

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS EMPÍRICOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA PIRIPIRI, PIAUÍ

**DÔNAVAN H. NOLÊTO¹, ADERSON S. ANDRADE JÚNIOR², DARLAN L. BRAGA³,
FRANCISCO E. P. MOUSINHO⁴, CAMILA C. SOUSA⁵**

¹ Eng. Agrônomo, mestrando em Engenharia agrícola - UFC, Fortaleza/CE, (86)9940-9710, donavanoletto@yahoo.com.br

² Eng. Agrônomo, pesquisador Embrapa Meio-Norte, Teresina/PI

³ Eng. Agrônomo, mestrando em Engenharia agrícola - UFC, Fortaleza/CE

⁴ Eng. Agrônomo, professor UFPI/CCA, campus Socopo, Teresina/PI

⁵ Bióloga, doutoranda em Genética e melhoramento de plantas - ESALQ-USP, Piracicaba/SP

Apresentado no

XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2013

04 a 08 de Agosto de 2013 - Fortaleza - CE, Brasil

RESUMO: O cálculo diário da evapotranspiração de referência (ET_o) é a base para se determinar a lâmina de irrigação a ser aplicada aos cultivos. O método padrão de estimativa da ET_o por Penman-Monteith/FAO (PM), por usar muitos elementos climáticos, torna os cálculos mais onerosos e de difícil aplicação em diversos locais. Este trabalho objetivou comparar e avaliar o desempenho de métodos empíricos de estimativa da ET_o, de modo a proporcionar maior acessibilidade à estimativa de ET_o pelos produtores do Perímetro Irrigado do Açude Caldeirão, em Piripiri, Piauí. Os dados climáticos foram obtidos em uma estação agrometeorológica automática localizada dentro do Perímetro (latitude 04°20'00,4"S e longitude 41°43'52"W), de 01/01/2005 a 31/12/2009. Os métodos de estimativa de ET_o avaliados foram os de Thornthwaite (TH), Blaney-Criddle (BC), Jensen-Haise (JH), Priestley-Taylor (PT), Hargreaves-Samani (HS) e Método da Radiação (Rad), admitindo como método padrão para comparação o de Penman-Monteith/FAO. Foram realizados cálculos do erro padrão da estimativa (EPE), dos coeficientes de determinação, correlação, índice de Willmott e de confiança entre os métodos avaliados e o padrão. Todos os métodos de estimativa de evapotranspiração de referência obtiveram desempenho ótimo quando comparados a PM, porém TH, BC, JH e Rad superestimaram os valores de ET_o diária. Os métodos HS e PT apresentaram os menores EPE, sendo estes indicados para o adequado manejo de irrigação no Perímetro Irrigado do Açude Caldeirão.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo de irrigação. Açude Caldeirão. Demanda hídrica.

COMPARISON OF EMPIRICAL METHODS FOR ESTIMATING EVAPOTRANSPIRATION OF REFERENCE FOR PIRIPIRI, PIAUÍ STATE, BRAZIL

ABSTRACT: The daily calculation of the reference evapotranspiration (ET_o) is the basis for determining the irrigation to be applied to crops. The standard method for estimating the ET_o is Penman-Monteith/FAO (PM), that uses many climatic elements, however, it makes the calculations more expensive and difficult to apply in various locations. This study aimed to compare and evaluate the performance of methods for ET_o estimate to increase accessibility to estimate ET_o and ability to make a rational management of irrigation to the irrigated producers of Caldeirão Weir in Piripiri, Piauí. Climatic data were obtained from an automatic weather station located at latitude 04°20'4"S, longitude 41°43'52"W and altitude of 164 m, the period from 01/01/2005 to 31/12/2009. ET_o estimation methods evaluated were Thornthwaite (TH), Blaney-Criddle (BC), Jensen-Haise (JH), Priestley-Taylor (PT), Hargreaves-Samani (RS) and Radiation (Rad) methods, comparing with that of Penman-Monteith/FAO method. The estimated standard error, determination coefficient, correlation, performance and Willmott index were calculated for the evaluation of methods. Radiation, Thornthwaite, Blaney-Criddle and Jensen-Haise methods overestimated ET_o. All methods of estimating reference evapotranspiration obtained optimal performance when compared to PM, however TH, BC, JH and Rad overestimated values of ET_o. The methods HS and PT had the lowest EPE, which are suitable for proper irrigation management in the Irrigated Perimeter of Caldeirão Weir.

KEYWORDS: Irrigation management. Caldeirão Weir. Water demand.

