

**CALIBRAÇÃO DO MODELO DE PRIESTLEY-TAYLOR PARA ESTIMAR A
EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR.**

**CALIBRATION OF PRIESTLEY-TAYLOR MODEL FOR ESTIMATING SUGARCANE
POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION.**

José Geanini Peres¹, Antonio Roberto Pereira², José Antonio Frizzone³ e
Nilson Augusto Villa Nova²

RESUMO

Calibrou-se o modelo de Priestley-Taylor para estimar a evapotranspiração potencial da cana-de-açúcar nas condições climáticas de Araras-SP a partir de medições deste parâmetro em um lisímetro de nível freático constante. A calibração foi feita através de análise de regressão linear simples, adotando-se um modelo passando pela origem. Os valores medidos de evapotranspiração potencial foram tomados como variável dependente e os valores calculados de $((\Delta/(\Delta + \gamma)) \times R_n)$ como variável independente. O valores calibrados de α para as periodicidades decendial e mensal foram, respectivamente, 1,30 e 1,34.

Palavras-chave: coeficiente de Priestley-Taylor, calibração, consumo de água, irrigação.

SUMMARY

The model of Priestley-Taylor was calibrated to estimate the potential evapotranspiration of sugarcane for the Araras-SP climatic conditions starting from evapotranspiration measurements made in a phreatic constant level lysimeter. The calibration was made by means of linear regression analysis, adopting a model through the origin. The measured potential evapotranspiration figures were taken as the

¹ Prof. Adjunto. Depto de Recursos Naturais e Proteção Ambiental, CCA/UFSCar, CP 153, CEP 13.600-970, Araras-SP.

² Prof. Associado. Depto de Física e Meteorologia, ESALQ/USP, CP 9, CEP 13.418-900, Piracicaba-SP.

³ Prof. Associado. Depto de Engenharia Rural, ESALQ/USP, CP 9, CEP 13.418-900, Piracicaba-SP.

dependent variable and the calculated $((\Delta/(\Delta + \gamma)) \times R_n)$ as the independent variable. The calibrated figures of α for the 10-days and monthly time scale were, respectively, 1.30 e 1.34.

Key words: Priestley-Taylor coefficient, calibration, consumptive water use, irrigation.

INTRODUÇÃO

A simplificação mais conhecida da fórmula de Penman (PENMAN, 1948) se deve a PRIESTLEY e TAYLOR (1972), os quais estabeleceram empiricamente que a evaporação/evapotranspiração potencial de uma superfície saturada de água ou úmida, sob condições de advecção mínima, pode ser estimada através da expressão

$$E_p = \alpha \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) (R_n - G) \quad (1)$$

onde E_p é a evaporação/evapotranspiração potencial; α o coeficiente de Priestley-Taylor; Δ a tangente à curva de pressão de saturação do vapor d'água em função da temperatura no ponto dado pela temperatura média do ar; γ a constante psicrométrica; R_n a densidade de fluxo de radiação líquida no nível da superfície evaporante e G a densidade de fluxo de calor no solo.

Para definição do valor mais provável de α , Priestley e Taylor analisaram 11 conjuntos de informações, três dos quais foram coletados em superfícies vegetadas, 1 sobre solo nu recém-arado e sete sobre superfícies de água livre. Eles verificaram que o valor de α variou entre 1,08 e 1,34 e concluíram que o valor médio $\alpha = 1,26$ era sua melhor estimativa. Saliente-se que todas as superfícies onde foram coletadas essas informações apresentavam umidade suficiente para obtenção da evaporação e/ou evapotranspiração na sua forma potencial.

Uma das grandes dificuldades à utilização do modelo de Priestley-Taylor reside no estabelecimento do seu campo de aplicação. BRUIN e HOLTSLAG (1982) entendem que ele se aplica a superfícies saturadas, especialmente às superfícies de água livre e de solos cultivados sob condição de alta umidade. Analisando-se separadamente as informações trabalhadas por Priestley e Taylor, verifica-se que o valor médio de $\alpha = 1,267$ se aplica para o caso da evaporação das superfícies de água livre; $\alpha = 1,08$ para a situação de evaporação de solo nu e $\alpha = 1,323$ quando se considera somente a evapotranspiração das superfícies vegetadas. Deve ser salientado que dentre todas as informações analisadas, somente as últimas preenchem os critérios definidos por THORNTWAITE (1948), PENMAN (1948, 1963) e ROSEMBERG et al. (1983) para caracterização do conceito de evapotranspiração potencial.

