

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM DIFERENTES MÉTODOS E INTERVALOS DE TEMPO PARA PARANAÍBA-MS

FERNANDO FRANÇA DA CUNHA¹, THIAGO RAMOS DA SILVA²,
CAIO CESAR SILVA ALVARENGA CORREIA³

¹ Eng° Agrônomo, D.S. Engenharia Agrícola, UFV/Viçosa-MG, Fone: (31) 3899-1913, fernando.cunha@ufv.br

² Graduando em Agronomia, UFMS/Chapadão do Sul-MS, Fone: (67) 3562-6310, thiago.ramossilva10@gmail.com

³ Eng° Agrônomo, Mestrando em Engenharia Agrícola, UFV/Viçosa-MG, Fone: (31) 3899-2735, caio_ufv@yahoo.com.br

Apresentado no
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

RESUMO: Objetivou-se avaliar os métodos Blaney-Criddle, Camargo, Hargreaves-Samani, Linacre, Makkink e Priestley-Taylor para estimativa da evapotranspiração de referência (ET₀) em diferentes intervalos de tempo (diário, quatro, sete, dez, quinze e trinta dias) em Paranaíba-MS. Os dados meteorológicos foram retirados do Instituto Nacional de Meteorologia no período de sete anos (2008 a 2014). O método tomado como padrão foi o Penman-Monteith e a comparação dos resultados foi por meio do coeficiente de determinação (r^2) e coeficientes “b₀” e “b₁” das regressões lineares, erro-padrão da estimativa (EPE), índice de concordância de Willmott (d), coeficiente de correlação de Pearson (r) e do coeficiente de confiança (c). O aumento do intervalo de tempo dos valores de ET₀ proporcionaram melhores coeficientes de regressão e parâmetros estatísticos. Independente do intervalo de tempo, os métodos de Blaney-Criddle, Camargo e Priestley-Taylor podem ser utilizados na estimativa da ET₀ em Paranaíba. Os métodos de Linacre e Makkink não devem ser utilizados e o método de Hargreaves-Samani pode ser utilizado apenas para estimativas de ET₀ superiores a 4 dias.

PALAVRAS-CHAVE: Blaney-Criddle, Camargo, Penman-Monteith, Priestley-Taylor.

ESTIMATE OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN DIFFERENT METHODS AND TIME INTERVALS FOR PARANAÍBA CITY, BRAZIL

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the methods Blaney-Criddle, Camargo, Hargreaves-Samani, Linacre, Makkink and Priestley-Taylor to estimate the reference evapotranspiration (ET₀) at different time intervals (daily, four, seven, ten, fifteen and thirty days) in Paranaíba city, Brazil. Meteorological data were taken from the National Institute of Meteorology in the seven-year period (2008-2014). The taken method as standard was the Penman-Monteith and the calibration had been carried through by coefficients “b₀” and “b₁” of the linear regressions. The comparison of the results was by estimated standard error (ESE), index of agreement by Willmott (d), correlation coefficient by Pearson (r) and the reliable coefficient (c). The increased time intervals values of ET₀ provided better statistical regression coefficients and parameters. Regardless of time intervals, the methods of Blaney-Criddle, Camargo and Priestley-Taylor can be used to estimate the ET₀ in Paranaíba city. Methods of Linacre and Makkink should not be used and Hargreaves-Samani method can only be used for ET₀ estimates over 4 days.

KEYWORDS: Blaney-Criddle, Camargo, Penman-Monteith, Priestley-Taylor.

INTRODUÇÃO: A evapotranspiração de referência (ET₀) juntamente com coeficientes relacionados a planta e solo, são utilizados para a estimativa adequada da evapotranspiração da cultura (ET_c), que consiste no principal parâmetro a ser considerado no dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação (OLIVEIRA et al., 2001). O uso de um modelo para estimativa da ET₀ em uma determinada região pressupõe sua validade para cada localidade, sendo de fundamental importância fazer uma comparação entre os diferentes modelos, levando em consideração as condições climáticas locais. A região de Paranaíba-MS tem grande importância econômica devido à agropecuária, sendo assim, a determinação correta da ET₀ é de extrema importância, visando o planejamento de recursos hídricos e a agricultura irrigada da região. Objetivou-se com este trabalho, avaliar o desempenho de distintos métodos para estimativa da ET₀ em diferentes intervalos de tempo para Paranaíba-MS.

