

AJUSTES DE S E W DA EQUAÇÃO DE PENMAN EM FUNÇÃO DA MÉDIA ENTRE AS TEMPERATURAS DO PSICRÔMETRO

Nilson Augusto Villa Nova¹, André Belmont Pereira², Antonio Roberto Pereira³

INTRODUÇÃO

A exigência hídrica de espécies vegetais cultivadas é dependente de fatores relacionados à planta, ao solo e ao clima. O planejamento da irrigação requer o conhecimento das necessidades hídricas das plantas, sendo, portanto, uma resposta direta à demanda evaporativa da atmosfera. Tal demanda atmosférica vem sendo determinada pelos cientistas que atuam nas áreas de Agrometeorologia e de Irrigação e Drenagem no mundo inteiro, através do uso de diversos métodos disponíveis na literatura (PEREIRA et al., 1997) e desenvolvidos para estimar a evapotranspiração potencial ou de referência (ET_o).

MONTEITH (1965), ao ajustar a equação de PENMAN (1956) para cálculo da demanda potencial (ET_o), recomenda que o valor do fator de ponderação do efeito da radiação solar sobre ET_o (W) - função da tangente à curva de pressão de saturação de vapor d'água à temperatura média do ar (S) e, portanto, dependente da temperatura do ar, da umidade relativa do ar e da pressão atmosférica local - seja determinado para cada pressão em função do valor correspondente à média entre a temperatura de bulbo de seco (T_s) e do bulbo úmido (T_u). Ocorre, porém que, na prática, quase a totalidade dos usuários utiliza o valor de W calculado a partir da temperatura média do ar (PRIESTLEY & TAYLOR, 1972; VISWANADHAM et al., 1991; DOORENBOS & KASSAM, 1979; SORIANO & PEREIRA, 1993; entre outros) - fato que poderá introduzir erros de estimativa que levarão a obtenção de valores superestimados de demanda potencial em estudos agrometeorológicos desenvolvidos para avaliar o consumo hídrico de culturas agrônomicas em determinado local.

Assim, os objetivos do presente estudo são: a) propor metodologia para estimar a média entre as temperaturas de bulbo seco (T_s) e de bulbo úmido (T_u), aqui denominada de T_{su}, em função de temperatura do ar (T_a), umidade relativa do ar (UR) e pressão atmosférica (P); b) determinar os desvios obtidos entre S corrigido e S convencional, quando se considera o valor de T_{su} em lugar de T_s, de modo a possibilitar a obtenção de um novo valor de W ajustado em função de T_{su}, umidade relativa do ar e altitude local.

MATERIAL E MÉTODOS

O valor de T_{su} foi obtido em função das seguintes considerações:

$$T_{su} = \frac{T_s + T_u}{2} \quad (1)$$

$$S = \frac{e_s - e's}{T_s - T_u} \quad (2)$$

$$e's = e_s + \gamma(T_s - T_u) \quad (3)$$

$$\Delta e = e_s - e_a \quad (4)$$

em que os termos acima significam: T_{su} é a média entre as temperaturas do psicrômetro (°C); S é a tangente a curva de pressão de saturação de vapor d'água à temperatura média do ar (kPa.°C⁻¹); e_s é a pressão de saturação de vapor d'água à temperatura do ar (kPa); e's é a pressão de saturação de vapor d'água à temperatura do bulbo úmido (kPa); γ é o coeficiente psicrométrico reduzido a pressão local (kPa.°C⁻¹); Δe é a média do déficit de saturação de vapor d'água do ar atmosférico (kPa); e_a é a pressão parcial exercida pelo vapor d'água na atmosfera (kPa).

Utilizando-se o sistema de equações (1), (2), (3) e (4) pode-se concluir que T_{su} será estimada com boa aproximação pela seguinte expressão:

$$T_{su} = T_s - \frac{\Delta e}{2(S + \gamma)} \quad (5)$$

onde Δe poderá ser definida por:

$$\Delta e = \left(1 - \frac{UR}{100}\right) e_s \quad (6)$$

sendo UR a umidade relativa do ar, em %.

Os valores de S e γ serão obtidos através das seguintes equações:

$$S = \frac{4098 e_s}{(237,3 + T_s)^2} \quad (7)$$

$$\gamma = 6,647 \cdot 10^{-4} P \quad (8)$$

onde P é a pressão atmosférica local (kPa).

Para suprir a falta de informações sobre a pressão atmosférica local, a mesma deverá ser calculada em função da altitude (z) em metros, através da seguinte equação:

$$P = 101 \left(1 - 2,256 \cdot 10^{-5} z\right)^{5,257} \quad (9)$$

Uma vez determinado o valor de T_{su}, os novos valores de S e W ajustados (simbolizados por S* e W*) serão, portanto, definidos pelas seguintes equações:

$$S^* = \frac{4098 e_s}{(237,3 + T_{su})^2} \quad (10)$$

$$W^* = \frac{S^*}{S^* + \gamma} \quad (11)$$

sendo W* o valor corrigido do fator de ponderação do efeito da radiação sobre a ET_o para diferentes temperaturas e altitudes.

