

USO DO ALGORITMO SAFER PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO ATUAL DA CULTURA DO MILHO¹

Regiane de Carvalho Bispo², Fernando Braz Tangerino Hernandez³, Vitor Felipe Trinca⁴

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi estimar a evapotranspiração atual da cultura do milho usando o modelo SAFER e comparar com a evapotranspiração da cultura, a fim de gerar indicadores que sejam base para se praticar cada vez mais a sustentabilidade na produção de alimentos. Os dados considerados, corresponderam a duas safras do ano de 2016. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8, que passaram pelo o processamento aplicando o modelo SAFER e também foi calculado a ET_c pelas metodologias do Boletim FAO 56 e Graus-dias acumulados. Os valores de ET estimada a partir do algoritmo SAFER e ET_c estimada pelo método FAO 56 apresentaram correlação de 0,94 e 0,90 e o R² com valores superiores a 0,80. Os valores de ET obtidos através do modelo SAFER subestimaram quando comparados os valores de evapotranspiração de evapotranspiração da cultura recomendado pela literatura e pelo método de Graus-dias acumulados, contudo devem ser realizados mais estudos para a região, afim de otimizar e gerenciar adequadamente o uso da água.

PALAVRAS-CHAVE: Pivô central, sensoriamento remoto, *Zea mays* L

USE OF SAFER ALGORITHM TO ESTIMATE ACTUAL CORN EVAPOTRANSPIRATION

ABSTRACT: This research aimed to estimate the current evapotranspiration of corn using the SAFER model and compare it with the crop evapotranspiration, in order to generate indicators that are the basis for increasing sustainability in food production. The data considered corresponded to two harvests of 2016. Landsat 8 satellite images were used, which were processed using the SAFER model and the ET_c was calculated by the FAO 56 Bulletin

¹ Apoio financeiro da FAPESP Processo 2.009/52.467-4.

² Doutoranda em Irrigação e Drenagem, Faculdade de Ciências Agrônômica, UNESP, CEP 18610-034, Botucatu, SP. Fone (18) 3743-1959. e-mail: regianecarvalhoks@gmail.com

³ Prof. Titular, Depto de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, UNESP, Ilha Solteira, SP.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Analista Comercial, Louis Dreyfus Company, Bebedouro, SP.

and cumulative Degree Days methodologies. The estimated ET values from the SAFER algorithm and the estimated ET_c by the FAO 56 method showed a correlation of 0.94 and 0.90 and R² with values greater than 0.80. The ET values obtained through the SAFER model underestimated when comparing the crop evapotranspiration values recommended by the literature and the Cumulative Degree Days method, however, further studies should be conducted for the region in order to optimize and properly manage water use.

KEYWORDS: Center pivot, remote sensing, *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

A produção de milho é a de maior volume dentre os cereais no mundo, sendo 1,07 bilhão de toneladas na safra 2017/2018. Os países responsáveis por essa produção são: Estados Unidos, China, Brasil e Argentina. Segundo levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento, o Brasil na safra 17/18 produziu 80,7 milhões de toneladas já na safra 18/19 a produção aumentou 19%, chegando a 99,9 milhões de toneladas, tendo grande importância no cenário mundial sendo o segundo maior exportador de milho.

Em São Paulo, devido a oscilação nas condições climáticas na temporada, sofreu o impacto negativo no primeiro semestre principalmente em razão do veranico registrado entre o fim de 2018 e início de 2019. No entanto, no segundo semestre a produtividade média do milho foi de 5.425 kg/ha, simbolizando incremento de 20,4% em comparação a 2017/18 (CONAB, 2019).

Visto a importância do grão e devido ao fato da cultura do milho expressar alta suscetibilidade a estiagens, a ocorrência de períodos com redução do aporte hídrico às plantas em períodos críticos do desenvolvimento da cultura, torna o uso da irrigação indispensável.

O uso de dados agrometeorológicos, sensoriamento remoto e sistema geográfico de informação podem melhorar o manejo da água para irrigação, bem como dos recursos hídricos de uma maneira geral, contribuindo para a agricultura irrigada cada vez mais sustentável, potencializando ou ampliando, a produtividade da cultura, além de possibilitar melhoras na qualidade do produto, produção na entressafra, o uso mais intensivo da terra e a redução do risco do investimento feito na atividade agrícola (Hernandez et al., 2011).

