

## ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA POR DIFERENTES MÉTODOS PARA PERÍODOS COM E SEM PRECIPITAÇÃO PLUVIAL

BRUNA DE VILLA<sup>1</sup>, MIRTA T. PETRY<sup>2</sup>, JULIANO D. MARTINS<sup>3</sup>, FELIPE TONETTO<sup>4</sup>, CLARISSA M. DA SILVA<sup>5</sup>, JAINARA F. NETTO<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Eng<sup>a</sup>. Agrícola Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Rurais, UFSM, Santa Maria-RS, Fone: (45) 98405-8411, e-mail: bruna.devilla.58@hotmail.com

<sup>2</sup> Eng<sup>a</sup>. Agrônoma, Prof. Doutora, Centro de Ciências Rurais, UFSM, Santa Maria-RS

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup>. Agrônomo, Prof. Doutora, Centro de Ciências Rurais, UFSM, Santa Maria-RS

<sup>4</sup> Eng<sup>o</sup>. Agrônomo Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Rurais, UFSM

<sup>5</sup> Eng<sup>a</sup>. Agrícola Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Rurais, UFSM

<sup>6</sup> Eng<sup>a</sup>. Agrícola Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Rurais, UFSM

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

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi determinar a precisão de vários métodos em estimativa da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) em períodos com e sem precipitação, para a região de Bagé, RS. Os dados foram coletados em estação meteorológica convencional, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para o período compreendido entre 1990 e 2007. Os dados foram agrupados em períodos com (1669 dias) e sem (3654 dias) precipitação. Onze métodos foram comparados ao método padrão da FAO Penman-Monteih ( $PM-ET_o$ ) através da regressão linear simples, com a determinação do  $R^2$ . Indicadores estatísticos como o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), o índice de Camargo e Sentelhas ( $c$ ) e o erro médio absoluto (MAE) também foram usados. Os métodos que se destacaram foram Jensen-Haise, Hargreaves-Samani e Turc com desempenhos do índice  $c$  (Ótimo), resultados de  $r$  “Quase Perfeita”, valores de  $R^2 \geq 0,87$  e  $MAE \leq 0,65$  para ambos os períodos analisados. Para as condições micrometeorológicas de Bagé, os métodos que apresentaram bom desempenho para os períodos com e sem precipitação, se comparados ao método  $PM-ET_o$ , foram Jensen-Haise, Hargreaves-Samani e Turc.

**PALAVRAS-CHAVE:** evapotranspiração de referência, precipitação, métodos.

### ESTIMATION OF EVAPOTRANSPIRATION OF REFERENCE BY DIFFERENT METHODS FOR PERIODS WITH AND WITHOUT PLUVIAL PRECIPITATION

**ABSTRACT:** The objective of this study was to determine the accuracy of several methods in estimating reference evapotranspiration ( $ET_o$ ) in periods with and without precipitation, for the region of Bagé, RS. The data were collected in a conventional meteorological station, from the National Institute of Meteorology (INMET), for the period between 1990 and 2007. The data were grouped in periods with (1669 days) and without (3654 days) precipitation. Eleven methods were compared to the standard FAO Penman-Monteih method ( $PM-ET_o$ ) through simple linear regression, with the determination of  $R^2$ . Statistical indicators such as the Pearson correlation coefficient ( $r$ ), the Camargo and Sentelhas index ( $c$ ) and the mean absolute error (MAE) were also used. The methods that stood out were Jensen-Haise, Hargreaves-Samani and Turc with performances of the index  $c$  (excellent), results of  $r$  “Almost Perfect”, values of  $R^2 \geq 0.87$  and  $MAE \leq 0.65$  for both analyzed periods. For the

micrometeorological conditions of Bagé, the methods that performed well for periods with and without precipitation, compared to the PM-ET<sub>0</sub> method, were Jensen-Haise, Hargreaves-Samani and Turc.

