

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA COM BASE EM MODELOS DE TEMPERATURA E RADIAÇÃO SOLAR

ELTON F. LIMA¹, MIRTA T. PETRY², JULIANO D. MARTINS³, CLARISSA M. DA
SILVA⁴, JAINARA F. NETTO⁵, FELIPE TONETTO⁶

¹Eng. Agrônomo, Mestrando UFSM, Santa Maria – RS, (55) 98137-7484, elton110@hotmail.com

²Eng. Agrônoma, Prof. Doutora, Centro de Ciências Rurais, UFSM, Santa Maria – RS

³Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Centro de Ciências Rurais, UFSM, Santa Maria – RS

⁴Eng. Agrícola, Pós-graduanda em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Rurais, UFSM, Santa Maria – RS

⁵Eng. Agrícola, Pós-graduanda em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Rurais, UFSM, Santa Maria – RS

⁶Eng. Agrônomo, Pós-graduando em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Rurais, UFSM, Santa Maria – RS

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: O objetivo desse estudo foi avaliar o desempenho de vários métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) baseados na temperatura do ar e radiação solar, para o Planalto Superior do RS. Quatro modelos de estimativa de ET_o baseados na temperatura e radiação solar foram comparados com o método de Penman-Monteith (ET_o -PM) utilizando dados meteorológicos de uma estação automática localizada em Passo Fundo, RS, para o período de 2007-2020. O desempenho dos diferentes modelos foi avaliado versus o ET_o -PM através de regressão linear, para a obtenção do coeficiente de determinação (R^2), índice de concordância (d), índice de confiança (c) e o erro médio absoluto (MAE). Os resultados mostraram que os modelos baseados na radiação (Makkink, Turc, Jensen-Heise e Priestley-Taylor) apresentaram um melhor ajuste ao ET_o -PM ($R^2 \geq 0,87$; $d \geq 0,73$; $c = 0,68$; $0,93$; $0,93$ e $0,80$; $MAE = 1,52$; $0,40$; $0,58$ e $1,04$ mm dia^{-1}), comparado aos modelos baseados na temperatura do ar. Entretanto, em substituição ao método ET_o -PM, recomendamos o método de Hargreaves-Samani, o qual necessita apenas de dados de temperatura para a estimativa da ET_o , por ser essa variável de fácil medida e amplamente difundida.

PALAVRAS-CHAVE: evapotranspiração de referência, temperatura, radiação solar.

ESTIMATION OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION BASED ON TEMPERATURE AND RADIATION MODELS IN PASSO FUNDO, RS

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the performance of several methods for estimating reference evapotranspiration (ET_o) based on air temperature and solar radiation, for the Planalto Superior do RS. Four temperature-based e radiation-based models for ET_o estimates were compared against the Penman-Monteith method (ET_o -PM) using meteorological data from an automatic station located in Passo Fundo, RS, for the period 2007-2020. The performance of the different models was evaluated versus ET_o -PM through linear regression, to obtain the coefficient of determination (R^2), agreement index (d), confidence index (c) and the mean absolute error (MAE). The results showed that the radiation-based models (Makkink, Turc, Jensen-Heise and Priestley-Taylor) showed a better agreement to the ET_o -PM ($R^2 \geq 0.87$; $d \geq 0.73$; $c = 0.68$; 0.93 ; 0.93 and 0.80 ; $MAE = 1.52$; 0.40 ; 0.58 and 1.04 mm day^{-1}), compared to temperature-based models. However, as an

alternative model to the ET_o -PM, we recommend the Hargreaves-Samani method, which only requires temperature data to estimate ET_o , which is easily measured and widely disseminated.

KEYWORDS: reference evapotranspiration, temperature, radiation.

INTRODUÇÃO: Projeções recentes estimam que a população mundial seja de 10 bilhões de pessoas nos próximos 50 anos (FAO, 2015). Com o elevado crescimento populacional, o aumento na demanda por alimentos vai dobrar (FENG et al., 2017). Frente a esse cenário, para atender a segurança alimentar da população nos próximos anos, a agricultura precisará dispor de técnicas que visem aumentar a eficiência no uso de recursos na produção, sobretudo a água. Uma melhor eficiência no uso dos recursos naturais implica em melhorar a estimativa da evapotranspiração, de referência e das culturas. Vários métodos foram desenvolvidos para a estimativa da ET_o , entre eles, o método de ET_o -PM é considerada a melhor metodologia para estimar a ET_o (ZHANG et al., 2018). Entretanto, a grande exigência de variáveis de entrada, faz com que seu uso seja limitado em muitos locais. Consequentemente, métodos alternativos para a estimativa da ET_o devem ser testados, com base em um número menor de variáveis de entrada, sem afetar a precisão do método (FENG et al., 2017). Nesse contexto, métodos baseados apenas na temperatura do ar e radiação solar são particularmente interessantes, pela facilidade de medida dessas variáveis e por elas explicarem cerca de 80% da variabilidade da evapotranspiração (ALMOROX et al., 2015). Assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar o desempenho de métodos de estimativa da ET_o que usam apenas dados de temperatura e radiação para a região de Passo Fundo, RS.