MATERIAL E MÉTODOS: Os dados meteorológicos para execução do trabalho foram retirados do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), para a estação meteorológica de Paranaíba-MS (Latitude 19° 24' 51" S, Longitude 51° 06' 19" W, Altitude 424 m), no período de sete anos, compreendido entre março de 2008 a fevereiro de 2014. Os dados horários meteorológicos utilizados na presente pesquisa foram: temperatura instantânea, máxima e mínima (°C); umidade relativa instantânea, máxima e mínima (%); temperatura do ponto de orvalho instantânea, máxima e mínima (°C); pressão instantânea, máxima e mínima (hPa); velocidade do vento ($m s^{-1}$) e radiação global ($kJ m^{-2}$). Os dados meteorológicos horários foram convertidos para dados diários. As metodologias utilizadas na presente pesquisa para estimativa da evapotranspiração de referência (ET₀) foram de Blaney-Criddle, Camargo, Hargreaves-Samani, Linacre, Makkink e Priestley-Taylor. Após a verificação dos dados foi realizada uma análise de regressão que correlacionou os valores de ET₀ estimados pelas equações empíricas com o método Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) na escala de um, quatro, sete, dez, quinze e trinta dias. Foram considerados os coeficientes “b₀” e “b₁” das respectivas regressões lineares simples e o coeficiente de determinação (r^2). A análise de desempenho dos modelos foi por meio da metodologia proposta por ALLEN et al. (1989), e se fundamenta no erro-padrão da estimativa (EPE). A aproximação dos valores de ET₀ estimados por determinado método estudado, em relação aos valores obtidos com uso do método padrão, foi obtida por um índice designado concordância ou ajuste, representado por letra “d” (WILLMOTT et al., 1985), onde seus valores variam desde zero, onde não existe concordância, a 1, para a concordância perfeita. Para validação do modelo, obteve-se também o coeficiente de correlação de Pearson (r) e o coeficiente de confiança ou desempenho (c). O coeficiente c, proposto por CAMARGO & SENTELHAS (1997), é interpretado da seguinte forma: “ótimo” ($c > 0,85$); “muito bom” ($0,76 < c < 0,85$); “bom” ($0,66 < c < 0,75$); “mediano” ($0,61 < c < 0,65$), “sofrível” ($0,51 < c < 0,60$), “mau” ($0,41 < c < 0,50$) e “péssimo” ($c < 0,40$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Verifica-se na Figura 1, com base nas retas de regressão, que os métodos Hargreaves-Samani, Linacre e Makkink superestimaram os valores de evapotranspiração de referência (ET₀). Os métodos Camargo e Blaney-Criddle subestimaram os valores de ET₀ apenas quando o método Penman-Monteith-FAO56 acusou estimativas superiores a 3,2 e 4,5 mm dia⁻¹, respectivamente. O método Priestley-Taylor acusou boa estimativa de ET₀, apresentando curva de regressão próxima a relação 1:1 e bons coeficientes de regressão “b₀” e “b₁”. Os coeficientes de regressão dos valores de ET₀ acumulados em 1, 4, 7, 10, 15 e 30 dias estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que o aumento da escala dos valores de ET₀ proporcionaram melhores coeficientes de regressão, corroborando com TAGLIAFERRE et al. (2010) em pesquisa realizada no Estado da Bahia.