INTRODUÇÃO: O termo evapotranspiração é usado para definir a perda de vapor d'água para a atmosfera por meio do efeito combinado dos processos de evaporação de água da superfície do solo e de transpiração da água pela planta (Carvalho; Bezerra; Carvalho, 2007). Portanto, para a realização de um eficiente manejo de irrigação em qualquer cultura, torna-se necessária a estimativa da evapotranspiração diária. Para a obtenção de valores confiáveis de evapotranspiração de uma cultura são requeridos, além de coeficientes de cultivo adequados, uma estimativa adequada da evapotranspiração de referência (ET_o) (RODRIGUES et al., 1997). A estimativa da ET_o se constitui na base para se determinar o valor da lâmina de irrigação a ser aplicada. Existem vários métodos empíricos para estimativa da ET_o, sendo estes mais utilizados por serem mais rápidos e menos trabalhosos e pela facilidade de obtenção dos resultados utilizando recursos computacionais. Alguns destes métodos requerem poucas variáveis para o cálculo da ET_o, tornando o manejo mais viável, como o método de Thornthwaite, que utiliza apenas a temperatura. O método de Penman-Monteith-FAO é considerado como o padrão para a estimativa da ET_o (ALLEN et al., 1998) porém é empregado um grande número de variáveis, geralmente, obtidas em locais que dispõe de estação agrometeorológica com todos os sensores necessários para essas medidas, o que nem sempre é possível. Nesse sentido, é importante que sejam realizados estudos locais visando a qualificação de métodos de estimativa de ET_o, que possam ser utilizados em substituição ao método padrão de PM, sem contudo afetar a precisão dessa estimativa. Este trabalho tem como objetivo comparar métodos empíricos de estimativa de evapotranspiração de referência em relação ao método Penman-Monteith/FAO, visando proporcionar aos produtores rurais da região informações básicas para o cálculo da ET_o.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado com dados do período de 01/01/2005 a 31/12/2009, obtidos em uma estação agrometeorológica automática localizada no Perímetro Irrigado do Açude Caldeirão, município de Piripiri, Piauí, latitude 04° 20' 00,4" S, longitude 41° 43' 52" W e 164 m de altitude. Segundo a classificação climática de Köppen (1948), o clima da região é caracterizado como Aw⁷. Foram utilizados os métodos empíricos de estimativa da Evapotranspiração de Referência de Thornthwaite (TH), Blaney-Cridle (BC), Jensen-Haise (JH), Hargreaves-Samani (HS), método da Radiação (Rad), descritos por Pereira, Villa Nova e Sedyama (1997) e Priestley-Taylor (PT) em comparação ao método padrão de Penman-Monteith (PM) (Allen et al., 1998), apresentados e descritos por Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002). Para a análise comparativa entre os métodos avaliados e método padrão de PM, foram realizados cálculos de erro padrão de estimativa (EPE), dos coeficientes de determinação (R²) e correlação (r), o índice *d* proposto por Willmott et al. (1985) e o coeficiente *c* de desempenho, que é o produto do coeficiente *r* com o índice *d* (Camargo e Sentelhas, 1997), para posterior confecção dos gráficos de dispersão. Os cálculos e gráficos foram realizados com a utilização do software Microsoft Office Excel[®] (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A variação dos valores diários de ET_o estimados pelos métodos de TH, BC, JH, PT, HS, Rad e PM estão representados graficamente na Figura 1. Os métodos de TH, BC, JH e da Rad superestimaram o padrão durante todo o ano. A estimativa da ET_o tende a ser mais baixa, durante o período chuvoso, que compreende os meses de janeiro a maio, tendo em vista que nessa época a UR é mais elevada e a temperatura e a radiação solar são mais amenas. O menor valor da ET_o estimada pelo método PM ocorreu em abril (2,37 mm.dia⁻¹) e o seu pico máximo no mês de outubro, atingindo uma média de 4,41 mm.dia⁻¹. Os métodos de HS e de PT foram os que mais se aproximaram de PM, tendo suas ET_o's máximas (4,27 e 4,43 mm.dia⁻¹) e mínimas (2,23 e 3,09.dia⁻¹), ambas em outubro e abril, respectivamente, esses comportamentos foram observados em PT pelo fato desse método ser um modelo simplificado da equação de PM (ALEXANDRIS; STRICEVIC; PETKOVIT, 2008) e em HS por ser um método desenvolvido a partir de dados obtidos em lisímetros de pesagem em região árida da Califórnia, em Davis (Estados Unidos), onde as condições climáticas são semelhantes às encontradas na área de deste estudo (BACK, 2008). Silva (2012), em um estudo de estimativa da ET_o em 19 cidades do Piauí, verificou que em Piripiri o método de PT apresentou valores de ET_o que não diferem estatisticamente do método padrão.