Trabalhando com valores medidos de evaporação de lagos rasos, STEWART e ROUSE (1976, 1977) e BRUIN e KEIJMAN (1979) obtiveram resultados que ratificaram 1,26 como a melhor estimativa de α para este tipo de superfície evaporante. Cultivando batata em lisímetro, JURY E TANNER (1975) encontraram $\alpha = 1,28$, enquanto KANEMASU et al. (1976) obtiveram $\alpha = 1,28$ para o sorgo e $\alpha = 1,45$ para a cultura da soja. Por sua vez, TANNER e JURY (1976) afirmam que α varia no intervalo $1,35 \pm 0,10$ para a maioria dos cultivos e climas. Nas condições brasileiras, várias pesquisas podem ser destacadas. Estudando a cultura do feijão, BERGAMASCHI e BERLATO (1987) encontraram um α médio de 1,31, valor este corroborado pelos resultados obtidos por LEITE (1989) que, trabalhando com feijoeiro cultivado em lisímetro sob diferentes densidades de semeadura e condições de umidade, obteve um valor médio de 1,30 para α . CUNHA e BERGAMASCHI (1994), cultivando alfafa em lisímetro de pesagem de alta resolução, determinaram para α um valor médio de 1,38 aplicável, indistintamente, às periodicidades diária, quinquidial, decendial e mensal.

O modelo de Priestley-Taylor, assim como o de Penman que lhe deu origem através da substituição do termo aerodinâmico pelo coeficiente α , não se aplica à determinação da evapotranspiração potencial de uma vegetação esparsa, como aquela que ocorre nos estádios iniciais de desenvolvimento das culturas plantadas em linha. Nestas culturas, segundo RITCHIE (1972), da semeadura à germinação prevalece o albedo do solo e, após a cobertura total do solo, o albedo da cultura, enquanto que nos estádios intermediários o albedo da superfície depende da composição dos anteriores. Quando o índice de área foliar (IAF) é baixo, a evaporação da água do solo é responsável por grande parte da evapotranspiração, principalmente se a superfície do solo estiver úmida, diminuindo sua participação à medida que o IAF aumenta, quando passa a preponderar a transpiração. Desde que bem supridas de água, o binômio solo-planta evapotranspira à taxa potencial quando o IAF da cultura situa-se entre 2,5 e 3, sendo que valores de IAF acima de três implicam em acréscimos muito pequenos na respectiva evapotranspiração (RITCHIE, 1985). Entrando-se com estes IAF limites na função logística estabelecida por MACHADO et al. (1982) para determinação deste parâmetro para a cana-de-açúcar, variedade NA 56-79, verifica-se teoricamente que esta cultura passa a evapotranspirar potencialmente entre 160-220 dias após o plantio (DAP). Estes valores são muito próximos aos encontrados por CAMPBELL et al. (1960), THOMPSON (1967) e SOUZA (1976), este último trabalhando com cana-de-açúcar irrigada na mesma área experimental objeto desta pesquisa.

Este estudo teve como objetivo calibrar o modelo de Priestley-Taylor para estimar a evapotranspiração potencial da cana-de-açúcar nas condições climáticas de Araras-SP.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de evapotranspiração potencial da cana-de-açúcar, ciclo de cana-planta, foram coletados em um lisímetro de lençol freático constante instalado na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos-CCA/UFSCar, localizado em Araras, Estado de São Paulo (latitude: 22°18' S; longitude: 47°23' W; altitude: 717 m).

O clima local, segundo a classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico, com verões quentes e úmidos e invernos secos (Cwa). O solo predominante é um Latossolo Vermelho-Escuro, distrófico, de textura argilosa.

A variedade de cana-de-açúcar estudada foi a NA56-79, conduzida no ciclo de cana-planta. O plantio da cultura no lisímetro se deu em 07/12/79 e a colheita em 18/05/81.