¹ Dr. Prof. Associado, Dep. de Ciências Exatas, ESALQ/USP, CP.9, 13418-900 Piracicaba, SP. E-mail: navnova@carpa.ciagri.usp.br. Bolsista do CNPq;

² Dr. Prof. Adjunto, Dep. de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola, UEPG, Av. Carlos Cavalcanti, 4748 - Campus de Uvaranas - 84030-900 Ponta Grossa, PR;

³ Dr. Prof. Titular, Dep. de Ciências Exatas, ESALQ/USP, CP.9, 13418-900 Piracicaba, SP. Bolsista do CNPq.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dados tabulares apresentados por VILLA NOVA et al. (2003), em estudo que propõe ajustes de S e W da equação de Penman em função da média entre as temperaturas do psicrômetro, revelaram que à medida que a umidade relativa do ar diminui os valores médios entre a temperatura do bulbo seco e a temperatura do bulbo úmido (Tsu) também diminuem, condicionando uma diferença de quase 15°C em relação a temperatura média do ar ao nível do mar para o menor valor calculado de umidade relativa do ar (UR). Paralelamente ao efeito de UR, verifica-se a contribuição da pressão atmosférica sobre Tsu, que faz com que esta diferença seja mais acentuada ainda à medida que a altitude local aumenta. Tal fato foi constatado em virtude da pressão atmosférica ter sido o elemento meteorológico condicionante das variações observadas sobre o valor do coeficiente psicrométrico, assumindo, porém, menor magnitude.

Os níveis de altitude considerados pelos autores (VILLA NOVA et al., 2003) foram baseados na proposição daqueles abordados por DOORENBOS & KASSAM (1979) para melhor evidenciar as diferenças observadas nos valores de S e W advindos do uso da metodologia em estudo. No particular a umidade relativa do ar, esta teve seus níveis estabelecidos em função de limites de amplitude que oferecessem variações significativas sobre a variável resposta.

Ao analisar-se os valores de S ajustados (S^*), inseridos no trabalho de VILLA NOVA et al. (2003), constata-se que tais valores variam de 22 a 34% em relação a aqueles usuais calculados apenas em função da temperatura do ar, quando a umidade relativa do ar for de 25%, ao passo que o referido percentual de variação de S^* cai para a faixa de 9 a 12% quando a umidade relativa do ar assumir valor de 70%. A variação de S^* diminui quando a umidade relativa é igual a 70% porque com o aumento da umidade atmosférica observa-se uma diminuição da depressão psicrométrica do ar, fato que contribui para a obtenção de valores médios entre as temperaturas do psicrômetro mais próximos da temperatura média do ar. Assim, conclui-se que as diferenças entre os valores de S^* em relação a aqueles obtidos pelo método convencional serão mais expressivas quanto menor for o grau de saturação do ar atmosférico. Observa-se ainda que a contribuição do fator altitude sobre os valores de S^* é praticamente desprezível, uma vez que a variação da variável resposta em função da altitude não excede a 4%, sendo este percentual menor ainda à medida que a umidade relativa do ar aumenta.

Sob posse dos valores S^* pode-se determinar o valor de W ajustado em função de Tsu para as faixas de umidade relativa do ar e altitude de interesse do usuário, através do emprego da equação 11 (W^*), procedimento que certamente poderá melhorar as estimativas da evapotranspiração potencial ou de referência (ET_o) obtida pelos métodos de PENMAN (1948), MONTEITH (1965), PRIESTLEY & TAYLOR (1972), da Radiação Solar e da Advecção Aridez

(DOORENBOS & KASSAM, 1979), entre outros, especialmente em regiões áridas e semi-áridas.

É fato que a comprovação da teoria idealizada neste estudo para corrigir as variáveis de entrada S e W da equação de Penman, mediante o confronto de estimativas de ET_o obtidas a partir desses parâmetros corrigidos com medidas lisimétricas precisas, constitui contribuição a ser dada por pesquisadores que têm a sua atenção voltada ao planejamento da irrigação em pesquisas futuras, visando maximizar a produtividade agrícola e assegurar a sustentabilidade da agricultura irrigada sob diversas condições climáticas locais.

CONCLUSÕES

A metodologia proposta para estimar a média entre as temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido é viável para corrigir S e W da equação de Penman. As superestimativas da evapotranspiração potencial, advindas do uso freqüente da temperatura média do ar em modelos que consideram os parâmetros S e W, poderão ser ajustadas através do emprego da metodologia em estudo, constituindo, portanto, o foco de investigações futuras relacionadas ao planejamento racional da irrigação das culturas em determinada localidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper, Rome, n.33, p.1-193, 1979.
- MONTEITH, J.L. Evaporation and environment. SYMPOSIA OF THE SOCIETY FOR EXPERIMENTAL BIOLOGY, Cambridge, v.19, p. 205-234, 1965.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY, London, v.198, p.116-140, 1948.
- PENMAN, H.L. Evaporation: an introductory survey. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v.4, p.9-29, 1956.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpiração)**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.:il.
- PRIESTLEY, C.H.B.; TAYLOR, R.J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. **Monthly Weather Review**, London, v.100, p.81-92, 1972.
- SORIANO, B.M.; PEREIRA, A.R. Estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Nhecolândia, Pantanal Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, p.123-129, 1993.
- VILLA NOVA, N.A.; PEREIRA, A.B.; PEREIRA, A.R. Ajustes de S e W da equação de Penman em função da média entre as temperaturas do psicrômetro. **Irriga Botucatu**, v.x, pi.-pf., 2003 (aceito para publicação e em fase de editoração).
- VISWANADHAM, Y.; SILVA FILHO, V.P.; ANDRÉ, R.G.B. The Priestley-Taylor parameter α for the Amazon forest. **Forest Ecological Management**, Madison, v.38, p.211-225, 1991.