MATERIAL E MÉTODOS: As variáveis meteorológicas utilizadas neste trabalho foram obtidas de uma estação meteorológica automática, localizada em Passo Fundo, RS, (28,21° S e 52,40° e altitude de 684 m) para um período de 13 anos (2007-2020). Oito métodos de estimativa da ET_o foram selecionados, incluindo quatro modelos baseados na temperatura do ar: Budyko (BK), Hargreaves-Samani (HS), Camargo (CM), McCloud (McC), e quatro baseados na radiação solar: Makkink (Mk), Turc (TC), Jensen-Heise (JH) e Priestley-Taylor (PT). Dados faltantes foram preenchidos com estações meteorológicas automáticas localizadas num raio de 50 km da estação principal. A comparação dos valores de ET_o estimada por esses métodos em relação aos valores estimados pelo método ET_o -PM foi feita considerando os seguintes parâmetros: regressão linear e levado em consideração o coeficiente de determinação (R^2), índice de concordância de Wilmott (1982) (d), índice de confiança proposto por Camargo e Sentelhas (c) e o erro médio absoluto (MAE). Os valores do índice “c” proposto por Camargo e Sentelhas (1997), variam de 0,0 (nenhuma concordância) a 1,0 (concordância perfeita) entre os dados, qualificando os resultados de acordo com a tabela 1.

Tabela 1. Critério de interpretação do desempenho pelo índice “c”.

c	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito Bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

Fonte: (CAMARGO e SENTELHAS,1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas as relações entre os valores de ET_0 estimados pelas diferentes metodologias em relação aos valores observados pelo método de ET_0 -PM. Observa-se que, com exceção das metodologias de Budyko, Camargo e McCloud, todas as demais apresentaram boa correlação com o método de ET_0 -PM, com valores de R^2 variando de 0,84 (HS) a 0,93 (JH).

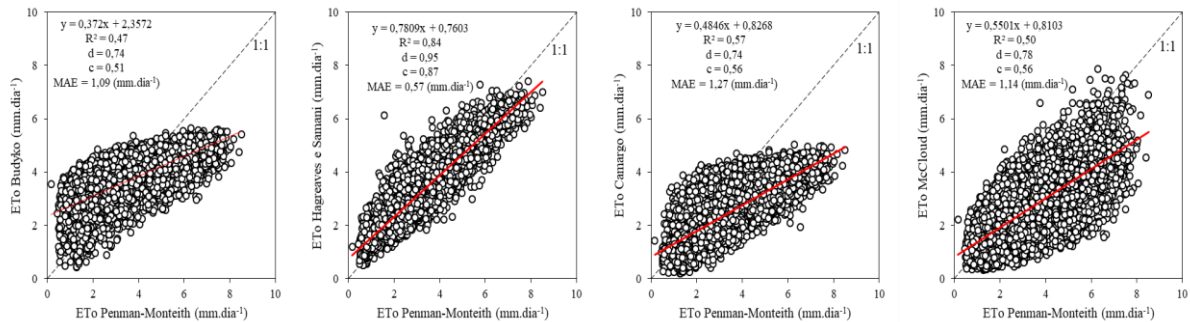


Figura 1. Relação entre a ET_0 diária estimada pelo método de Penman-Monteith (ET_0 -PM) e os métodos baseados na temperatura, para a região de Passo Fundo, RS. O coeficiente de determinação (R^2), índice de concordância (d), índice de desempenho (c) e erro médio absoluto (MAE) são apresentados. A linha tracejada representa a relação 1:1.

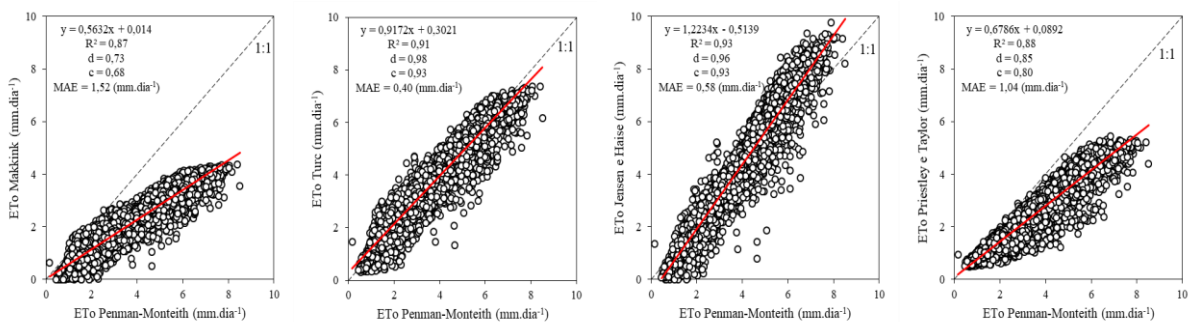


Figura 2. Relação entre a ET_0 diária estimada pelo método de Penman-Monteith (ET_0 -PM) e os métodos baseados na radiação solar, para a região de Passo Fundo, RS. O coeficiente de determinação (R^2), índice de concordância (d), índice de desempenho (c) e erro médio absoluto (MAE) são apresentados. A linha tracejada representa a relação 1:1.