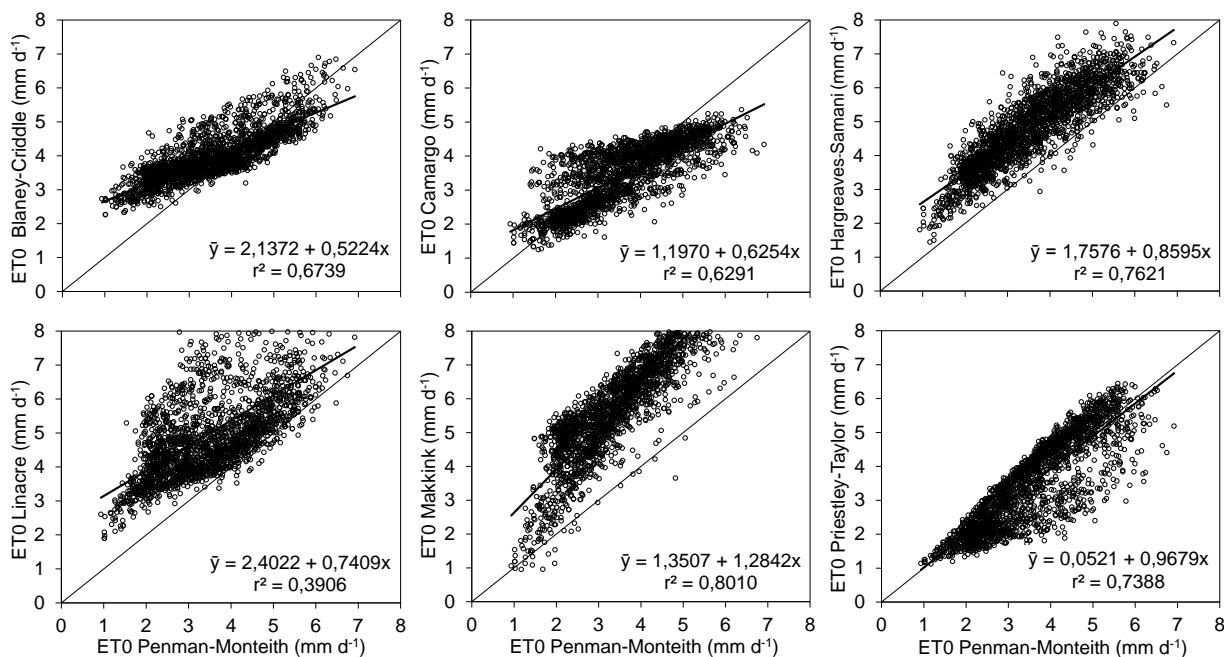


FIGURA 1. Valores de evapotranspiração de referência (ET₀) diária obtidos pelo método de Penman-Monteith comparados aos valores de ET₀ obtidos pelos métodos estudados.

TABELA 1. Parâmetros da equação de regressão (b_0 , b_1), coeficiente de determinação (r^2), estimativa do erro padrão (EEP), concordância de Willmott (d), correlação de Pearson (r), coeficiente de confiança (c) e desempenho de Camargo e Sentelhas, obtidos das correlações entre as evapotranspirações de referência estimadas pelo método de Penman-Monteith e pelos métodos e períodos estudados em Paranaíba-MS