A evapotranspiração potencial da cana-de-açúcar foi obtida de forma contínua em um lisímetro de lençol freático constante. Este era dotado de uma cobertura metálica móvel, que era mantida fechada no período noturno e durante as chuvas. Para assegurar as condições potenciais da evapotranspiração, o teor de água no solo do lisímetro e da bordadura era continuamente monitorado por tensiômetros. Maiores detalhes sobre o plantio e o manejo da cultura da cana-de-açúcar, bem como sobre o lisímetro e seu funcionamento, podem ser encontrados em BARBIERI (1981).

Os dados medidos de evapotranspiração potencial foram processados em bases decenal e mensal, satisfazendo as condições de período mínimo de análise recomendado por JENSEN et al. (1990) para o modelo de Priestley-Taylor. Todas as informações meteorológicas utilizadas neste estudo foram coletadas no posto meteorológico padrão do CCA/UFSCar, situado a cerca de 200 m do lisímetro.

A calibração do modelo de Priestley-Taylor como estimador da evapotranspiração potencial da cana-de-açúcar foi feita através de análise de regressão linear simples, forçando-se a passagem da reta de regressão pela origem dos eixos cartesianos. A equação utilizada nesta abordagem foi a seguinte:

$$ET_p = \alpha \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) R_n \quad (2)$$

onde ET_p é a evapotranspiração potencial da cana-de-açúcar (mm dia^{-1}); α o coeficiente de Priestley-Taylor; Δ a tangente à curva de pressão de saturação do vapor d'água em função da temperatura no ponto dado pela temperatura média do ar ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); γ a constante psicrométrica ($0,066 \text{ kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$) e R_n a densidade de fluxo de radiação líquida no nível da superfície evaporante (mm dia^{-1}).

A tangente à curva de pressão de saturação do vapor d'água (Δ) foi determinada pela aplicação da fórmula:

$$\Delta = \frac{4098 e_s}{(T + 237,3)^2} \quad (3)$$

onde e_s é a pressão de saturação do vapor d'água à temperatura média do ar (kPa) e T a temperatura média do ar (°C).

A densidade de fluxo de radiação líquida foi estimada pelas expressões desenvolvidas por OMETTO (1981) para as condições climáticas do Estado de São Paulo. A equação (4) aplica-se aos meses de outubro a março (primavera-verão) e a equação (5) aos meses de abril a setembro (outono-inverno):

$$R_n = Q_o (0,17 + 0,22 n/N) \quad (4)$$

$$R_n = Q_o (0,15 + 0,12 n/N) \quad (5)$$

onde Q_o é a radiação solar global recebida no topo da atmosfera ($\text{cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e n/N a razão de insolação. Para sua utilização em (2) os valores de R_n em $\text{cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ foram convertidos para mm dia^{-1} .

A densidade de fluxo de calor no solo (G) não foi considerada nos cálculos relativos ao modelo de Priestley-Taylor pois, para períodos iguais e superiores a 10 dias, a ordem de grandeza da sua variação é muito pequena (JENSEN, 1973; PEREIRA, 1990), podendo ser desconsiderada.

A metodologia utilizada para comparação dos valores medidos e estimados de ET_p fundamentou-se no coeficiente de determinação (r^2) e no erro padrão da estimativa (SEE), este último calculado pela expressão:

$$SEE = \left(\frac{\sum (y - \hat{y})^2}{n-1} \right)^{1/2} \quad (6)$$

onde SEE é o erro padrão da estimativa (mm dia^{-1}); y a ET_p medida; \hat{y} a ET_p estimada pelo modelo calibrado e n o número de observações.

