



COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPLRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM CASTANHAL, PA

Adriano dos S. Moura¹, Marcus J. A. de Lima², Aurelino M. do Amaral³, Joaquim A. de L. junior⁴

¹ Eng. Agrônomo, Estudante, Universidade Federal Rural da Amazônia//Departamento de Ciências Exatas e Engenharia, UFRA, Campus Paragominas – Pa, Fone: (0 xx 91) 83209768, Adrianomoura22@gmail.com.

² Eng. Agrônomo, Doutorando em Agronomia com ênfase em Agrometeorologia//Universidade Federal Rural da Amazônia/Universidade da Flórida, Departamento Agrometeorologia, Belém - Pa.

³ Eng. Agrônomo, Estudante, Universidade Federal Rural da Amazônia//Departamento de Ciências Exatas e Engenharia, UFRA, Campus Paragominas – Pa,

⁴ Eng. Agrônomo, Dr. Professor Adjunto, Universidade Federal Rural da Amazônia//Departamento de Ciências Exatas e Engenharia, UFRA, Campus Capanema - Pa

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 2 a 6 de Setembro de 2013 – Centro de Eventos Benedito Nunes na Universidade Federal do Pará. Belém-Pa.

RESUMO: O objetivo do trabalho Foi comparar valores diários da evapotranspiração de referência calculada pelo método de Penman-Monteith (ET_oPM) com os valores estimados por métodos mais simples, como, o método de Makkink, Camargo, e regressão múltipla nas condições climáticas do Município de Castanhal, Pa.

PALAVRAS-CHAVE: Método de Makkink, condições climáticas.

COMPARISON OF METHODS FOR ESTIMATING EVAPOTRANSPLRAÇÃO REFERENCE IN CASTANHAL, PA

ABSTRACT: The aim of this study was to compare daily values of reference evapotranspiration calculated by Penman-Monteith (ET_oPM) with values estimated by simpler methods such as the method of Makkink, Camargo, and multiple regression in the climatic conditions of the city of Castanhal, Pa.

KEYWORDS: Makkink method, weather conditions.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração de referência (ET_o) é utilizada, entre outros fins, em balanços hídricos climatológicos, na previsão do desenvolvimento e das safras das culturas, no monitoramento de seca e no estabelecimento de zoneamentos agrícolas (MOTA et al., 1989). Na impossibilidade de se obter ET_o experimentalmente, a sua determinação é feita empregando-se métodos meteorológicos, sendo que o de Penman-Monteith é considerado, atualmente, o método padrão para cálculo da ET_o (SEDIYAMA, 1996; ALLEN et al., 1998; PEREIRA et al., 2002; ITENFISU et al., 2003).





O método de Penman-Monteith requer variáveis como temperatura do ar, saldo de radiação, velocidade do vento e umidade relativa do ar. Nem todas elas, entretanto, estão sempre disponíveis. Por essa razão, os métodos para estimar ETo que empregam um número menor de variáveis, além de serem mais simples, ainda são importantes para objetivos práticos. O presente trabalho teve como objetivo comparar valores diários da evapotranspiração de referência calculada pelo método de Penman-Monteith (EToPM) com os valores estimados por métodos mais simples, como, o método *de* Makkink, Camargo, e regressão múltipla nas condições climáticas do Município de Castanhal, Pa.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido na área experimental da Fazenda Escola de Castanhal (FEC-UFRA), situada no município de Castanhal-PA, sob as coordenadas, 1°19'24.48"S e 47°57'38.20"W. O clima da região segundo a classificação de Koppen é Af, (PEEL et al., 2007) com temperatura média anual de 26°C com máxima e mínima de 35 e 20°C, respectivamente. A umidade relativa do ar em média é de 80%, precipitação média anual, 2650 mm. O solo foi classificado como Latossolo Amarelo com 12% de argila (TENÓRIO et al., 1999). A evapotranspiração de referência diária foi estimada pelo método de Penman-Monteith (EToPM) parametrizado pela FAO (ALLEN et al., 1998) no ano de 2010.

$$EToPM = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \frac{\gamma 900u_2(es - ea)}{T + 273u_2}}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

em que " Δ ." é a declividade da curva de pressão de vapor em relação à temperatura ($kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$); " Rn " é a radiação líquida total diária ($MJ \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); " G " é o fluxo total diário de calor no solo ($MJ \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), considerado igual a zero; " γ " é o coeficiente psicrométrico ($kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$); " U_2 " é a velocidade do vento a 2 m de altura ($m \text{ S}^{-1}$); " e_s " é a pressão de saturação de vapor (kPa); " e_a " é a pressão atual de vapor (kPa); e " T " é a temperatura média do ar ($^\circ C$). Os valores de " Δ " e " γ " foram calculados pela metodologia apresentada por ALLEN et al. (1998). A radiação líquida (Rn) foi estimada pela expressão: $Rn = Rns + Rnl$, onde " Rns " é o saldo de radiação de ondas curtas ($MJ \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e " Rnl " é o saldo de radiação de ondas longas ($MJ \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$). Os valores de " Rns " e " Rnl " foram calculados de acordo com ALLEN et al. (1998).

O método de Makkink, descrito por Pereira et al. (1997), emprega a radiação solar como única variável meteorológica para estimar a ETo (Equação 2).

$$EToM = 0,61WRg - 0,12 \quad (2)$$

em que "EToM" é a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Makkink ($mm \text{ dia}^{-1}$); " Rg " é a radiação global incidente expressa em equivalente de evaporação ($mm \text{ dia}^{-1}$); " W " é um fator de ponderação calculado pela equação $W = \Delta / (\Delta + \gamma)$.