**KEYWORDS:** reference evapotranspiration, precipitation, methods.

**INTRODUÇÃO:** A estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>), em geral, é de fundamental importância em atividades ligadas a gestão de bacias hidrográficas, modelagem meteorológica e no manejo hídrico da agricultura irrigada (BEZERRA et al., 2008). A evapotranspiração foi o termo utilizado por Thornthwaite no início da década de 40, para expressar a ocorrência simultânea dos processos de evaporação da água no solo e da transpiração das plantas. Ela é controlada pelo balanço de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas (MENDONÇA, et al., 2003). A equação de Penman-Monteith foi convencionada como o método padrão de estimativa da ET<sub>0</sub> pela FAO, devido à sua acurácia em uma gama de variabilidade de climas. Porém, requer várias informações climáticas (ALLEN et al., 1998) e seu uso pode ser inviável devido à não disponibilidade dessas informações. Diversos pesquisadores propuseram modelos empíricos e mais simples para a estimativa da ET<sub>0</sub>, que exigem menos dados climáticos. Entretanto, muitos dos métodos alternativos ao PM-ET<sub>0</sub> não apresentam boa performance em locais de clima úmido, por terem sido desenvolvidos para climas áridos (TODOROVIC et al., 2013). Os métodos de Hargreaves-Samani, Priestley-Taylor, Makkink e Turc, baseados na radiação solar, são modelos empíricos comumente utilizados, porém, suas estimativas apresentam melhores resultados para períodos semanais ou mensais. Além disso, há poucos estudos sobre o desempenho desses modelos para locais úmidos (YODER et al., 2005). Assim, este estudo visou estimar a ET<sub>0</sub> diária por meio de diferentes métodos, para dias com e sem precipitação, para a região de Bagé, RS.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Os dados foram coletados de uma estação meteorológica convencional, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada Bagé, RS (-31,33° S; -54,1° O), para o período de 1990 a 2007. Os dados foram agrupados em período com (1669 dias) e sem precipitação pluvial (3654 dias). Usou-se como variáveis de entrada: a temperatura máxima (°C), mínima (°C) e média (°C) do ar, umidade relativa do ar (%), velocidade média do vento a 10 m de altura (m s<sup>-1</sup>), insolação (h), entre outras. Os modelos analisados neste estudo foram o de Penman-Monteith, Benevides-Lopes, Priestley-Taylor, Tanner-Pelton, Makkink, Jensen-Haise, Hargreaves-Samani, Camargo, Turc e Linacre. O desempenho dos diferentes métodos foi avaliado comparativamente ao PM-ET<sub>0</sub>, para cada período, através da regressão linear, visando determinar o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), além dos indicadores como o coeficiente de correlação de Pearson (r), o índice de Camargo e Sentelhas (c) e o erro médio absoluto (MAE).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os métodos que apresentaram melhores desempenhos do índice c (Ótimo) foram Jensen-Haise, Hargreaves-Samani e Turc estabelecido de acordo com o proposto por Camargo e Sentelhas (1997). De modo que o índice c é mais criterioso do que o coeficiente r, tendo em vista que o r entra para a determinação dele. Os três métodos destacados apresentaram valores do coeficiente r como quase perfeito, de acordo com a classificação de Cohen (1988). E os valores de R<sup>2</sup> obtidos foram superiores a 0,87, sendo que quanto, mais próximos de 1,00, melhor é o ajuste em relação ao padrão. Os índices de erros (MAE) foram inferiores a 0,65, de modo que quanto mais próximo de zero melhor os dados, pois menor o erro nas estimativas do modelo testado em relação ao PM-ET<sub>0</sub>, conforme apresentado na Tabela 1 e nas Figuras 1 e 2.

