

AJUSTE DA EQUAÇÃO DE MAKKINK PARA A ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM CRUZ DAS ALMAS - BA

Francisco Adriano C. PEREIRA¹, Lucieta G. MARTORANO², Carlos A dos SANTOS³,
Antonio R. PEREIRA⁴, Nilson A VILLA NOVA⁵, Marcos V. FOLEGATTI⁶

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo testar e ajustar a equação de Makkink (1957) para estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) em Cruz das Almas - BA. Verificou-se que a equação original é mais apropriada para estimar ET_o no inverno, época mais chuvosa. Para as demais estações houve necessidade de determinar coeficientes de ajustes apropriados, mas mesmo assim o período de outono (fim da época seca) apresentou baixa correlação no ajuste. As dificuldades de operação do Tanque Classe A foram as principais causas da dispersão dos pontos, mesmo eliminando-se os dias com chuva.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da necessidade de água das culturas e da disponibilidade hídrica de um local é essencial para nortear as estimativas de demanda hídrica em áreas irrigadas. Diversos métodos são utilizados para estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) visto que sua medida direta é extremamente difícil e onerosa (Pereira et al., 1996). Dentro desse contexto, objetivou-se testar e ajustar a equação de Makkink visando estimar ET_o para Cruz das Almas - BA, em função de elementos medidos rotineiramente em postos agrometeorológicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de chuvas, temperaturas do ar (máxima, mínima, bulbo molhado), insolação, evaporação do tanque classe A, e velocidade do vento a 2m, de uma série de 14 anos (1979-1993), gerada pela Estação Agrometeorológica, do Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical -CNPMP/ EMPRAPA (12°48'38''S; 39°06'26''W, 225m). A ET_o (mm.d⁻¹) foi estimada com base na evaporação do tanque classe A (ECA) e corrigida pelo coeficiente de tanque (K_p), ou seja:

$$ET_o = ECA * K_p \quad (1)$$

sendo K_p dado pela equação de regressão determinada por Snyder (1992) a partir da Tabela de Doorenbos e Pruitt (1977), isto é:

$$K_p = 0,482 + 0,024 \ln(F) - 0,000376U + 0,0045UR \quad (2)$$

em que F = 10 m foi o tamanho aqui adotado para bordadura; U é o total diário do vento (km.d⁻¹); e UR é a umidade relativa média diária (%), que foi calculada pela equação:

¹ -M. Sc. Professor da UFBA, Doutorando, ESALQ/USP, Dep. de Eng. Rural, Caixa Postal 09, 13418-900-Piracicaba, SP.

² -Meteorologista e Eng. Agr., Pesquisadora da EMBRAPA/CNPS, Mestranda em Agrometeorologia, Dep. de Física e Meteorologia, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, 13418-970, Piracicaba, SP. E-mail: lgmartor@carpa.ciagri.usp.br

³ -Eng. Agr., Mestrando, ESALQ/USP, Dep. de Eng. Rural, Caixa Postal 09, 13418-900-Piracicaba, SP.

⁴ -PhD, Professor Associado, Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, 13418-900-Piracicaba, SP. Bolsista do CNPq. E-mail: arpereir@carpa.ciagri.usp.br

⁵ - Dr., Professor Associado, Departamento de Física e Meteorologia, ESALQ/USP, Caixa Postal 9, 13418-900-Piracicaba, SP. Bolsista do CNPq.

⁶ - Dr., Professor Associado, Dep. de Eng. Rural, ESALQ/USP, Caixa Postal 09, 13418-900-Piracicaba, SP.

$$U = (U_9 + U_{15} + 2 U_{21}) / 4 \quad (3)$$

em que 9, 15 e 21 representam a hora local. A radiação solar na superfície foi estimada em função da razão de insolação (n/N) e da radiação solar extraterrestre (Q_0 , mm.d^{-1}), com os coeficientes a e b propostos por Azevedo (1981) e específicos para o local e época do ano. Os coeficientes A e B da equação de Makkink (1957) foram determinados através de análise de regressão linear, isto é,

$$ET_o = B.W.[Q_0 (a + b n/N)] + A. \quad (4)$$

sendo o fator de ponderação W calculado pelas equações propostas por Wilson e Rouse (1972) e Viswanadham et al (1991), em função da temperatura do bulbo molhado (T_u):

$$W = 0,483 + 0,01 T_u \quad 16,1 < T_u < 32 \text{ }^\circ\text{C} \quad (5)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra a variação média mensal dos totais de chuva e ET_o permitindo verificar os períodos potenciais de deficiência hídrica. No período de Agosto a Março os valores médios de ET_o foram superiores aos de chuva indicando necessidade de irrigação para atender a demanda hídrica das culturas. De Maio a Julho a chuva supera ou iguala a ET_o indicando atendimento pleno das necessidades das plantas.

