

MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA UTILIZANDO DADOS DE ESTAÇÃO METEOROLÓGICA CONVENCIONAL¹

Alexsandra Duarte de OLIVEIRA² e Clovis Alberto VOLPE³

INTRODUÇÃO

Existem diversos métodos recomendados para a estimativa da evapotranspiração de referência, que proporcionam valores de estimativas diferentes, sendo essa diferença dependente também do local, estação do ano e da fonte de dados. BURMAN et al. (1983) revisaram vários métodos de determinação da evapotranspiração, adotados em diversas partes do mundo. Estes autores classificaram os métodos em dois grandes grupos: o primeiro inclui os métodos onde a evapotranspiração potencial pode ser determinada a partir de medidas diretas, como os lisímetros, balanço hídrico e controle de umidade no solo. No segundo grupo estão os métodos que utilizam dados climáticos, também chamados de métodos indiretos, nos quais a evaporação ou a evapotranspiração de referência são avaliadas por fórmulas empíricas e racionais e, correlacionadas com a evapotranspiração da cultura por meio do coeficiente de cultura. Segundo ALLEN et al. (1989) existe uma relação entre a ETo medida e a estimada pelos diferentes métodos existentes, especialmente, aquelas provenientes de métodos combinados como o de Penman e o Tanque Classe A.

Na escala diária, ELTINK et al. (1997) verificaram que a ETo estimada pelos métodos de Penman-Monteith e Priestley-Taylor foram os que apresentaram a melhor correlação com dados de lisímetros, em comparação aos métodos de Camargo e Tanque Classe A. No caso do método de Penman, resultados em várias partes do mundo tem apresentado, freqüentemente, superestimativa da ETo (SMITH, 1991). Essa tendência também foi constatada nas condições de São Paulo, com superestimativa da ordem de 20% na escala mensal (CAMARGO & SENTELHAS, 1997). Dentre, os fatores responsáveis por essa tendência, são citados a função de velocidade do vento, o cálculo do déficit de saturação (PEREIRA et al., 1996) e a ausência da resistência da cultura (SEDIYAMA, 1996).

Em vista do exposto este trabalho tem como objetivos estimar a evapotranspiração de referência pelos métodos de Penman, Penman-Monteith (FAO) em períodos seco e úmido, utilizando dados de estação meteorológica convencional e comparar com as estimativas da ETo pelo método do Tanque Classe A.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados obtidos durante o período de cinco anos (julho/1997 a junho/2002) na Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciências Exatas, da FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal, SP. (latitude: 21°15'S, longitude: 48°18'W e altitude: 595 m).

Foram utilizados médias de períodos de cinco dias para estimativa da ETo pelo método de Penman-Monteith, onde utilizou-se a expressão, apresentada por ALLEN et al. (1998):

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

onde,

ETo = evapotranspiração de referência [mm d⁻¹];

Rn = saldo de radiação à superfície [MJ m⁻² d⁻¹];
G = fluxo de calor no solo [MJ m⁻² d⁻¹];
T = temperatura média do ar [°C];
U₂ = velocidade do vento a 2m de altura [m s⁻¹];
(es-ea) = déficit de pressão de saturação de vapor [kPa];
es = pressão de saturação de vapor [kPa];
ea = pressão atual de vapor [kPa];
Δ = declividade da curva de pressão de saturação de vapor [kPa °C⁻¹];
γ = coeficiente psicrométrico [kPa °C⁻¹] e
900 = fator de conversão [kJ⁻¹ kg K].

