades (>110% da produtividade média), tendo como base a média de produtividade de grãos da área considerada; desta forma o potencial produtivo do milho com base no NDVI pode ser classificado como alto (>110% da produtividade média).

Os valores de ETC estimados por meio do SEBAL tendem a superestimar os valores observados da ETC, conforme relatado por Araujo (2016) os valores de ETC estimados por meio do SEBAL superestimam os valores de ETC observados a campo, no entanto os valores estimados e observados possuem elevada correlação, desta forma o método precisa ser calibrado, no intuito de permitir estimativas mais precisas para a evapotranspiração da cultura do milho. A Figura 2 após a calibração, apresenta boa correlação entre ETC observada e a estimada.



**Figura 2.** Evapotranspiração da cultura do milho estimada por meio do algoritmo SEBAL ( $ETc_s$ ) em função da evapotranspiração estimada a campo ( $ETc$ ) por meio de dados meteorológicos, Rio Verde-GO.

A  $ETc$  estimada por meio do SEBAL em função da  $ETc$  observada a campo indicou um  $R^2$  de aproximadamente 66%, conseqüentemente 34% das variações  $ETc$  estimada por meio do SEBAL não são explicadas pela variação da  $ETc$  observada, logo a estimativa da  $ETc$  ainda apresenta uma variação considerável. A estimativa da evapotranspiração da cultura em milho sob condição de cerrado utilizando algoritmo SEBAL devido à alta variação mostra a necessidade de calibração deste algoritmo para o bioma cerrado.

## CONCLUSÕES

O índice NDVI da cultura do milho varia de 0,30 a 0,87, com os maiores valores do índice NDVI sendo verificados entre 64 e 96 dias após o plantio.

O potencial produtivo do milho com base no NDVI pode ser classificado como alto (>110% da produtividade média).

A estimativa da evapotranspiração da cultura em milho sob condição de Cerrado utilizando algoritmo SEBAL, se mostra bastante promissora, principalmente devido a facilidade no acompanhamento da  $ETc$  ao longo do desenvolvimento da cultura.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à CAPES, à FINEP e ao Instituto Federal Goiano (IF Goiano) pelo auxílio financeiro ao presente projeto de pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, G. L. **Estimativas da evapotranspiração e produtividade do milho irrigado utilizando um modelo multiespectral e imagens do satélite Landsat 8**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, 85p., 2016.
- BASTIAANSSEN, W. G. M.; PELGRUM, H.; WANG, J.; MA, Y.; MORENO, J. F. ROENRINK, G. J. VAN DER WAL, T. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 2. **Validation. Journal of Hydrology**, v. 212–213, p. 213-229, 1998.
- CAMPOS, I.; NEALE, C. M. U.; SUYKER, A. E.; ARKEBAUER, T. J. GONÇALVES, I. Z. Reflectance-based crop coefficients REDUX: For operational evapotranspiration estimates in the age of high producing hybrid varieties. **Agricultural Water Management** v. 187, p. 140–153, 2017.
- HUETER, A. R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, p. 295-309, 1988.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.
- MCCABE, M. F.; HOUBORG, R.; ROSAS, J. **The potential of unmanned aerial vehicles for providing information on vegetation health**. 21st International Congress on Modelling and Simulation, Gold Coast, Australia, 2015.
- MCCABE, M. F.; HOUBORG, R.; ROSAS, J. **The potential of unmanned aerial vehicles for providing information on vegetation health**. 21st International Congress on Modelling and Simulation, Gold Coast, Australia, 2015.
- MILANI, L.; SOUZA, E. G.; URIBE-OPAZO, M. A.; FILHO, A. G.; JOHANN, J. A.; PEREIRA, J. O. Unidades de manejo a partir de dados de produtividade. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 591-598, 2006.
- MOLIN, J. P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**, v. 22, n. 1, p. 83-92, 2002.
- NASA. **NASADEM: Creating a New NASA Digital Elevation Model and Associated Products**. Disponível em: <https://earthdata.nasa.gov/community/community-data-system-programs/measures-projects/nasadem>. Acessado em: 19 de maio de 2017.
- SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; MARTIN, T. N.; PIRES, J. L.; DELLA FLORA, L. P.; BASSO, C. J. Análise de componentes principais de atributos

químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1346-1357, 2012.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of the Environment**, v. 8, p. 127-150, 1979.

VIAN, A. L.; BREDEMEIER, C.; SILVA, P. R. F.; SANTI, A. L.; GIORDANO, C. P. S.; SANTOS, F. L. Limites críticos de NDVI para estimativa do potencial produtivo do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 1, p. 91-100, 2018.