Adicionalmente, foi empregado um índice de ajuste (d), como definido em WILLMOTT (1981), para aferir o grau de concordância entre os valores observados e os obtidos pelas simulações. O índice de ajuste (d) foi obtido pela aplicação das expressões:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|\hat{y}_i| + |y_i|)^2} \quad (7)$$

$$\hat{y}_i = \hat{y}_i - \bar{y} \quad (8)$$

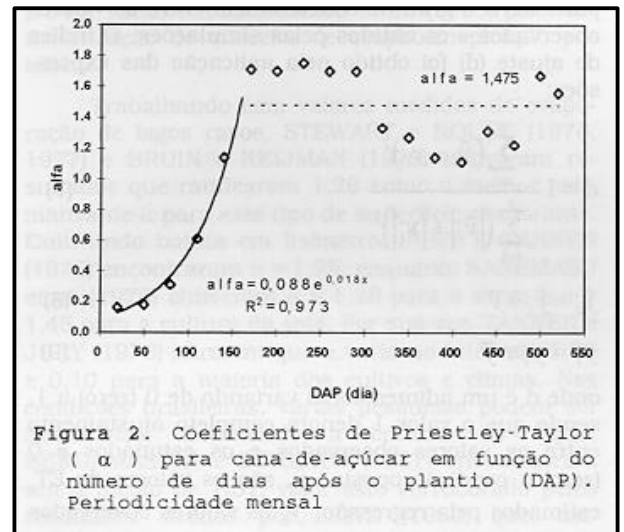
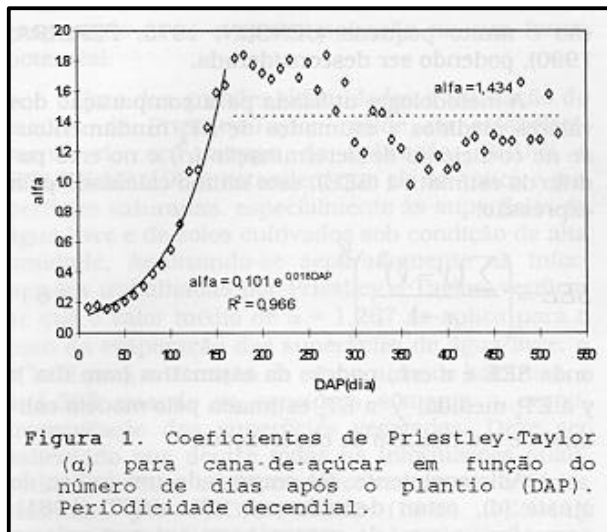
$$y_i = y_i - \bar{y} \quad (9)$$

onde d é um adimensional variando de 0 (zero) a 1, sendo que o valor 1 denota completo ajustamento entre os valores observados e os estimados e 0 (zero) a condição oposta; \hat{y}_i são os valores de ET_p estimados pela regressão; y_i os valores observados de ET_p ; \bar{y} é a média dos valores observados e n o número de observações.

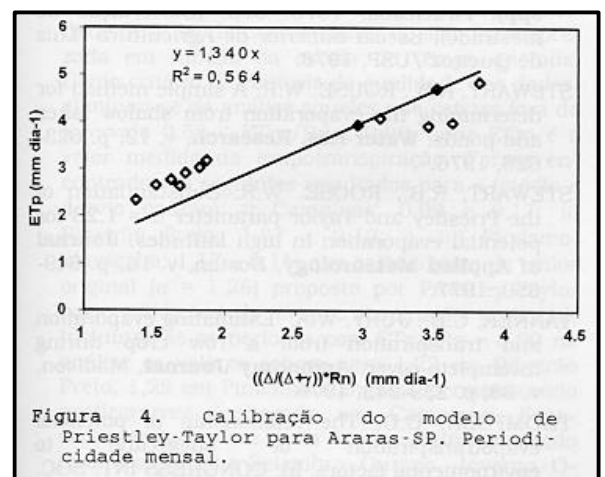
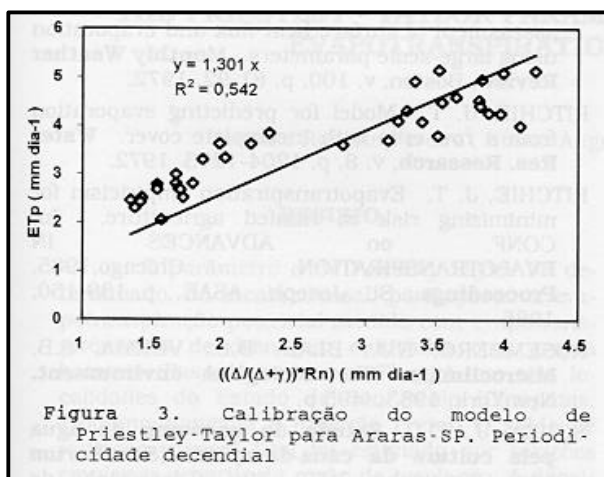
RESULTADOS E DISCUSSÃO

