

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA SANTO ANTÔNIO DO LEVEGER-MT

ALESSANDRO FERRONATO¹, LÉO ADRIANO CHIG², DANIEL DE BRITO GOULART³, JOSÉ HOLANDA CAMPELO JUNIOR⁴, LUIZ CARLOS PEREIRA², MARCELO SACARDI BIUDES⁵, ARAKEN LOTUFO FERRAZ DE OLIVEIRA⁶, PAULO ROBERTO FERREIRA DE SOUZA⁷, RONEY MENDES DE ARRUDA⁸, CLÁUDIO LUIZ BARBOSA DE TOLEDO⁹, MARCELO NOTTI MIRANDA²,

¹ Eng^o Agr^o, Doutorando em Agricultura Tropical, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UFMT, Cuiabá-MT, Fone: (0xx65)3688-6107, aleferro@gmail.com

² Eng^o Agrônomo, MSc, Doutorando em Agricultura Tropical, FAMEV/UFMT, Cuiabá-MT.

³ Eng^o Agrônomo, MSc, aluno especial do Doutorado em Agricultura Tropical, FAMEV/UFMT, Cuiabá-MT.

⁴ Eng^o Agrônomo, Prof. Doutor, Dept^o de Solos e Engenharia Rural, FAMEV/UFMT, Cuiabá-MT.

⁵ Eng^o Eletricista, MSc, Doutorando em Agricultura Tropical, FAMEV/UFMT, Cuiabá-MT.

⁶ Eng^o Agrônomo, aluno especial do Mestrado em Agricultura Tropical, FAMEV/UFMT, Cuiabá-MT.

⁷ Lic em Ciências Agrícolas, Mestrando em Agricultura Tropical, FAMEV/UFMT, Cuiabá-MT

⁸ Zootecnista, Mestrando em Agricultura Tropical, FAMEV/UFMT, Cuiabá-MT.

⁹ Médico Veterinário, Mestrando em Agricultura Tropical, FAMEV/UFMT, Cuiabá-MT.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracajú - SE

RESUMO: O trabalho objetivou comparar os modelos de Penman-1948, Makkink-1957, Blaney-Criddle-1962 e Jensen-Haise-1963 com o modelo de Penman-Monteith FAO 56 para a estimativa da evapotranspiração de referência na escala diária para as diferentes estações do ano em Santo Antônio do Leveger-MT. Para os cálculos da evapotranspiração de referência pelos vários métodos foram utilizados de medidas realizadas na Estação Agroclimatológica Ricardo Remetter localizada na mesma cidade. A regressão linear que apresentou o melhor ajuste independente da estação do ano foi o de Penman-1948. Os modelos de Makkink-1957 e Jensen-Haise-1963 apresentaram melhor ajuste para as estações de verão e primavera. O modelo de Blaney-Criddle-1962 foi mais bem ajustado nas estações de outono, inverno e primavera.

PALAVRAS-CHAVE: Penman-Monteith-FAO 56, evapotranspiração, modelos.

ABSTRACT: The aims of this work was compare the models of Penman-1948, Makkink-1957, Blaney-Criddle-1962 and Jensen-Haise-1963 with the model of Penman-Monteith FAO 56 to estimate the reference evapotranspiration daily for the different seasons in Santo Antônio do Leveger-MT. For the reference evapotranspiration calculations by the several methods were used of measured accomplished at the Agroclimatological Station Ricardo Remetter located at the same city. The lineal regression that presented the best adjustment independent of season was the one of Penman-1948. The models of Makkink-1957 and Jensen-Haise-1963 presented better adjustment for the summer's and spring stations. The model of Blaney-Criddle-1962 was better fitting in the fall's stations, winter and spring.

KEY WORDS: Penman-Monteith-FAO 56, evapotranspiration, models.