Para a estimativa da ETo pelo método de Penman, utilizou-se a seguinte equação (PEREIRA et al., 1997):

$$ETo = W (Rn - G)/\lambda + (1-W) 86400\rho C_p(\Delta e/\gamma.\lambda.ra) \quad (2)$$

onde, ETo = evapotranspiração de referência [mm d⁻¹];

W = s/(s + γ) é um fator de ponderação entre temperatura e coeficiente psicrométrico (VISWANADHAM et al., 1991):

$$W = 0,407 + 0,0145T \quad \text{para } 0^\circ\text{C} < T < 16^\circ\text{C} \quad (3)$$

$$W = 0,483 + 0,01T \quad \text{para } 16,1^\circ\text{C} < T < 32^\circ\text{C} \quad (4)$$

onde, Rn = saldo de radiação à superfície [MJ m⁻² d⁻¹], obtido segundo ALLEN et al. (1998); G = fluxo de calor no solo, considerado igual a zero, [MJ m⁻² d⁻¹]; λ é o calor latente de evaporação [2,45 MJ kg⁻¹]; ρ é a massa específica do ar [1,26 kg m⁻³]; c_p é o calor específico do ar [0,001013 MJ kg⁻¹ °C⁻¹]; γ é o coeficiente psicrométrico [kPa °C⁻¹]; Δe é o déficit de pressão de vapor (es - ea), em kPa; e ra é a resistência aerodinâmica, em s m⁻¹.

Tanque Classe A (CLA):

$$ETo = Kp.ECA \quad (5)$$

$$Kp = 0,482 + 0,024\ln(F) - 0,000376U_2 + 0,0045UR \quad (6)$$

onde: Kp = coeficiente de tanque, determinado segundo a equação de SNYDER (1992), F é a distância da bordadura [10m]; U₂ é a velocidade do vento obtida na EMC (km dia⁻¹); UR é a umidade relativa média do dia na EMC, em % e ECA = evaporação no tanque classe A (mm d⁻¹).

A análise dos resultados foi realizada no pacote estatístico SAS (1990), utilizando-se análise de regressão e considerando o modelo linear y = a + bx.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra as estimativas da ETo média para períodos de cinco dias, pelos métodos de Penman e Penman-Monteith quando plotados em função do Tanque Classe A. Observa-se que há razoável correlação entre as estimativas de ETo pelos métodos de Penman e Penman-Monteith e a estimativa pelo método do Tanque Classe A.

Quando se comparam as estimativas de ETo pelos métodos de Penman e CLA, independentemente da época do ano, observa-se razoável concordância e precisão entre os

¹ Parte da tese de Doutorado do primeiro autor, financiada pela UNESP e pela Capes

² Aluna de Doutorado na Produção Vegetal/UNESP-Jaboticabal/SP, aduarte@fcav.unesp.br

³ Professor Adjunto do Departamento de Ciências Exatas/UNESP-Jaboticabal/SP, cavolpe@fcav.unesp.br

métodos. Para o método de Penman-Monteith, o comportamento praticamente não se altera.

Os valores de ETo estimados pelos métodos de Penman e Penman-Monteith foram inferiores as estimativas pelo método do CLA. O método de Penman apresentou no período seco maior discrepância dos dados (19%), para valores baixos de ETo, enquanto que para valores altos de ETo, essa variação caiu para cerca de 3%, no período úmido esse valor ficou em torno de 8,9%.