As flutuações do coeficiente de Priestley-Taylor (α), obtido pela aplicação da equação (2) ao longo do ciclo vegetativo (520 dias) da cana-de-açúcar, podem ser observadas nas Figuras 1 e 2, respectivamente para as periodicidades decenal e mensal. Analisando-se estas figuras, pode ser detectada a existência de quatro períodos distintos de valores de α . No primeiro, que vai do plantio da cultura até 160-170 DAP, nota-se que α cresceu exponencialmente, desde um mínimo de 0,18 até um máximo de 1,24, para uma média e desvio padrão de, respectivamente, 0,64 e 0,53 para todo o período em questão. No período seguinte, 170-270 DAP, ocorreu a estabilização de α ao redor de um valor médio de 1,76 com um desvio padrão de 0,07. No terceiro período, compreendido entre 270-470 DAP, deu-se uma diminuição no valor de α , que se situou ao redor de um valor médio de 1,26 com um desvio padrão de 0,16. No último período, cerca de dois meses antes da colheita, ocorreu uma nova elevação do valor de α , que se situou ao redor de uma média de 1,42, com um desvio padrão de 0,18. Pelos números anteriores, verifica-se que o maior coeficiente de variação (82,8%) ocorreu no primeiro período, contra valores de 4,0 %, 12,7 % e 12,7 % para os demais. Os valores muito mais baixos dos desvios padrões e coeficientes de variação observados nos três últimos períodos podem estar relacionados com uma maior estabilidade nos valores de α devida, principalmente, à constância do albedo após o fechamento da cultura. A elevação do valor de α , do plantio até 160-170 DAP, pode ser explicada pelo aumento da área foliar e da altura das plantas e, conseqüentemente, pelo aumento da capacidade de captação de energia radiante. CAMPBELL et al. (1960), trabalhando com cana-de-açúcar cultivada em lisímetro, plotaram a razão entre a evapotranspiração medida no lisímetro e a evaporação de tanque Classe A em relação à idade da planta e verificaram que esta razão aumentou de 0,4, quando a cana era nova (0 a 2 meses), até um valor médio ao redor de 1,2 quando a cana atingiu 6-8 meses de idade, seguida de uma diminuição desta razão até um valor médio igual a 1, aproximadamente sete meses mais tarde, aumentando novamente para 1,3 no período imediatamente anterior à colheita. Fatos a serem destacados são a extraordinária semelhança entre a Figura 2 e a curva obtida por CAMPBELL et al. (1960) e, também, a similaridade entre as variações temporais de α e da razão entre a evapotranspiração medida e a evaporação do tanque Classe A. CHANG (1963), analisando os mesmos dados utilizados por CAMPBELL et al. (1960), ponderou que as flutuações

ocorridas na evapotranspiração da cana-de-açúcar após 6-8 meses de idade não podem ser explicadas pelo balanço de energia, sendo provavelmente de origem fisiológica.



Pelo exposto, pode se concluir que o modelo de Priestley-Taylor aplica-se principalmente quando a cana-de-açúcar está completamente desenvolvida, ou seja, quando ocorre a completa cobertura do solo pelo seu dossel, pois, nesta situação, o albedo permanece praticamente constante, não sendo um fator capaz de alterar o balanço de energia disponível para a evapotranspiração. Nas Figuras 3 e 4 estão as representações gráficas das equações de regressão utilizadas na calibração do modelo de Priestley-Taylor, onde o coeficiente angular das retas de regressão corresponde ao coeficiente α do modelo. Como se nota, α variou de 1,30 na escala de tempo decencial a 1,34 na mensal. O fato da estimativa mensal de α ser apenas ligeiramente superior à decencial, permite postular a utilização do valor médio $\alpha = 1,32$ no modelo de Priestley-Taylor para determinação da evapotranspiração potencial da cana-de-açúcar cultivada nas condições climáticas de Araras-SP, independente da periodicidade adotada, aplicável, porém, somente após o fechamento da cultura.