INTRODUÇÃO: A estimativa da quantidade de água necessária na irrigação é essencial para o correto planejamento, dimensionamento e manejo de qualquer sistema de irrigação. Uma

das metodologias que vem sendo empregadas com sucesso para este fim é a utilização da evapotranspiração, que constitui na quantificação da perda de água na forma de vapor pelo solo e pela planta para a atmosfera. A evapotranspiração pode ser determinada por um expressivo número de métodos e técnicas de estimativa, sendo que a evapotranspiração da cultura (ETc) pode ser determinada através da estimativa da evapotranspiração de referência (ETo), com o emprego do coeficiente de cultura (Kc). A ETo pode ser medida diretamente através de lisimetria ou por modelos de estimativa, que, segundo OLIVEIRA et al. (2001), necessitam de serem verificados o seu grau de exatidão em diferentes condições climáticas. O presente estudo teve como objetivo a comparação de quatro modelos de estimativa da ETo (Penman-1948, Makkink-1957, Blaney-Criddle-1962 e Jensen-Haise-1963) com o modelo de Penman-Monteith FAO 56 para as diferentes estações do ano em Santo Antônio do Leverger-MT.

MATERIAL E MÉTODOS: Este trabalho foi desenvolvido utilizando-se dados meteorológicos diários de 2006, coletados na Estação Meteorológica convencional Padre Ricardo Remetter, localizada na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, situada no Município de Santo Antônio do Leverger-MT, nas coordenadas geográficas de 15° 47' latitude sul e 56° 04' longitude oeste e altitude de 140 metros acima do nível do mar, distante 33km de Cuiabá-MT. A evapotranspiração de referência diária (Penman-Monteith-FAO 56) foi obtida através da Equação 01, sendo que os cálculos necessários para resolver esta equação foram os descritos por ALLEN et al. (2006):

$$ETo = \frac{0,408 \Delta (Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (es - ea)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad 1$$

Sendo ETo a evapotranspiração de referência (mm.dia⁻¹), Rn a radiação líquida (MJ.m⁻².dia⁻¹), G o fluxo de calor no solo (MJ.m⁻².dia⁻¹), T a temperatura média do ar (°C), U₂ a velocidade diária ou horária do vento a 2 m de altura (m.s⁻¹), es a pressão de vapor de saturação (KPa), ea a pressão real de vapor (KPa), Δ a tangente à curva de saturação de pressão de vapor (KPa.°C⁻¹), e γ a constante psicrométrica (KPa.°C⁻¹). Os demais métodos de estimativas do ETo calculados seguem abaixo:

a) Penman-1948:

$$ETo = \left[\left(\frac{\Delta}{\gamma} \right) H + Rea \right] \left[\left(\frac{\Delta}{\gamma} \right) + 1 \right]^{-1} \quad 2$$

Sendo EToPn a evapotranspiração de referência para a grama em mm.dia⁻¹, Δ a tangente à curva de pressão de saturação do vapor d'água à temperatura média do ar (KPa.°C⁻¹), γ a constante psicrométrica (KPa.°C⁻¹), H a radiação global líquida estimada, em mm.dia⁻¹; Rea o poder evaporante do ar atmosférico, função da velocidade do vento medido a 2 m de altura em m.s⁻¹ (U₂) e do déficit de saturação de umidade do ar, em mm.dia⁻¹ (es tensão de saturação e ea a tensão atual). Os cálculos necessários para resolver a Equação 2 foram os descritos por MACHADO e MATTOS (2000).

b) Makkink-1957:

$$ETo = 0,87 \cdot W \cdot Rg - 0,12 \quad 3$$

Sendo ETo a evapotranspiração de referência (mm.dia⁻¹), W um índice que depende do coeficiente psicrométrico γ (KPa.K⁻¹) e da tangente a curva de pressão de vapor em relação à temperatura s (KPa.K⁻¹), Rg, a radiação global (mm.dia⁻¹). Os cálculos necessários para resolver a Equação 3 foram os descritos por CUNHA e BERGAMASCHI (1994), sendo que o coeficiente 0,87 empregado neste método foi o proposto por estes autores para estimativas diárias.