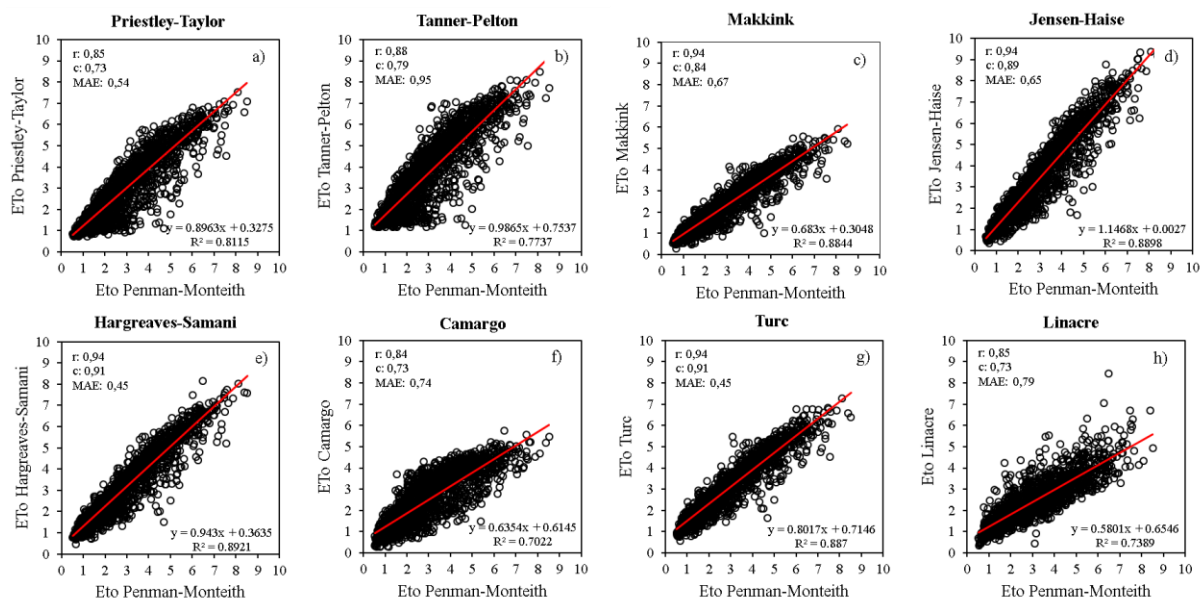


FIGURA 1. Relação entre a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) estimada pelo método Penman-Monteith (PM- $ET_0$ ) e os diferentes métodos de estimativa de  $ET_0$ . O coeficiente de correlação ( $r$ ), índice de Camargo e Sentelhas ( $c$ ) e índices de erro (MAE), para o período com chuva, na região de Bagé, RS.