Deve ser salientado, também, que este valor médio para α encontra grande respaldo nos números citados pela literatura, quando se trata da estimativa da evapotranspiração de culturas sob condições ótimas de umidade, especialmente naqueles utilizados por Priestley-Taylor na definição do valor médio de α para uso generalizado de seu modelo.

Na Tabela 1 estão apresentados os indicadores estatísticos relativos à análise de regressão entre os valores de ET_p estimados pelo modelo calibrado e as suas medições lisimétricas. Verifica-se que as estimativas de Et_p pelo modelo de Priestley-Taylor calibrado correlacionaram-se muito bem com os valores de ET_p medidos no lisímetro, nas duas periodicidades estudadas, como pode ser comprovado pelos respectivos coeficientes de determinação, ambos significativos a 1 % de probabilidade. Esta boa aderência é confirmada pelos baixos valores de SEE e pelos altos índices de ajuste (d), devendo ser salientado que os indicadores mensais foram ligeiramente melhores do que os decendiais. Em seus estudos com alfafa, CUNHA e BERGAMASCHI (1990) encontraram valores muito próximos para o coeficiente de determinação e relativamente mais elevados para o SEE nas escalas decendial ($r^2 = 0,82$; $SEE = 0,90 \text{ mm.dia}^{-1}$) e mensal ($r^2 = 0,91$; $SEE = 0,55 \text{ mm.dia}^{-1}$). JENSEN et al. (1990) determinaram a evapotranspiração de referência mensal para grama em 11 diferentes localidades através do modelo original de Priestley-Taylor ($\alpha = 1,26$) e encontraram SEE da ordem de $1,79 \text{ mm dia}^{-1}$ e $0,55 \text{ mm dia}^{-1}$, respectivamente, para localidades situadas em regiões áridas e úmidas. Este último indicador, além de ratificar os resultados obtidos nesta pesquisa, sinaliza que o modelo de Priestley-Taylor se aplica preferencialmente para climas úmidos (TANNER e JURY, 1976; GUSTON e BATCHELOR, 1983; JENSEN et al., 1990).

Tabela 1. Indicadores estatísticos da regressão linear simples entre as estimativas do modelo calibrado e as medições do lisímetro.			
Periodicidade	r^2	SEE	d
Decendial	0,84**	0,37	0,92
Mensal	0,92**	0,25	0,93

** significativo a 1% de probabilidade.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que:

1. o modelo de Priestley-Taylor aqui calibrado não se aplica para determinação da evapotranspiração potencial da cana-de-açúcar nos estádios iniciais do seu ciclo vegetativo.

2. para a cana-de-açúcar cultivada nas condições climáticas de Araras-SP, a calibração do modelo de Priestley-Taylor se dá para os seguintes valores de α : 1,30 para a periodicidade decendial e 1,34 para a mensal, aplicáveis somente após o fechamento da cultura.
3. o valor médio $\alpha = 1,32$, independente da escala de tempo considerada, pode ser utilizado para calibração do modelo de Priestley-Taylor para determinação da evapotranspiração potencial da cana-de-açúcar nas condições climáticas de Araras-SP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBIERI, V. **Medidas e estimativas de consumo hídrico em cana-de-açúcar**. Piracicaba, 1981. 82 p. (Dissertação de mestrado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, 1981.
- BERGAMASCHI, H., BERLATO, M.A. O parâmetro da equação de Priestley-Taylor para estimativa da evapotranspiração de *Phaseolus vulgaris* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 5, Belém, 1987. **Coletânea de Trabalhos**. Belém, SBA, p. 176-178, 1987.
- BRUIN, H.A.R., HOLTSLAG, A.M. A simple parameterization of the surface fluxes of sensible and latent heat during daytime compared with the Penman-Monteith concept. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v. 21, p. 1610-1621, 1982.
- BRUIN, H.A.R., KEIJMAN, J.Q. The Priestley-Taylor evaporation model applied to a large shallow lake in the Netherlands. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v. 18, p. 898-903, 1979.
- CAMPBELL, R.B., CHANG, J.H., COX, D.C. Evapotranspiration of sugar cane in Hawaii as measured by in-field lysimeters in relation to climate. In: CONGRESS INT. SOC. SUGAR CANE TECHN., 10, Honolulu, 1959, **Proceedings**. Amsterdam, Elsevier, p. 637-640, 1960.
- CHANG, J. H. Microclimate of sugar cane. **Hawaiiin Planters' Record**, Honolulu, v. 56, p. 195-223, 1963.
- CUNHA, G.R., BERGAMASCHI, H. Coeficientes das equações de Making e Priestley-Taylor para estimativa da evapotranspiração máxima da alfafa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, p. 33-36, 1994.
- GUSTON, H., BATCHELOR, C.H. A comparison of the Priestley-Taylor an Penman methods for estimating reference crop evapotranspiration in tropical countries. **Agricultural Water Manegement**, Amsterdam, v. 3, p. 65-77, 1983.
- JENSEN, R. D. (ed). **Consumptive use of water and irrigation water requeriments**. New York, ASCE, 1973. 215 p.