c) Blaney-Criddle-1962:

$$ETo = a + b.f \quad 4$$

$$f = p.(0,46.T + 8,13) \quad 5$$

$$a = 0,0043.UR_m - S - 1,41 \quad 6$$

$$b = 0,82 - 0,041.UR_m + 1,07.S + 0,066.U_2 - 0,06.S.U_2.UR_m - 0,0006.U_2.UR_m \quad 7$$

Sendo ETo a evapotranspiração de referência (mm.dia^{-1}), p a porcentagem mensal do fotoperíodo anual da região, T a temperatura do ar média diária ($^{\circ}\text{C}$), U_2 a velocidade do vento a 2 m (m.s^{-1}), UR_m a umidade relativa mínima diária no período considerado. Os cálculos necessários para resolver as Equações 4, 5, 6 e 7 foram descritos por FERNANDES (2006).

d) Jensen-Haise-1963:

$$ETo = (0,0252.T + 0,078).Rg \quad 8$$

Sendo ETo a evapotranspiração de referência (mm.dia^{-1}), T a temperatura média ($^{\circ}\text{C}$), e Rg a radiação global (mm.dia^{-1}). A análise dos resultados foi feita para valores diários da ETo, em mm.dia^{-1} , utilizando-se da análise de regressão, verificando-se os ajustes dos modelos de regressão por meio do teste “t”, a 1% e 5% de probabilidade, bem como os coeficientes de determinação (r^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Figura 1 observam-se as regressões lineares entre valores diários da ETo, em mm.dia^{-1} , obtidos por vários métodos contra os valores do método Penman-Monteith-FAO 56. Os resultados foram analisados separadamente para as quatro estações do ano.