Método	Intervalo	b_0	b_1	r^2	EPE	d	r	c	Desempenho
Blaney-Criddle	Diário	2,1372	0,5224	0,6739	0,8298	0,8132	0,8708	0,7082	Bom
	4 dias	2,0591	0,5395	0,7686	0,7082	0,8259	0,9039	0,7465	Bom
	7 dias	2,0127	0,5487	0,8069	0,6615	0,8328	0,9218	0,7677	Muito Bom
	10 dias	1,9561	0,5610	0,8322	0,6279	0,8414	0,9318	0,7841	Muito Bom
	15 dias	1,8613	0,5814	0,8663	0,5820	0,8571	0,9452	0,8101	Muito Bom
	30 dias	1,5522	0,6498	0,9305	0,4677	0,9034	0,9690	0,8754	Ótimo
Camargo	Diário	1,1970	0,6254	0,6291	0,7198	0,8726	0,8785	0,7665	Muito Bom
	4 dias	0,7596	0,7505	0,7349	0,5429	0,9169	0,9067	0,8313	Muito Bom
	7 dias	0,5782	0,8029	0,7803	0,4739	0,9330	0,9180	0,8565	Ótimo
	10 dias	0,4665	0,8356	0,8104	0,4300	0,9430	0,9272	0,8744	Ótimo
	15 dias	0,3488	0,8707	0,8450	0,3795	0,9541	0,9391	0,8960	Ótimo
	30 dias	0,1904	0,9209	0,9066	0,2844	0,9727	0,9584	0,9322	Ótimo
Hargreaves-Samani	Diário	1,7576	0,8595	0,7621	1,3888	0,7334	0,8969	0,6578	Mediano
	4 dias	1,4712	0,9262	0,8533	1,2754	0,7279	0,9377	0,6826	Bom
	7 dias	1,3596	0,9471	0,8830	1,2213	0,7269	0,9500	0,6905	Bom
	10 dias	1,2822	0,9583	0,8999	1,1755	0,7310	0,9575	0,6999	Bom
	15 dias	1,1803	0,9693	0,9182	1,1049	0,7433	0,9645	0,7169	Bom
	30 dias	0,9392	0,9840	0,9520	0,9041	0,7958	0,9776	0,7781	Muito Bom
Linacre	Diário	2,4022	0,7409	0,3906	1,8599	0,6082	0,7441	0,4526	Mau
	4 dias	2,4764	0,7031	0,3715	1,7351	0,5831	0,7289	0,4250	Mau
	7 dias	2,5551	0,6682	0,3679	1,6581	0,5746	0,7334	0,4215	Mau
	10 dias	2,4803	0,6628	0,4010	1,5343	0,5894	0,7521	0,4433	Mau
	15 dias	2,3490	0,6649	0,4583	1,3767	0,6150	0,7795	0,4794	Mau
	30 dias	1,9139	0,7109	0,6344	1,0427	0,7035	0,8502	0,5981	Sofrível
Makkink	Diário	1,3507	1,2842	0,8010	2,4928	0,5871	0,9074	0,5327	Sofrível
	4 dias	1,6579	1,1706	0,8383	2,3291	0,5498	0,9265	0,5094	Mau
	7 dias	1,7618	1,1213	0,8624	2,2375	0,5380	0,9394	0,5054	Mau
	10 dias	1,7910	1,0930	0,8790	2,1569	0,5364	0,9476	0,5083	Mau
	15 dias	1,7711	1,0653	0,9002	2,0300	0,5429	0,9566	0,5194	Sofrível
	30 dias	1,3815	1,0290	0,9513	1,4986	0,6257	0,9770	0,6113	Mediano
Priestley-Taylor	Diário	0,0521	0,9679	0,7388	0,6732	0,9223	0,9023	0,8321	Muito Bom
	4 dias	-0,1135	1,0154	0,7555	0,5962	0,9250	0,9091	0,8409	Muito Bom
	7 dias	-0,1959	1,0392	0,7694	0,5603	0,9282	0,9139	0,8484	Muito Bom
	10 dias	-0,2451	1,0537	0,7825	0,5330	0,9318	0,9188	0,8562	Ótimo
	15 dias	-0,2942	1,0684	0,8033	0,4940	0,9381	0,9267	0,8693	Ótimo
	30 dias	-0,3137	1,0766	0,8582	0,3943	0,9561	0,9432	0,9018	Ótimo