A aplicação de técnicas de sensoriamento remoto tem se mostrado útil para melhorar o manejo de irrigação a partir da obtenção da evapotranspiração atual (ET), com a

implementação de algoritmos como o SAFER (*Surface Algorithm For Evapotranspiration Retrieving*) que tem se destacado em trabalhos realizados no Brasil, por apresentar bons resultados em larga escala (Teixeira et al., 2013).

O SAFER é um algoritmo que estima a ET e tem a vantagem de não utilizar informações de classificação das culturas nem de condições extremas de seca, podendo-se ser feitas análises de tendências históricas (Teixeira, 2012). Diante do exposto o trabalho teve como objetivo estimar a evapotranspiração atual da cultura do milho usando o modelo SAFER e comparar com a evapotranspiração da cultura, a fim de gerar indicadores que sejam base para se praticar cada vez mais a sustentabilidade na produção de alimentos.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido em área comercial no município de Rubineia, Estado de São Paulo, irrigada por pivô central, foram analisadas duas safras no ano de 2016, a área está localizada nas coordenadas 20° 41' 40" S e 50° 59' 02" O. no primeiro semestre o híbrido utilizado foi PRO2-AS-1555 Agroeste e no segundo semestre 30A37.

Foram coletada imagens do satélite Landsat 8, em órbita 222 e ponto 74, durante o ciclo da cultura de forma gratuita no sítio do U.S Geological Survey (<https://earthexplorer.usgs.gov>), sendo processadas no software Ilwis Academic 3.3 e aplicando o modelo SAFER seguindo a equação descrita abaixo, sendo ET/ET a modelagem do coeficiente de cultura.

$$\frac{ET}{ET_0} = \exp \left[a + b \left(\frac{T_0}{\alpha_0 NDVI} \right) \right] \quad (1)$$

em que:

ET/ET₀ - Relação Evapotranspiração da Cultura por Evapotranspiração de Referência

T₀ - Temperatura de superfície

NDVI - Índice de vegetação de diferença normalizada

Coefficiente “a” - Ajustado como 1 para região Noroeste Paulista (Hernandez et al., 2014)

Coefficiente “b” - Ajustado para -0,008, obtido por Teixeira, 2010.

Para a estimativa da evapotranspiração da cultura (ET_c) e evapotranspiração atual (ET) ao longo do ciclo se utilizou da evapotranspiração de referência estimada pela equação de

Penman-Montheith obtida na Estação Ilha Solteira que faz parte da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista (<http://clima.feis.unesp.br>)

Para o cálculo da ET_c foi multiplicada a ET_o pelos coeficientes de cultura sugeridos pelo Boletim FAO 56 (Allen et al., 1998) e também pela metodologia dos Graus-dia Acumulados (GDac) (Teixeira et al., 2014), utilizando 10°C como temperatura basal. A estimativa da ET foi realizada a partir da multiplicação da ET_o e da relação ET/ET_o .

Foi utilizado o software ArcGis 10.0 para extração dos dados e o Microsoft Excel para compilação dos dados, construção de gráficos e análise regressão linear em que se consideraram os indicadores estatísticos, R-quadrado e coeficiente de correlação simples de Pearson “r”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, são apresentados os dados de ET_c obtidos a partir do K_c proposto pela FAO e Graus-dias acumulado, como também os valores da ET a partir da modelagem utilizando o SAFER. Observa-se que a necessidade hídrica da cultura ficou em média $2,4 \text{ mm dia}^{-1}$ e pelo método GDac, $2,7 \text{ mm dia}^{-1}$. A evapotranspiração atual, obtida por imagens de satélite, se mostrou em média $1,54 \text{ mm dia}^{-1}$ sendo menor em comparação com a evapotranspiração da cultura calculada pelos os dois métodos. Teixeira et al., (2014) encontrou valores superiores a este trabalho, em estudo considerando os pivôs com diferentes épocas de plantio, para grãos, os valores médios dos pixels da ET variaram de $1,1$ a $4,4 \text{ mm dia}^{-1}$ durante os estágios nos ciclos produtivos, enquanto que para silagem esta faixa ficou entre $2,8$ e $3,9 \text{ mm dia}^{-1}$. Contudo, é possível observar que mesmo a ET estando a abaixo da ET_c os dados seguem a mesma tendência. Segundo Allen et al. (1998) a evapotranspiração atual pode ser igual a evapotranspiração da cultura, entretanto para isso a cultura não deve estar sob nenhum tipo de estresse, como a presença de adversidades como pragas e doenças, excesso ou escassez de água, dentre outros.