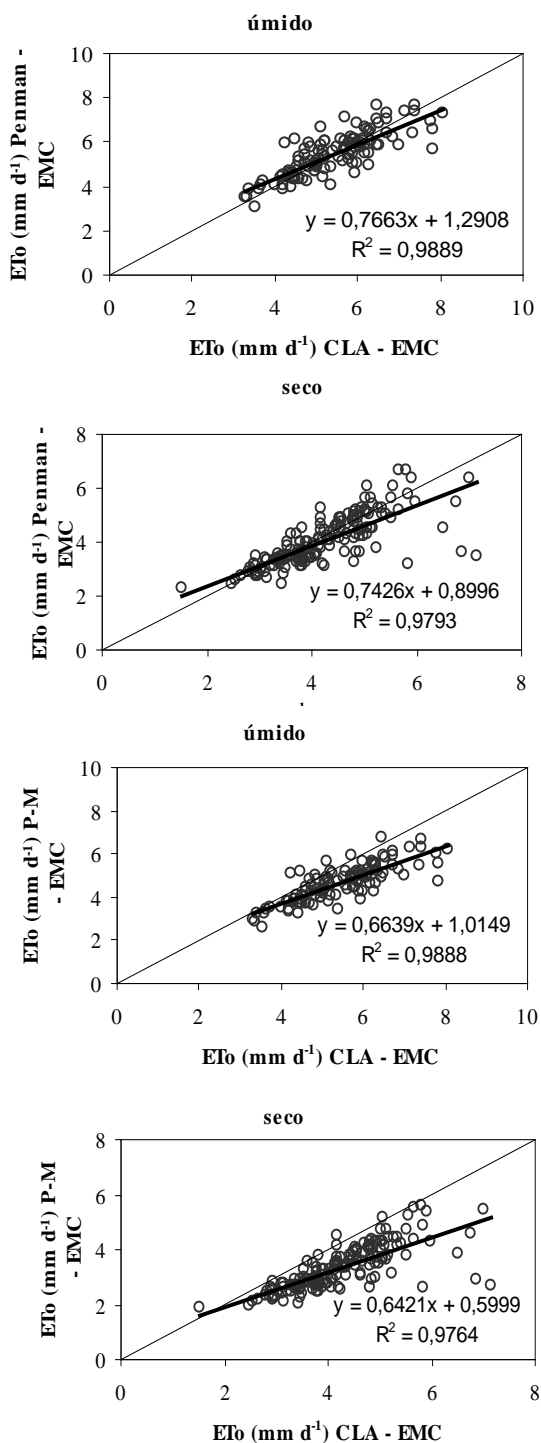


Figura 1. Relação entre as estimativas de ETo diária pelo método de Penman, Penman-Monteith (P-M) e Tanque Classe A (CLA), em mm d⁻¹, para os períodos úmido e seco, a partir de dados coletados da EMC, de julho de 1997 a junho de 2002, em Jaboticabal, SP.

Os valores estimados pelo método de Penman-Monteith no período úmido foram cerca de 8% inferiores aos valores de ETo estimado pelo método do CLA, já para o período seco essa diferença foi superior a 20%. SENTELHAS (1998) observou uma superestimativa da ETo da ordem de 3% para o período úmido, enquanto no seco a tendência foi de subestimativa da ordem de 27% quando comparado a lisímetros.

CONCLUSÕES

Os métodos de Penman e Penman-Monteith quando comparados ao Tanque Classe A, apresentam valores inferiores de ETo, sugerindo cautela na substituição das estimativas da ETo, fornecidas por Penman ou Penman-Monteith, pelas estimativas do método do Tanque Classe A.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D., et al. **Crop evapotranspiration**. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 299p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BURMAN, R.D.; NIXON, P.R.; WRIGHT, J.L.; et al. Water Requirements. IN: JENSEN, M. E. ed. **Design and operation of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, 1983. Cap.6, p. 189-232.
- 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**, Santa Maria, v.5,n.1, p.89-97, 1997.
- ELTINK, M.G.; PEREIRA, F.A.C.; FOLEGATTI, M.V. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência. In: SIMPOSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 5, Piracicaba, 1997. **Resumos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1997, p.517.
- PEREIRA, A.R.; MANIERO, M.A.; VILLA NOVA, N.A.; et al. Penman's wind function for a tropical humid climate. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p.69-75, 1996.
- PEREIRA, A.R.; MANIERO, M.A.; VILLA NOVA, N.A.; et al. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba:FEALQ, 1997. 183p.
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**. 5.ed. Cary, 1990. v.1, 956p.
- SEDIYAMA, G.C. Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p.i-xii, 1996.
- SENTELHAS, P.C. **Estimativa diária da evapotranspiração de referência com dados de estação meteorológica convencional e automática**. Piracicaba: USP, 1998. 97p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1998.
- SMITH, M. **Report on expert consultation on procedures from revision of FAO methodologies for crop water requirements**. Rome:FAO, 1991. 45p.
- SNYDER, R.L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.118, p.977-980, 1992.
- VISWANADHAM, Y.; SILVA FILHO, V.P.; ANDRÉ, R.G.B. The Priestley-Taylor parameters for the Amazon Forest. **Forest Ecology Management**, v.38, p.211-225, 1991.