Como visto para os coeficientes de regressão, os parâmetros estatísticos também foram melhorados com o aumento da escala (intervalos de tempo) dos valores de ET_0 (Tabela 1). Independente da escala, os métodos de Blaney-Criddle, Camargo e Priestley-Taylor sempre receberam classificação de Camargo e Sentelhas “bom”, “muito bom” ou “ótimo” e podem ser utilizados na estimativa da ET_0 em Paranaíba-MS. O método Priestley-Taylor foi desenvolvido para estimativa da evaporação de superfícies saturadas em uma atmosfera não saturada, que é a condição normal da natureza (BARROS et al., 2009; CAVALCANTE Jr. et al., 2011) e seu desempenho corroborou com CUNHA et al. (2013) em Chapadão do Sul-MS. OLIVEIRA et al. (2011) em Aquidauana-MS e MOURA et al. (2013) no Estado de Pernambuco também observaram boas estimativas de ET_0 pelo método de Camargo. Por ser bastante simples, necessitando apenas de dados de temperatura média, espera-se que a metodologia de Camargo seja utilizada por aqueles produtores desprovidos de estações meteorológicas completas. O método de Blaney-Criddle-FAO24 apresenta simplicidade em seus cálculos, e apenas a temperatura do ar como parâmetro de entrada medido. O método de Hargreaves-Samani pode ser utilizado apenas para estimativas de ET_0 superiores a 4 dias. O método de Hargreaves-Samani necessita apenas da

temperatura do ar máxima e mínima como parâmetro de entrada medido. É um método que geralmente superestima a ET₀, mas com calibrações regionais o produtor sem condição de adquirir estação meteorológica completa pode obter estimativas confiáveis de ET₀ para o manejo correto da irrigação, utilizando apenas um termômetro de máxima e mínima. Os métodos de Linacre e Makkink não apresentaram desempenhos satisfatórios para nenhuma escala estudada, e portanto, não devem ser utilizados para a estimativa da ET₀ em Paranaíba-MS, corroborando com a pesquisa de CUNHA et al. (2013) realizada em Chapadão do Sul-MS.

CONCLUSÕES: O aumento do intervalo de tempo na estimativa da evapotranspiração de referência, em Paranaíba-MS, proporcionaram melhores coeficientes de regressão e parâmetros estatísticos. Os métodos de Blaney-Criddle, Camargo e Priestley-Taylor podem ser utilizados na estimativa da evapotranspiração de referência em Paranaíba-MS independente do intervalo de tempo considerado. Os métodos de Linacre e Makkink não devem ser utilizados e o método de Hargreaves-Samani pode ser utilizado apenas para estimativas de evapotranspiração de referência superiores a 4 dias.

AGRADECIMENTOS: À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; JENSEN, M. E.; WRIGHT, J.; BURMAN, R. D. Operational estimates of reference evapotranspiration. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 4, p. 650-662, 1989.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BARROS, V. R.; SOUZA, A. P.; FONSECA, D. C.; SILVA, L. B. D. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica, Rio de Janeiro, utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 2, p. 198-203, 2009.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- CAVALCANTE JR., E. G.; OLIVEIRA, A. D.; ALMEIDA, B. M.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semiárido Nordeste. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. supl., p. 1699-1708, 2011.
- CUNHA, F. F.; MAGALHÃES, F. F.; CASTRO, M. A. Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul - MS. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 159-172, 2013.
- MOURA, A. R. C.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ANTONINO, A. C. D.; AZEVEDO, J. R. G.; SILVA, B. B.; OLIVEIRA, L. M. M. Evapotranspiração de referência baseada em métodos empíricos em bacia experimental no Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 28, n. 2, p. 181-191, 2013.
- OLIVEIRA, L. F. C.; CARVALHO, D. F.; ROMÃO, P. A.; CORTÊS, F. C. Estudo comparativo de modelos de estimativa da evapotranspiração de referência para algumas localidades no estado de Goiás e Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 121-126, 2001.
- OLIVEIRA, G. Q.; LOPES, A. S.; JUNG, L. H.; NAGEL, P. L.; BERTOLI, D. M. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência baseadas na temperatura do ar, em Aquidauana-MS. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 5, n. 3, p. 224-234, 2011.
- TAGLIAFERRE, C.; SILVA, R. A. J.; ROCHA, F. A.; SANTOS, L. C.; SILVA, C. S. Estudo comparativo de diferentes metodologias para determinação da evapotranspiração de referência em Eunápolis-BA. **Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 103-111, 2010.
- WILLMOT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, J. J.; FEDDEMA, K.; KLINK, D. R. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v. 90, n. 5, p. 8995-9005, 1985.