No segundo semestre os resultados são apresentados na Figura 2, onde a ET, em média foi de 1 mm dia^{-1} , isso é explicado por decorrência da impossibilidade de obtenção de todas as imagens durante o ciclo, devido a ocorrência de nuvens. Vale salientar, que no segundo semestre do ano, a tendência do número de imagens poluídas é maior devido à “época das águas” e isso faz com que tenha maior frequência de nuvens. Sendo assim, pode-se observar o comportamento da variável pelos diferentes métodos de obtenção e os dados de ET são

interrompidos a partir do 71º dia do ciclo da cultura, dificultando a conclusão da avaliação da eficiência do método neste período.

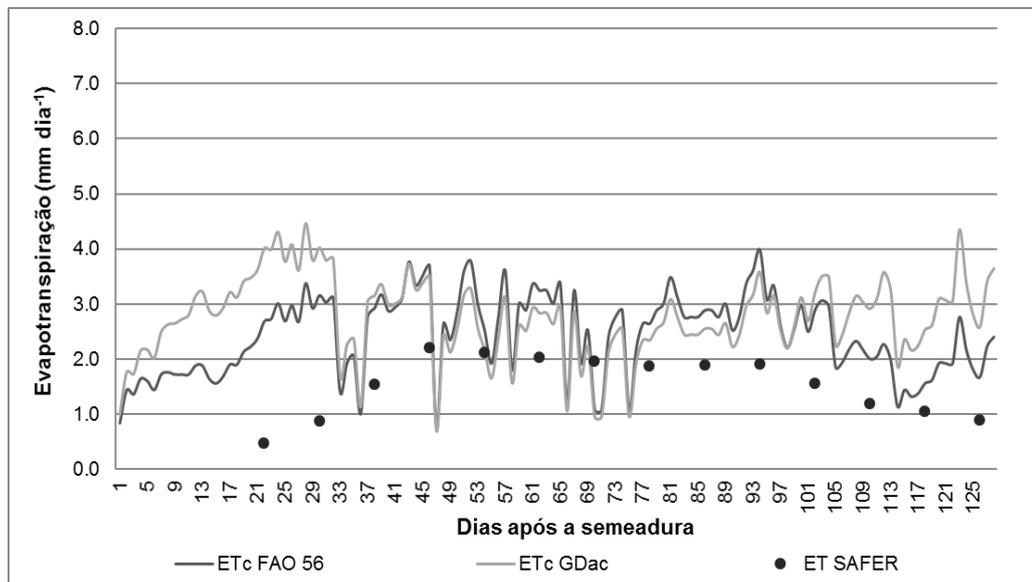


Figura 1. Evapotranspiração do milho irrigado por pivô central obtidas pelos métodos FAO 56, GDac e algoritmo SAFER, no primeiro semestre do ano de 2016.

