



EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA DIÁRIA EM BOA VISTA (RR) COM BASE NA TEMPERATURA DO AR

W. F. Araújo¹; M. A. F. Conceição²; J. B. Venâncio³

RESUMO: O método padrão de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) emprega variáveis meteorológicas nem sempre disponíveis aos produtores rurais, que muitas vezes apresentam apenas registros de temperatura. Assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar, para as condições de Roraima, diferentes métodos para a estimativa diária de ET_o baseados na temperatura do ar, comparando-os com o método padrão. Os dados foram coletados na estação meteorológica automática da Universidade Federal de Roraima, em Boa Vista (RR), entre agosto e novembro de 2011. Foi considerado como padrão para a estimativa de ET_o o método de Penman-Monteith-FAO. Os métodos avaliados foram os de Camargo (ET_{oC}), Camargo Modificado (ET_{oCm}), Hargreaves-Samani (ET_{oH}) e o de Hargreaves-Samani modificado (ET_{oHm}). Em todos os métodos foi avaliado o uso de valores diários e mensais da radiação solar no topo da atmosfera (R_a) e da temperatura média do ar (T_{med}) calculada pela média dos registros horários e pela média entre a temperatura máxima (T_{max}) e mínima (T_{min}) do ar. O método de Hargreaves-Samani modificado (ET_{oHm}) apresentou o melhor desempenho, não havendo diferença quando do uso de valores diários e mensais de R_a e quanto ao procedimento de cálculo de T_{med}. Com isso, facilita-se a estimativa de ET_o pelo emprego de valores mensais tabelados de R_a e pelo uso apenas de termômetros de máxima e mínima como instrumento de registro de dados meteorológicos.

PALAVRAS-CHAVE: método de Camargo; método de Hargreaves-Samani; irrigação.

DAILY REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN BOA VISTA (RORAIMA - BRAZIL) BASED ON AIR TEMPERATURE

SUMMARY: The standard method for estimating reference evapotranspiration (ET_o) employs meteorological variables those are not always available to farmers, who often have only temperature records. Thus, this study aimed to evaluate different methods for estimating daily ET_o for the state of Roraima, Brazil, based on air temperature, comparing them with the standard method. Data were collected from automatic weather station at the Federal University of Roraima, Boa Vista, between August and November 2011. It was regarded the Penman-Monteith-FAO (ET_{oPM}) method as the standard one to estimate ET_o. The evaluated methods

¹ Prof. Dr. Associado da UFRR/CCA, Boa Vista, RR. E-mail: wellington@cca.ufr.br

² Pesquisador, Embrapa Uva e Vinho/EVT., Jales, SP. E-mail: marcoafc@cnpuv.embrapa.br

³ Discente, POSAGRO – UFRR/Embrapa Roraima, Boa Vista, RR. E-mail: jeffersonbittencourtvenancio@gmail.com

were the Camargo (EToC), the Camargo Modified (EToCm), the Hargreaves-Samani (EToH) and the Hargreaves-Samani Modified (EToHm) methods. In all methods was evaluated the use of daily and monthly values of solar radiation at the top of the atmosphere (Ra) and the average air temperature (Tmed) calculated by the average hourly records and the average between the maximum (Tmax) and minimum (Tmin) air temperature. The Hargreaves-Samani Modified method (EToHm) presented the best performance, with no difference when using daily and monthly values of Ra and by using different procedures to Tmed calculation. This makes it easier to estimate ETo by the use of monthly tabulated values of Ra and by using only maximum and minimum thermometers as a tool for recording weather data.

KEYWORDS: Camargo method; Hargreaves method; irrigation

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração de referência (ETo) é empregada, normalmente, como base para a estimativa da evapotranspiração das culturas (ETc). O método de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 1998) é considerado padrão para a estimativa de ETo. Esse método emprega variáveis meteorológicas nem sempre disponíveis aos produtores rurais, especialmente em pequenas áreas que, normalmente, apresentam apenas registros de temperatura. Araújo et al. (2007) avaliaram diferentes métodos para a estimativa mensal de ETo em Roraima, sendo que o de Blaney-Criddle foi o que apresentou o melhor desempenho. Apesar desse método empregar dados da temperatura do ar, nele também são necessárias informações sobre a umidade relativa do ar, a velocidade do vento e a razão de insolação (PEREIRA et al., 1997).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar, para as condições de Roraima, diferentes métodos para a estimativa diária de ETo baseados na temperatura do ar, comparando-os com o método padrão.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados meteorológicos diários coletados de agosto a novembro de 2011 (n = 89) na estação automática da Universidade Federal de Roraima, Boa Vista (2° 49'17" N, 60° 39'45" W e 90 m). O método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO Foi empregado como padrão para a estimativa da evapotranspiração de referência (EToPM), conforme procedimento apresentado por Allen et al. (1998). Os valores de EToPM foram comparados com os métodos de Camargo (EToC) e Hargreaves-Samani (EToH), descritos com base em Pereira et al. (1997):