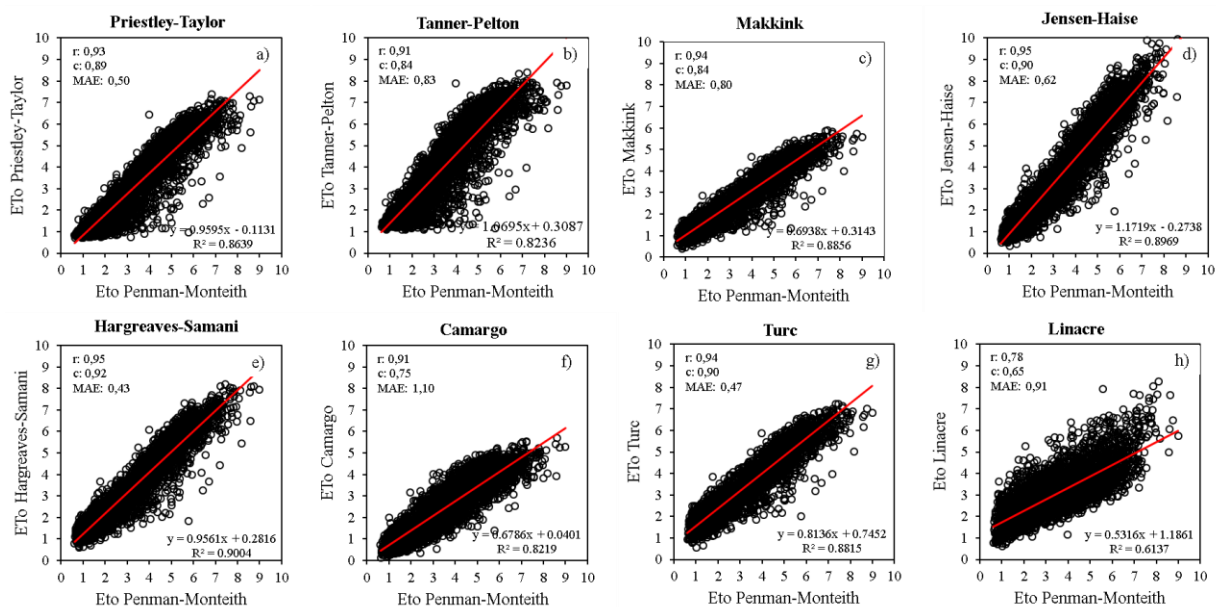


FIGURA 2. Relação entre a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) estimada pelo método Penman-Monteith (PM- $ET_0$ ) e os diferentes métodos de estimativa de  $ET_0$ . O coeficiente de correlação ( $r$ ), índice de Camargo e Sentelhas ( $c$ ) e índices de erro (MAE), para o período sem chuva, na região de Bagé, RS.

TABELA 1. Valores médio da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) para diferentes métodos de estimativa, coeficiente de correlação de Pearson (r) e de concordância (c), para o período entre 1990 e 2007, para Bagé, RS.

Métodos	Com chuva			Sem chuva		
	( $ET_o$ )	c	r	( $ET_o$ )	c	r
PT	2,99	Muito Bom	Muito Alta	3,23	Ótimo	Quase perfeita
TP	3,68	Muito Bom	Muito Alta	4,03	Bom	Quase perfeita
MK	2,33	Muito Bom	Quase perfeita	2,73	Bom	Quase perfeita
JH	3,40	Ótimo	Quase perfeita	3,81	Ótimo	Quase perfeita
HS	3,16	Ótimo	Quase perfeita	3,61	Ótimo	Quase perfeita
CM	2,50	Bom	Muito Alta	2,40	Bom	Quase perfeita
T	3,09	Ótimo	Quase perfeita	3,58	Ótimo	Quase perfeita
LN	2,38	Bom	Muito Alta	3,04	Bom	Muito Alta

Priestley-Taylor (PT), Tanner-Pelton (TP), Makkink (MK), Jensen-Haise (JH), Hargreaves-Samani (HS), Camargo (CM) Turc (T), Linacre (LN).

**CONCLUSÕES:** Para as condições micrometeorológicas de Bagé-RS, os métodos que apresentaram bom desempenho para os períodos com e sem precipitação, se comparados ao método padrão da FAO-56, foram Jensen-Haise, Hargreaves-Samani e Turc.

#### REFERÊNCIAS:

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements-FAO Irrigation and Drainage Paper 56, 9th ed.; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 1998.

BEZERRA, B. G.; DA SILVA, B. B.; FERREIRA, N. J. Estimativa da evapotranspiração real diária utilizando-se imagens digitais TM - Landsat 5. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.3, p.305-317, 2008.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p89-97, 1997.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. New Jersey: Lawrence Erlbaum, p.569, 1988.

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.275-279, 2003.

TODOROVIC M, KARIC B, PEREIRA LS. Reference evapotranspiration estimate with limited weather data across a range of Mediterranean climates. **Journal of Hydrology**. v.481, p.166-176, 2013.

YODER, R. E.; ODHIAMBO, L. O.; WRIGHT, W. C. Evaluation of methods for estimating daily reference crop evapotranspiration at a site in the humid Southeast United States. **Applied Engineering in Agriculture**, v.21, n.2, p.197-202, 2005.