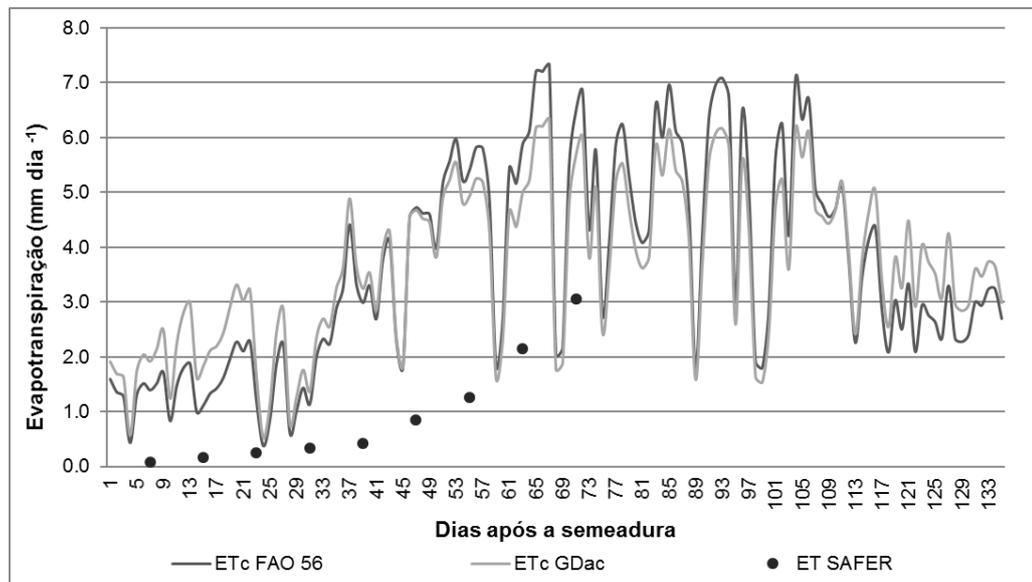


Figura 2. Evapotranspiração do milho irrigado por pivô central obtidas pelos métodos FAO 56, GDac e algoritmo SAFER, no segundo semestre do ano de 2016.

Foi realizado o comparativo da ET estimada a partir do algoritmo SAFER e ETc estimada pelo método FAO 56 (ALLEN et al., 1998), esse método escolhido devido ser o recomendado como padrão. As curvas de regressão (Figura 3 e 4) que melhor se ajustaram aos dados foi a linear, onde para os dois semestres a correlação de Pearson “r” apresentou um valor de $r = 0,94$ e $0,90$ e o R^2 com valores superiores a $0,80$; mostrando que ajustou bem para

os resultados das variáveis analisadas indicando assim uma forte relação entre as variáveis analisadas.

O modelo SAFER subestimou o valor de ET em comparação as ETc estimada pelos métodos da FAO 56 e GDac, isso pode ser devido ao baixo armazenamento de água no solo ou ainda a necessidade de calibração do modelo para diferentes condições climática. Contudo, a partir dos resultados obtidos, o modelo SAFER mostrou-se uma ferramenta útil para estimativa do consumo hídrico da cultura do milho.

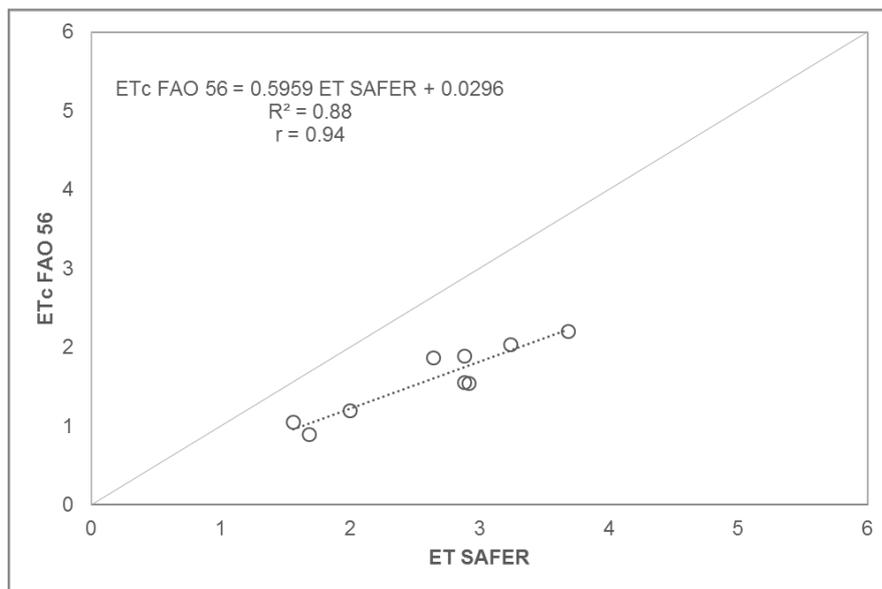


Figura 3. Comparativo da ETc estimada pelo método padrão FAO-56 (Allen et al., 1998), com evapotranspiração estimada atual (ET) utilizando o SAFER no primeiro semestre.