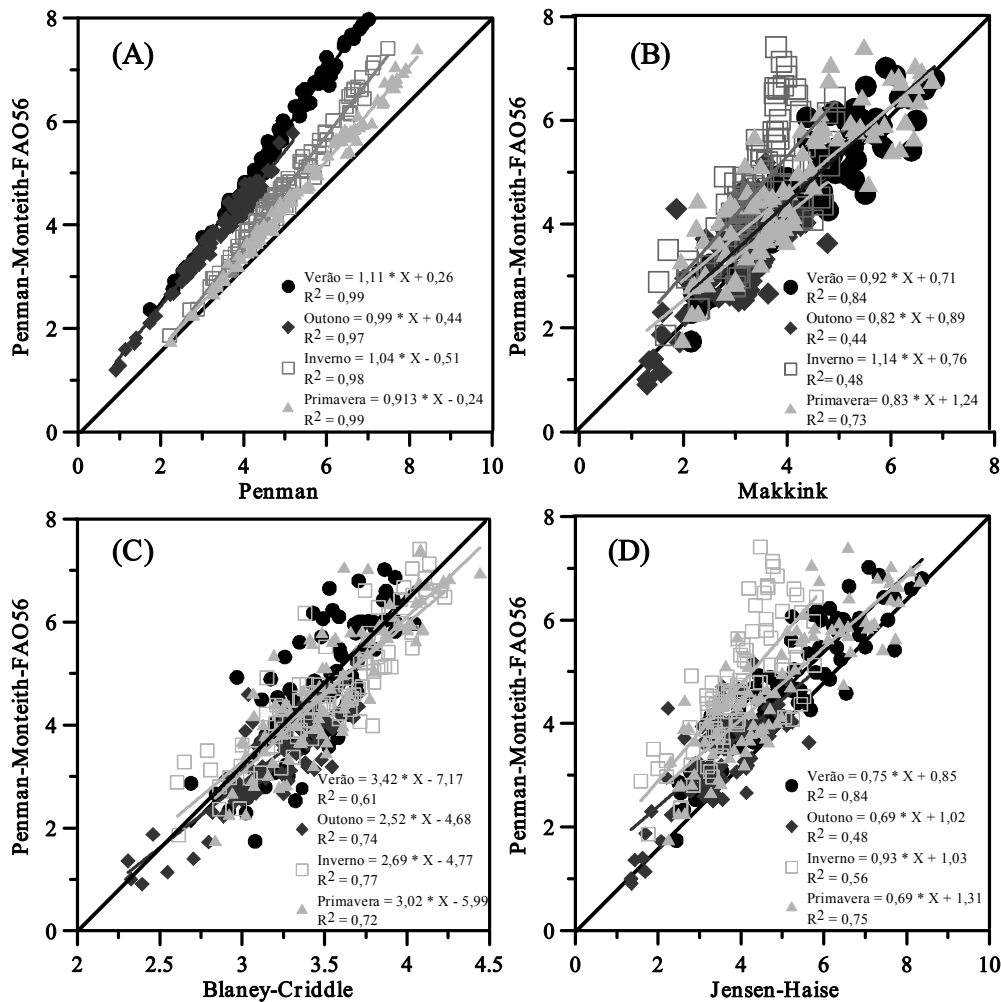


FIGURA 1. Regressão linear, entre valores diários da evapotranspiração de referência estimados pelos métodos de Penman-1948 (A), Makkink-1957 (B), Blaney-Criddle-1962 (C) e Jensen-Haise-1963 (D), contra valores obtidos pelo método padrão, Penman-Monteith-FAO 56, para as quatro estações do ano de 2006. Santo Antônio do Leveger-MT.

Os coeficientes a e b das equações de regressão dos modelos expostos na Figura 1, independente da estação do ano, foram significativos ao nível de 1% de probabilidade. O modelo de Penman-1948 apresentou r^2 acima de 0,90 em todas as estações do ano, indicando alto grau de ajuste com o modelo padrão de ETo. Os modelos de Makkink-1957 e Jensen-Haise-1963 apresentaram r^2 acima de 0,70 somente nas estações do verão e primavera, no entanto, o modelo de Blaney-Criddle-1962 apresentou r^2 maior que 0,70 nas estações do outono, inverno e primavera. VESCOVE e TURCO (2005) verificaram que, para períodos de 15 dias, o modelo de Makkink apresentou r^2 maior que 0,90 para os períodos de verão-outono e inverno-primavera para a região de Araraquara-SP. Para a região Norte Fluminense-RJ, MENDONÇA et al. (2003) encontraram r^2 maior que 0,70 para os modelos de Makkink e Jensen-Haise para períodos superiores a três dias. MACHADO e MATTOS (2000), avaliando o desempenho de três métodos de estimativa de ETo, para períodos de 10 dias, verificaram que o modelo de Penman teve bom desempenho, apresentando r^2 de 0,83.

CONCLUSÕES: Para o Município de Santo Antônio do Leverger, o modelo que melhor se ajustou com o modelo padrão da FAO na escala diário foi o de Penman-1948. Para as estações do verão e primavera, pode-se estimar a ETo ajustada com o Penman-Monteith FAO 56 através dos modelos de Makkink-1957 e Jensen-Haise-1963. O modelo de Blaney-Criddle-1962 apresentou ajuste médio para o verão e alto para as estações do outono, inverno e primavera.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS:

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.** Roma: FAO, 2006. 298p. (Estúdio FAO: Riego y Drenaje, 56).
- CUNHA, G.R. da; BERGAMASCHI, H. Balanço de energia em alfafa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.2, n.1, p.9-16, 1994.
- FERNANDES, L.C. **Avaliação de diversas equações empíricas de evapotranspiração. Estudo de caso: Campos dos Goytacases e Ilha do Fundão-RJ.** Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2006, 142p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- MACHADO, R.W.; MATTOS, A. Avaliação do desempenho de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.2, p.193-197, 2000.
- MENDONÇA, J.C.; SOUZA, E.F.de; BERNARDO, S.; DIAS, G.P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.275-279, 2003.
- OLIVEIRA, L. F. C. de; CARVALHO, D. F. de; ROMÃO, P. de 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**, 31(2): 121-126, 2001.
- VESCOVE, H.V.; TURCO, J.E.P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara-SP. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.713-721, 2005.