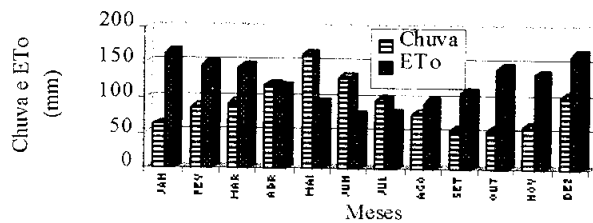


Figura 1 - Distribuição de Chuva (mm.mês^{-1}) e ET_o (mm.mês^{-1}), em Cruz das Almas - BA. 1979-1993.

No período de Inverno (Jun-Jul-Ago), época em que as chuvas superam a ET_o , a equação original de Makkink ($B = 0,61$ e $A = -0,12$) apresentou bom desempenho, mostrando dispersão dos pontos ao longo da linha de valores iguais (Figura 2). O coeficiente de correlação (r^2) foi afetado pelas dificuldades de operação do Tanque, mesmo eliminando-se os dias com chuva. Para os demais períodos a equação original subestimou grosseiramente a ET_o . Visando sanar essa deficiência, procurou-se ajustar os coeficientes A e B específico para cada época do ano. Para o Inverno obviamente os coeficientes $B = 0,66$ e $A = -0,56$ ficaram próximos dos valores originais (Figura 3).

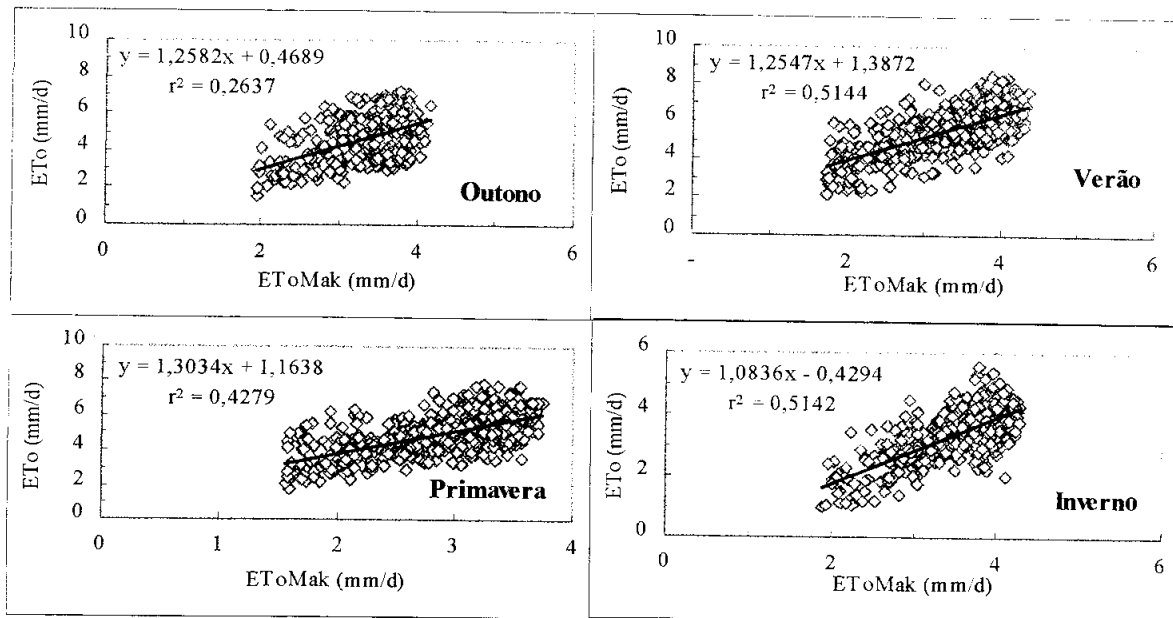


Figura 2 - Relação entre ETo dada pelo Tanque Classe A e estimada pela equação original de Makkink, para Cruz das Almas - BA, nas quatro estações do ano, 1979-1993.