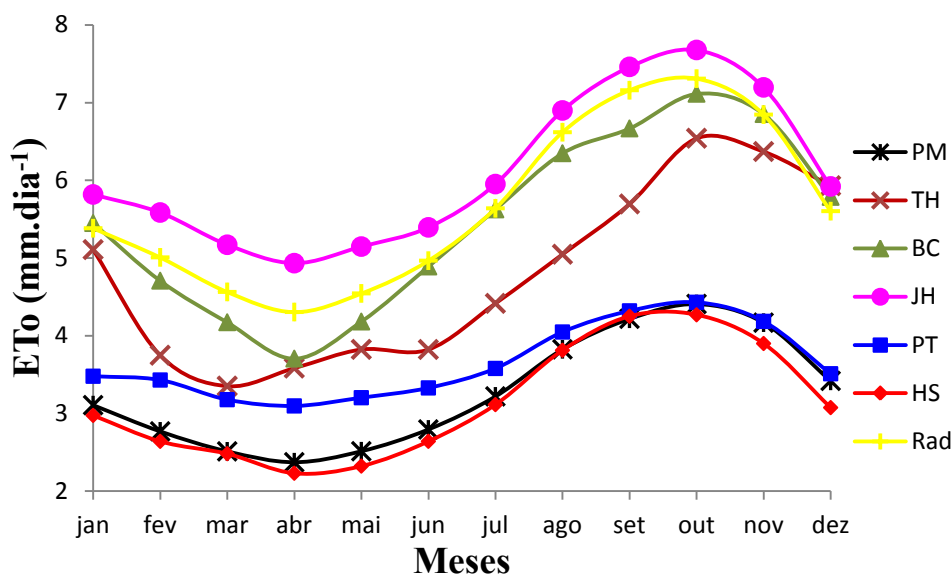


FIGURA 1. Dados médios diários por mês de estimativa da ETo do município de Piripiri nos anos de 2005 a 2009, calculados por meio dos métodos de TH, BC, JH, PT, HS, Rad e PM.

Na Tabela 1 são apresentados os EPE, os R^2 e r e o índice d , proposto por Willmott et al. (1985), entre os métodos comparados ao padrão PM, bem como o c segundo a classificação de Camargo e Sentelhas (1997). Na análise comparativa dos seis métodos, a partir de dados diários, o método de TH teve o maior EPE (1,071), devido a utilização de apenas uma variável climática (temperatura do ar) para o cálculo da ETo, já o método PT, que utiliza o saldo de radiação solar na estimativa da ETo, ofereceu o menor EPE (0,686). Os valores de ETo diários, obtidos a partir de médias de dados diários da ETo, foram altamente e positivamente correlacionados, adquirindo assim, alto coeficiente de desempenho, quando comparados com o método de Penman-Montheith, sendo obtidos os seguintes coeficientes: TH (0,88), BC (0,93), JH (0,93), PT (0,97), HS (0,99) e Rad (0,94). De acordo com a classificação proposta por Camargo e Sentelhas (1997), todos os métodos apresentaram coeficientes c classificados como ótimos. Porém, recomenda-se o emprego dos métodos de PT e HS por terem apresentados, notadamente, menores EPE, implicando na aplicação de menores lâminas de irrigação, e necessitarem de dados climáticos de mais fácil obtenção em campo.

TABELA 1: Indicadores estatísticos da comparação entre os diferentes métodos em função do método PM em escala diária.

Métodos	EPE	R^2	r	d	c	Desempenho
Thornthwaite	1,071	0,850	0,922	0,953	0,88	ótimo
Blaney-Criddle	1,068	0,973	0,986	0,947	0,93	ótimo
Jensen-Haise	0,982	0,979	0,989	0,943	0,93	ótimo
Priestley-Taylor	0,686	0,966	0,983	0,984	0,97	ótimo
Hargreaves-Samani	0,859	0,980	0,990	0,999	0,99	ótimo
Método da Radiação	1,034	0,989	0,994	0,946	0,94	ótimo

Na Figura 2 encontra-se graficamente representado o comportamento das estimativas da ETo entre os diversos métodos empíricos avaliados e o método padrão PM. Os métodos que mais se aproximaram das estimativas feitas por PM foram os de PT e HS, sendo assim os métodos mais indicados para o cálculo da ETo como alternativa para o cálculo por meio do método padrão. Os demais métodos superestimaram os valores de ETo. Isso se deve pelo fato dos métodos PT e HS terem sido desenvolvidos em regiões semiáridas, semelhantes à utilizada neste estudo, comprovando as adequadas escolhas destes métodos para esta condição climática. O método da Rad superestimou a ETo, por não se dispor de dados de temperatura de bulbo úmido, utilizando assim, a temperatura do ar, que contribuiu para o ajuste inadequado desse método.