O método proposto por Camargo et al (1999) utiliza a radiação extraterrestre e a temperatura média do ar para estimar a evapotranspiração de referencia de forma mais simplificada (Equação 3)

$$EToC = FRaT \quad (3)$$

Onde: EToC, representa a evapotranspiração de referencia segundo Camargo (mm dia⁻¹); F, é o fator de ajuste que varia com a temperatura anual (foi empregado um valor de F de 0,135); Ra, corresponde a radiação extraterrestre expressa em equivalente de evaporação (mm dia⁻¹) e T é a temperatura média do ar.

O método de regressão multipla foi utilizado para ajusta os valores de ETo estimado por Penman-Monteith com variáveis meteorológicas como temperatura média dor ar, em °C, (T), déficit de pressão de vapor na atmosfera em kPa (D) e radiação solar global (Rg) em MJ m⁻² dia⁻¹ (Equação 4).

$$EToR = 4,61 + (0,18 * Rg) + (0,92 * D) + (0,18 * T) \quad (4)$$

Os valores de EToMk, EToC, e EToR foram comparados com os valores de EToPM utilizando-se o coeficiente de desempenho "c" proposto por CAMARGO & SENTELHAS (1997), correspondente à multiplicação do coeficiente de correlação "r" pelo coeficiente de exatidão "d" proposto por Willmott et al. (1985) e descrito por CAMARGO & SENTELHAS (1997) da seguinte forma:

$$d = 1 - \{ \sum (P_i - O_i)^2 / \sum (|P_i - O| + |O_i - O|)^2 \} \quad (5)$$

em que "Pi" são valores estimados; "Oi" são valores de EToPM e "O" é a média dos valores de EToPM. 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.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão os coeficientes de adequação dos respectivos métodos de estimativa de ETo avaliado neste trabalho, onde pode ser observado que o método de regressão foi o mais adequado, atingindo valores de **r²**, **d** e **c** superiores a 0,97 indicando uma ótima alternativa ao complexo método de Penman-Monteith, entretanto, ele necessita de dados de temperatura do ar, radiação global e déficit de pressão de vapor na atmosfera. O método de Makkink também obteve excelentes resultados explicou 89% da variabilidade observada, chegando à valores de **c** e **d** superiores a 0,92, valores semelhantes também foram obtidos por Medeiros (1998). Apesar do método de Makkink apresentar coeficientes (**r²**, **d** e **c**) menores que aqueles obtidos pela regressão o mesmo torna-se mais prático por necessitar somente da radiação solar como única variável meteorológica, devido a grande escassez de dados.





Por outro lado o método de Camargo não obteve o mesmo desempenho que os outros modelos testados neste estudo sendo classificado como ruim, pois, explicou apenas 40% da variabilidade observada e apresentou valores de **d** e **c**, respectivamente, de 0,51 e 0,32 o que caracteriza-o como inadequados para estimar a ETo para o município de Castanhal-PA, nordeste do Estado. Conceição e Mandelli (2005) avaliaram o desempenho do modelo de Camargo em reproduzir os valores de ETo estimados por Penman-Monteith em Bento Gonsalves-RS e obtiveram valores de 0,75; 0,81; 0,61 para r^2 , **d** e **c** respectivamente, evidenciando um desempenho regular.

Tabela 1-Coeficientes de desempenho do modelo para valores diários de evapotranspiração de referência calculado por Penman-Monteith (Observado) e por outros métodos (simulado), onde, r^2 coeficiente de determinação, **d** índice de exatidão de Willmott et al. 1985 e coeficiente de desempenho **c**.

Método Eto	r^2	d	c	Desempenho
Makkink	0,89	0,97	0,92	Ótimo
Camargo	0,40	0,51	0,32	Ruim
Reg (T-RG-D)	0,97	0,99	0,98	Ótimo

CONCLUSÃO

O método de regressão pode ser utilizado para estimar a evapotranspiração de referência como alternativa ao complexo modelo de Penman-Monteith nas proximidades do município de Castanhal-PA e ainda nas localidade, onde só se dispõe de dados de radiação pode ser usada a equação de Makkink, ambas em escala diária.

REFERÊNCIAS

ITENFISU, D.; ELLIOTT, R.L.; ALLEN, R.G.; WALTER, I.A. Comparison of reference evapotranspiration calculations as part of the ASCE Standardization effort. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.129, n.6, pA40-448, 2003.

MEDEIROS, S.L.P. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região mesoclimática de Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.105-109, 1998.

MOTA, F.S. da; VERONA, L.A.F.; MOTA, IF.A.S.; NOVAES, L.E.S.M. **O microcomputador na meteorologia agrícola**. São Paulo: Nobel, 1989. 137p.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633–1644, 2007.





**XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia**
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
**Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia**



PEREIRA A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

SAMANI, Z. Estimating solar radiation and evapotranspiration using minimum climatological data. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v.126, nA, p.265-267, 2000.

SEDNAMA, G.C. Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, vA, n.1, p.i-xii, 1996.

TENÓRIO, A. R. M. **Mapeamento dos solos da Estação de Piscicultura de Castanhal**. Informe Técnico, 25. FCAP. Belém - PA, p. 1-27. 1999.



Secretaria do XVIII Congresso Brasileiro e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia – 2013
Rua Augusto Corrêa, 01. Cidade Universitária Prof. José da Silveira Netto
CEP 66075-900 Guamá. Belém - PA - Brasil
<http://www.sbagro.org.br>