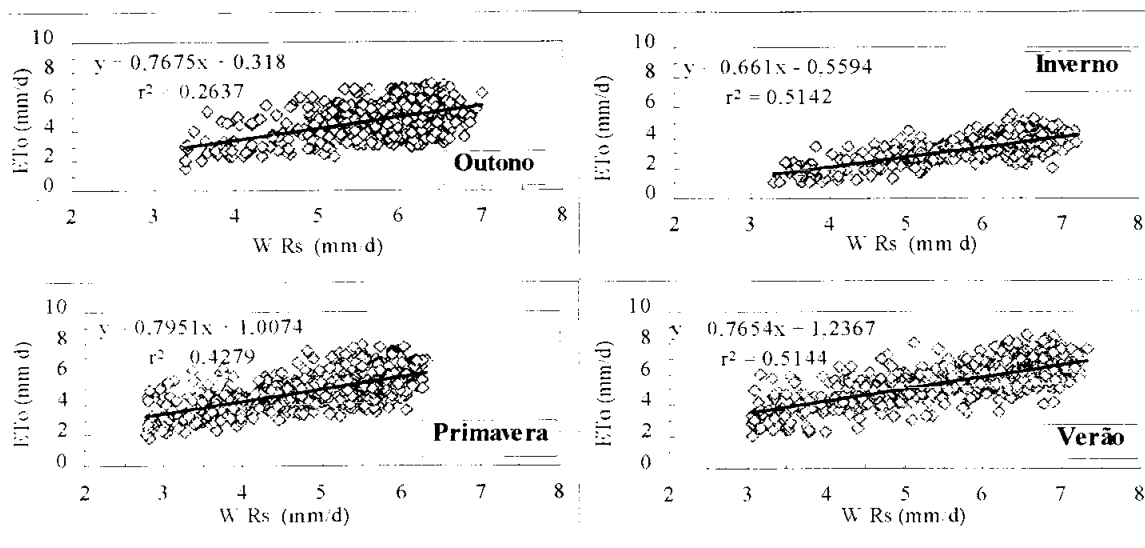


Figura 3 - Relação entre ETo dada pelo Tanque Classe A e radiação solar ponderada (W Rs), em Cruz das Almas-BA, nas quatro estações do ano, 1979-1993.

CONCLUSÕES

No período com chuvas adequadas (Inverno), a equação original de Makkink pode ser usada para estimativa da ETo baseada no Tanque Classe A. Para as demais épocas houve necessidade de determinar novos coeficientes de ajuste da equação. Mesmo assim, para o Outono (fim da época seca) o coeficiente de correlação foi baixo indicando que as estimativas não são apropriadas.

BIBLIOGRAFIA

- AZEVEDO, P. V. de.** Zoneamento do potencial de energia solar do Nordeste. Campina Grande. UFPb/NMA.. Coleção Politécnica - Série Técnica, 2. 1981, 80p.
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O** Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper 24, FAO. Rome. 1977. 179p.
- MAKKINK, G. F.** Ekzamenno de la formulo de Penman. Neth. J. Agric. Sci., 1957. 5:290-305.
- PEREIRA, A R., VILLA NOVA, N. A, SEDIYAMA, G. C.** Evapo(transpi)ração. Piracicaba. ESALQ/USP. 1996. 70p. (Apostila).
- SNYDER, R. L.** Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. J. of. Irrig. and Drain. Eng.. 1992, 118:977-980.
- VISWANADHAM, Y.; SILVA FILHO, V.P. & ANDRE, R.G.B.** The Priestley-Taylor parameter α for the Amazon forest. For. Ecol. Manage. 1991, 38:221-225.
- WILSON, R. G. & ROUSE, W. R.** Moisture and temperature limits of the equilibrium evapotranspiration model. J. Appl. Meteorol. 1972, 11:436-442.

AGRADECIMENTO: Os autores agradecem ao Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical -CNPMP/ EMPRAPA pelo fornecimento dos dados climatológicos.