$$EToC = 0,408 * F * Ra * Tmed \quad (eq.01)$$

$$EToH = 0,408 * 0,0023 * Ra * (Tmax - Tmin) * 0,5 * (Tmed + 17,8) \quad (eq.2)$$

em que EToC é a evapotranspiração de referência pelo método de Camargo (mm dia⁻¹); EToH é a evapotranspiração de referência pelo método de Hargreaves-Samani (mm dia⁻¹); F é uma constante igual a 0,012 para valores de Tmed anual superiores a 26,0°C (PEREIRA et al., 1997); Ra é a radiação solar incidente no topo da atmosfera (MJ m⁻² dia⁻¹); Tmed, Tmax e Tmin são, respectivamente, as temperaturas média, máxima e mínima do ar (°C). Os valores de Ra foram calculados de acordo com metodologia apresentada por Allen et al. (1998).

Também foram avaliadas modificações de EToC (EToCm) e EToH (EToHm). Os valores de EToCm foram calculados segundo procedimento desenvolvido por Camargo et al. (1999), substituindo-se a temperatura média do ar (Tmed) pela temperatura efetiva do ar (Tef), de acordo com a equação:

$$T_{ef} = 0,36 * (3 * (T_{max} - T_{min})) \quad (\text{eq.3})$$

em que T_{ef} é a temperatura efetiva do ar ($^{\circ}\text{C}$).

Já os valores de ET_{oHm} foram obtidos de acordo com a modificação apresentada por Conceição (2010), onde o termo referente à amplitude térmica ($T_{max} - T_{min}$) é substituído pela equação de Bristow-Campbell (BRISTOW & CAMPBELL, 1984):

$$ET_{oHm} = 0,408 * 0,0096 * Ra * [1 - \exp(-0,005 * (T_{max} - T_{min})^{2,4})] * (T_{med} + 17,8)$$

em que ET_{oHm} é a equação modificada de Hargreaves-Samani (mm dia^{-1}).

Todas as equações foram avaliadas empregando-se valores diários e mensais de Ra e valores de T_{med} calculados a partir da média dos valores horários do dia e da média entre T_{max} e T_{min} . As comparações entre os valores de ET_{oPM} e dos demais métodos foram avaliadas empregando-se regressões lineares e o índice c , proposto por Camargo & Sentelhas (1997), que corresponde à multiplicação do coeficiente de correlação (r) pelo índice de concordância (d) de Willmott et al. (1985). O desempenho foi classificado como ótimo, para valores de c maiores que 0,85; como muito bom para valores entre 0,76 e 0,85; como bom para valores entre 0,66 e 0,75; como regular para valores entre 0,51 e 0,65; como ruim para valores entre 0,41 e 0,50; e como péssimo para valores inferiores a 0,40.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos superestimaram os valores de ET_{oPM} (Figura 1), cuja média foi de $4,1 \text{ mm dia}^{-1}$. As médias de ET_{oC} , ET_{oCm} , ET_{oH} foram iguais a $5,0 \text{ mm dia}^{-1}$ e a de ET_{oHm} foi de $4,8 \text{ mm dia}^{-1}$. Verifica-se que ET_{oH} e, principalmente, ET_{oHm} apresentaram-se mais próximos aos valores de ET_{oPM} quando esses foram inferiores a $2,0 \text{ mm dia}^{-1}$ (Figura 1). O uso do método de Camargo, tanto o original (ET_{oC}) como o modificado (ET_{oCm}), apresentaram valores de c semelhantes e desempenhos classificados como ruins, de acordo com o critério adotado (Tabela 1).