- JENSEN, M.E., BURMAN, R.D., ALLEN, R.G. (ed). **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York, ASCE, 1990. 330 p. (ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice n. 70).
- JURY, W.A., TANNER, C.B. Advection modification of the Priestley-Taylor evapotranspiration formula. **Agronomy Journal**, Madison, v. 67, p. 840-842, 1975.
- KANEMASU, E. T., STONE, L. R., POWER, W. L. Evapotranspiration model tested for soybean and sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, p. 569-572, 1976.
- LEITE, M.L. **Determinação da evapotranspiração de equilíbrio numa superfície cultivada com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em duas densidades de plantio**, Viçosa, 1989, 61 p. (Dissertação de mestrado), Universidade Federal de Viçosa, 1989.
- MACHADO, E.C., PEREIRA, A.R., FAHL, J.I, *et al.* Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesq. Agrop. Bras.**, Brasília, v. 17, n. 9, p. 1323-1329, 1982.
- OMETO, J.C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo, CERES, 1981. 425 p.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of Royal Society, série A**, London, v. 193, p. 120-145, 1948.
- PENMAN, H.L. **Vegetation and hidrology**. Harpender, Commonwealth Bureau of Soils, 1963. 125 p. (Technical Communication n. 53).
- PEREIRA, A.R. **Análise do modelo de Priestley-Taylor para estimativa da evapotranspiração potencial**. Piracicaba, 1990. 59 p. (Dissertação de Livre-docência), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, 1990.
- PRIESTLEY, C.H.B., TAYLOR, R.J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. **Monthly Weather Review**, Boston, v. 100, p. 81-92, 1972.
- RITCHIE, J. T. Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. **Water Res. Research**, v. 8, p. 1204-1213, 1972.
- RITCHIE, J. T. Evapotranspiration empiricism for minimizing risk in rainfed agriculture. In: CONF. on ADVANCES IN EVAPOTRANSPIRATION. Chicago, 1985. **Proceedings**. St. Joseph, ASAE, p. 139-150, 1985.
- ROSEMBERG, N.J., BLAD, B.L., VERMA, S.B. **Microclimate. The biological environment**. New York, 1983. 495 p.
- SOUZA, J.A.G.C. **Estudo do consumo de água pela cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp)**. Piracicaba, 1976. 82p. (Dissertação de mestrado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, 1976.

- STEWART, R.B., ROUSE, W.R. A simple method for determining the evaporation from shallow lakes and ponds. **Water Res. Research**, v. 12, p. 623-628, 1976.
- STEWART, R.B., ROOSE, W.R. Substantiation of the Priestley and Taylor parameter $\alpha = 1,26$ for potential evaporation in high latitudes. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v. 16, p. 649-650, 1977.
- TANNER, C.B., JURY, W.A. Estimating evaporation and transpiration from a row crop during incomplete cover. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, p. 239-243, 1976.
- THOMPSON, G.D. The relationship of potential evapotranspiration of sugarcane to environmental factors. In: CONGRESS INT. SOC. SUGAR CANE TECHN., 12, Puerto Rico, 1965, **Proceedings**. Amsterdam, p. 3-9, 1967.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.
- WILMOTT, C.J. On the validation of model. **Physical Geography**, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1981.