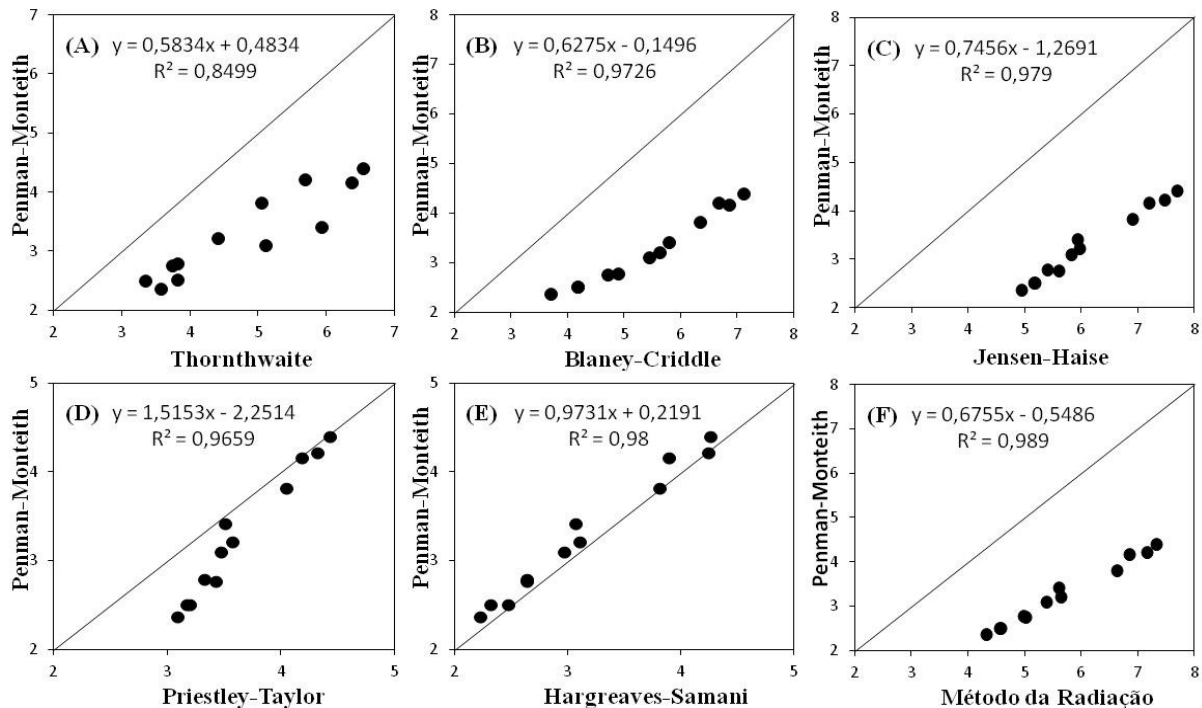


FIGURA 2. Gráficos de dispersão correlacionando os métodos de TH (A), BC (B), JH (C), PT (D), HS (E) e Rad (F) com o de PM.

CONCLUSÕES: Todos os métodos de estimativa de evapotranspiração de referência obtiveram desempenho ótimo quando comparados ao de PM, porém TH, BC, JH e Rad superestimaram os valores de ETo diária. Nos métodos HS e PT foram encontrados os menores EPE, sendo estes indicados para o adequado manejo de irrigação no Perímetro Irrigado do Açude Caldeirão.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRIS, S.; STRICEVIC, R.; PETKOVIT, S. Comparative analysis of reference evapotranspiration from the surface of rainfed grass in central Serbia, calculated by six empirical methods against the Penman-Monteith formula. **European Water**, 21/22, 2008.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements. Home: FAO, 1998. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BACK, A. J. Desempenho de métodos empíricos baseados na temperatura do ar para estimativa da evapotranspiração de referência em Urussanga, SC. **Revista Irriga**, v. 13, n. 4, 2008.
- 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**, v. 5, n. 1, 1997.
- CARVALHO, L. C. C.; BEZERRA, F. M. L.; CARVALHO, M. A. R. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da melancia sem sementes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 1, 2007.
- PEREIRA, A. R., VILLA NOVA, N. A., SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, p. 9-75, 1997.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas**. Guaíba: Agropecuária, 478 p., 2002.
- RODRIGUES, L. N.; MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M.; SEDIYAMA, G. C. O modelo de Ritchie na determinação da evapotranspiração do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado. **Revista Ceres**, v. 44, n. 252, 1997.
- SILVA, C. O. **Avaliação de métodos para estimativa da evapotranspiração de referência no estado do Piauí**. 2012. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D. R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v. 90, n. C5, p. 8995-9005, september 20, 1985.