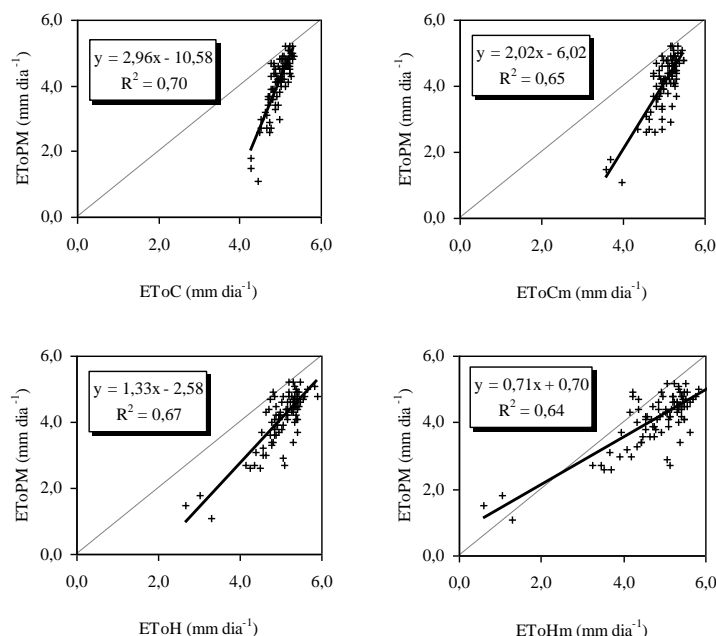


Figura 1 – Regressões lineares entre os valores da evapotranspiração de referência (ET_o) estimadas por diferentes métodos em relação ao método padrão (ET_{oPM}) em Boa Vista (RR)

O método de Hargreaves-Samani apresentou desempenho classificado como regular, com valores de c iguais a 0,52 para o método original (EToH) e 0,62 para o modificado (EToHm). No método de Hargreaves-Samani está implícita a estimativa da radiação solar global (R_s) em função da amplitude térmica do ar. Quando essa estimativa foi substituída pela equação de Bristow-Campbell (EToHm) os valores de c aumentaram, uma vez que essa equação tende a apresentar uma melhor estimativa de R_s (CONCEIÇÃO, 2010).

Observa-se que o procedimento de cálculo de R_a e de T_{med} não interferiu no desempenho dos modelos. Com isso, pode-se empregar valores tabelados de R_a e valores de T_{med} estimados a partir de média aritmética entre T_{max} e T_{min} , ressaltando-se que o termômetro de máxima e mínima tem baixo custo e que os produtores rurais, especialmente os pequenos, muitas vezes só dispõem desse aparelho em suas propriedades.

Novas avaliações deverão ser feitas futuramente empregando-se um maior número de dados e em diferentes períodos do ano, a fim de confirmar os resultados obtidos nesse trabalho.

CONCLUSÕES

O uso da equação modificada de Hargreaves-Samani (EToHm) apresentou o melhor desempenho na estimativa diária da evapotranspiração de referência nas condições de Boa Vista, RR.

Tabela 1 – Valores e classificação do coeficiente de desempenho (c) para a estimativa da evapotranspiração de referência pelos métodos de Camargo (EToC), Hargreaves-Samani (EToH), Camargo Modificado (EToCm) e Hargreaves-Samani Modificado (EToHm), em relação ao método padrão de Penman-Monteith-FAO (EToPM). Boa Vista, RR, 2011.

Método	Condição 1 ^a		Condição 2 ^b	
	c	Classificação	c	Classificação
EToC	0,44	Ruim	0,43	Ruim
EToH	0,52	Regular	0,52	Regular
EToCm	0,45	Ruim	0,44	Ruim
EToHm	0,62	Regular	0,62	Regular

^aCondição 1 – R_a diária e T_{med} igual à média dos valores horários.

^bCondição 2 – R_a mensal e T_{med} igual à média aritmética de T_{max} e T_{min}

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ARAÚJO, W.F.; COSTA, S.A.A.; SANTOS, A.E. dos. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) para Boa Vista (RR). **Caatinga**, Mossoró, v.20, n.4, p.84-88, 2007.
- BRISTOW, K.L.; CAMPBELL, G.S. On the relationship between incoming solar radiation and daily maximum and minimum temperature. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.31, p.159-166, 1984.
- CAMARGO, A.P. de; MARIN, F.R.; SENTELHAS, P.C.; PICINI, A.G. Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica diária. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.2, p.251-257, 1999.
- CAMARGO, A.P. de ; 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, p.89-97, 1997.

CONCEIÇÃO, M.A.F. Evapotranspiração de referência com base na radiação solar global estimada pelo método de Bristow-Campbell. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.619-626, 2010.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

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**, Ottawa, v.90, n.C5, p.8995-9005, 1985