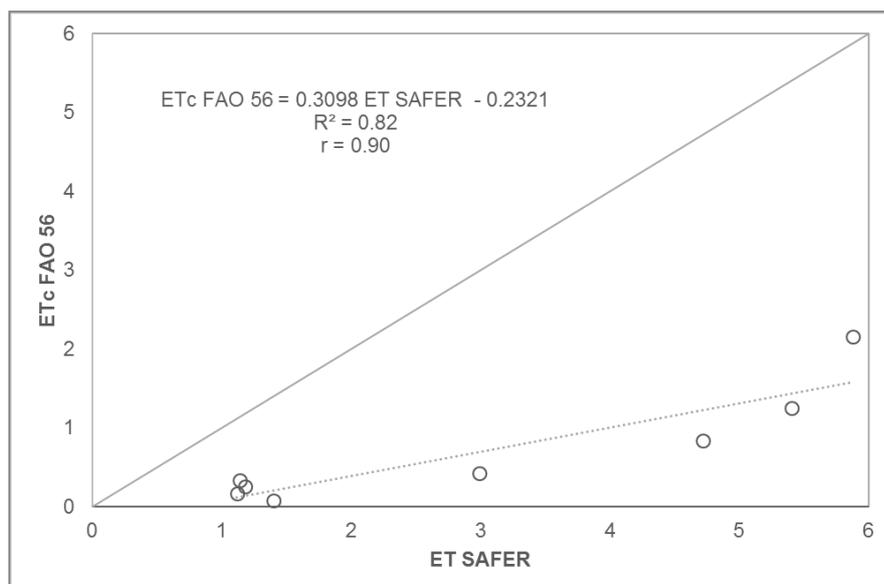


Figura 4. Comparativo da ETc estimada pelo método padrão FAO-56 (Allen et al., 1998), com evapotranspiração estimada atual (ET) utilizando o SAFER no segundo semestre.

CONCLUSÕES

Os valores de evapotranspiração atual diferenciaram dos valores de evapotranspiração da cultura recomendados pela literatura tradicional e os calculados pelo método graus dias acumulados, evidenciando que mais estudos devem ser realizados para a região e desta forma realizar um bom gerenciamento da irrigação na cultura do milho afim de realizar o manejo adequado da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, p.297, 1998.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileiro – grãos: V6 – Safra 2018/2019. Quarto levantamento, janeiro de 2019 – safra 2018/2019: Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2019.

HERNANDEZ, F.B.T.; NEALE, C.M.U.; TEIXEIRA, A.H.C.; TAGHVAEIAN, S. Determining large scale actual evapotranspiration using agro-meteorological and remote sensing data in the northwest of São Paulo State, Brazil. **Acta Horticulturae**, n.1038, p.263-270, 2014.

HERNANDEZ, F. B. T.; NEALE, C.; TAGHVAEIAN, S. TEIXEIRA, A. H. C. Avaliação preliminar do modelo SEBAL para a estimativa da distribuição espacial da evapotranspiração em áreas irrigadas no noroeste paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 15, 2011, Curitiba. **Anais... XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**. Curitiba: INPE, p.5209 - 5216, 2011.

TEIXEIRA, A. H. C.; HERNANDEZ, F. B. T.; ANDRADE, R. G.; LEIVAS, J. F.; VICTORIA, D. C.; BOLFE, L. E. Irrigation performance assessments for corn crop with landsat imagens in the São Paulo State, Brazil. **Water Resources and Irrigation Management**, v.3, n.2, p. 91-100, 2014.

TEIXEIRA, A. H. C., HERNANDEZ, F. B. T.; MORRIS, H. L. L.; SCHERER, W.; BASSOI, L. H. Modelagem espaçotemporal dos componentes dos balanços de energia e de água no Semiárido Brasileiro. 1. ed. Campinas-SP, 2013.

TEIXEIRA, A. H. C. Modelling evapotranspiration by remote sensing parameters and agrometeorological stations. In: NEALE, C. M. U.; COSH, M. H. (Ed.). **Remote Sensing and Hydrology**. Wallingford, UK, v. 352, p. 154-157, 2012.

TEIXEIRA, A.H.C. Determining regional actual evapotranspiration of irrigated crops and natural vegetation in the São Francisco River Basin (Brazil) using remote sensing and Penman-Monteith Equation. **Remote Sensing**, v.2, n.5, p.1287-1319, 2010.