A análise das figuras 1 e 2 permite inferir também, que as estimativas diárias da ET_0 pelos modelos que utilizam apenas dados de temperatura (Budyko, Camargo, Jensen-Heise e McCloud) foram geralmente menores do que os valores observados pelo método de ET_0 -PM. Isso pode ser facilmente observado pelo fato de que as linhas de tendência das regressões estão abaixo da linha 1:1, como também pelo fato de que a diferença média (MAE) entre a ET_0 estimada pelas diferentes metodologias, em relação às observadas pelo método de Penman-Monteith, variaram de 0,57 a 1,27 mm dia⁻¹. Esses resultados podem ser explicados devido a elevada umidade relativa na região em um grande número de dias, fator que afeta a ET_0 , devido ao reduzido déficit de saturação de vapor. Resultados diferentes foram encontrados por Feng et al. (2017) que, testando modelos baseados na temperatura do ar, observaram tendências de superestimativas. Semelhante aos métodos baseados na temperatura, os modelos baseados na radiação também apresentaram valores inferiores aqueles observados pelo método de Penman-Monteith. Isso pode ser observado na Figura 2, onde, com exceção do método de JH, todos os demais modelos apresentaram tendências de subestimativas dos valores de ET_0 . Os valores de MAE variaram de 0,40 a 1,52 mm dia⁻¹, sendo o método de Makkink o que apresentou a maior subestimativa. De forma geral, a análise das Figuras 1 e 2 demonstram que os modelos baseados na radiação foram mais

precisos nas estimativas da ET_0 . Essa realidade pode ser constatada com base nos índices “d” e “c”, onde esses modelos apresentaram os maiores valores, indicando que estimaram a ET_0 com valores próximos aqueles estimados pelo método de Penman-Monteith, sendo classificados como desempenho variando de bom (Makkink) a ótimo (Turc e Jensen e Heise). O melhor desempenho desses modelos pode ser explicado porque eles apresentam em suas equações a radiação solar global como elemento principal, não sendo diretamente afetados por outros elementos, sendo a radiação considerada a principal fonte de energia para o processo de evapotranspiração. Pandey et al. (2016), avaliando métodos de estimativa da ET_0 para a região Norte da China, também encontraram melhor desempenho com os métodos baseados na radiação solar.

CONCLUSÕES: Os métodos baseados na radiação solar apresentaram melhor desempenho para estimativa da ET_0 na região de Passo Fundo, RS, em comparação aos métodos baseados na temperatura. Entretanto, apesar do melhor desempenho, esses métodos necessitam de dados de radiação que em muitos locais não são facilmente medidos, por isso, o modelo de Hargreaves e Samani que requer apenas a temperatura como dado de entrada é o mais adequado para estimativa da ET_0 em Passo Fundo, RS.

REFERÊNCIAS:

ALMOROX, J.; QUEJ, V.H.; MARTÍ, P. Global Performance ranking of temperature-based approaches for evapotranspiration estimation considering Köppen climate classes. **Journal of hydrology**, v.528, p.514-522, 2015.

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Rev. Bras. Agrometeorol.**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

FAO and DWFI. Methods and case studies, by Sadras, V.O., Cassman, K.G.G., Grassini, P., Hall, A.J., Bastiaanssen, W.G.M., Laborte, A.G., Milne, A.E., Sileshi, G., Steduto, P. FAO Water Reports, n 41, Roma – Italia, 2015.

FENG, Y.; JIA, Y.; CUI, N.; ZHAO, L.; LI, C.; GONG, D. Calibration of Hargreaves model for reference evapotranspiration estimation in Sichuan basin of southwest China. **Agricultural Water Management**, v.181, p.1-9, 2017.

PANDEY, P.K.; DABRAL, P.P.; PANDEY, V. Evaluation of reference evapotranspiration methods for the northeastern region of India. **International Soil and Water Conservation Research**, v.4, p.52-63, 2016.

WILLMOTT, C.J. Some comments on evaluation of model performance, **Bulletin of American Meteorological Society**, v.63, p.1309- 1313, 1982.

ZHANG, Q.; CUI, N.; FENG, Y.; GONG, D.; HU, X. Improvement of Makkink model for reference evapotranspiration estimation using temperature data in Northwest China. **Journal of hydrology**, v.566, p.264-273, 2018.