



La Agrometeorología hacia el Siglo XXI

VIII REUNION ARGENTINA DE AGROMETEOROLOGÍA

6 al 9 de Setiembre de 2000

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Nacional de Cuyo

Mendoza · Argentina

Organiza:
Asociación Argentina de Agrometeorología

Artigo anais Congresso



ESTIMATIVA DE ERROS NO CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO USANDO O BALANÇO DE ENERGIA NUM POMAR DE MANGUEIRA

Pabrcio Marcos Oliveira LOPES¹, Bernardo Barbosa da SILVA², Antônio Heriberto de Castro TEIXEIRA³, Pedro Vieira de AZEVEDO⁴, Vicente de Paulo RODRIGUES DA SILVA⁵, José Monteiro SOARES⁶, José Espinola SOBRINHO⁷

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi investigar a magnitude dos erros causados no cômputo do fluxo de calor latente devido às medições do saldo de radiação sobre a mangueira, fluxo de calor no solo e a razão de Bowen em diferentes estádios fenológicos da cultura da mangueira (*Mangifera indica* L.) e v. Tommy Atkins (floração plena a colheita). Concluiu-se que o erro relativo na determinação da razão de Bowen durante o dia oscilou em torno de 30 %, e que suas consequências no conjunto da evapotranspiração real provocaram erros absolutos da ordem de $\pm 0,05$ mm para intervalos de 30 minutos.

INTRODUÇÃO

A obtenção da evapotranspiração de uma cultura é difícil de monitorar, pois exige adequadas instalações e equipamentos bastantes sensíveis, além da escolha de uma técnica que garanta menor margem de erros. A aplicação do balanço de energia baseado no método da razão de Bowen tem-se tornado uma técnica padrão para a medição dos fluxos de calor sensível e latente, oferecendo resultados satisfatórios em diversos estudos.

A precisão do método tem sido revista por Fritschen (1965), Prueger et al. (1997) e Heilman et al. (1989) através de comparações de estimativas horárias e/ou diárias da evapotranspiração real (LE) com aquelas obtidas com outras técnicas, tais como medições

lisimétricas, balanço hídrico do solo e até outros modelos micrometeorológicos.

Uma simplificação do uso da técnica consiste em se assumir a ausência da advecção de calor e/ou de umidade, bem como da igualdade entre os coeficientes de difusão turbulenta do calor sensível e vapor d'água.

A investigação da precisão do método da razão de Bowen usando-se da análise de erros (Angus & Watts, 1984) tem sido levada a efeito por Fuchs & Tanner (1970), e este estudo objetiva quantificar os erros envolvidos no cálculo de LE, com base em técnicas proposta por McCuen (1973).

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram coletados no campo experimental de Bebedouro (19° 0'S; 40° 22'W; Alt 365m) a 40 Km de Petrolina - PE, durante os

¹ Pesquisador do CNPq - UFPB. E-mail: pabrcio@deca.ufpb.br

² Professor Doutor Adjunto, DCA - UFPB. E-mail: bernardo@deca.ufpb.br

³ Pesquisador da Embrapa Semi-Árido, CPATSA. E-mail: heribert@capatsa.embrapa.br

⁴ Professor Doutor Adjunto, DCA - UFPB. E-mail: pedro@deca.ufpb.br

⁵ Professor MSc - DCA - UFPB. E-mail: vicente@deca.ufpb.br

⁶ Pesquisador da Embrapa Semi-Árido, CPATSA, PE

⁷ Professor Adjunto, MSc - ESAM. E-mail: espinola@esam.br

meses de agosto a novembro de 1998, num pomar de mangueira (*Mangifera indica* L.) cv Tommy Atkins de 1,2 ha, com 6 anos de idade, espaçadas de 8 m entre fileiras e 5 m entre plantas, irrigada por gotejamento. Foi montada uma torre micrometeorológica de 7 m de altura, onde as medições foram simultâneas e contínuas ao longo de todo o período de medições. Na torre foram instalados três radiômetros (radiação global, refletida sobre e entre fileira), um termômetro infravermelho sobre a fileira, psicrômetros tangenciando a copa e a 1m da mesma (formados de termopares de cobre-constantan). Foram instalados, ainda, quatro placas para medida de fluxo de calor no solo. Todos esses sensores foram acoplados a um sistema automático de aquisição de dados (Datalogger 21X da Campbell Scientific), programado para tomada de dados a cada segundo e obtenção de médias dos sinais a cada 10 minutos ao longo de todo o período de observação.

A taxa de evapotranspiração real da cultura (E_{Tr}) foi obtida segundo o método da razão de Bowen, na qual $\lambda E = \frac{R_n - G}{1 + \beta}$, onde λE é o fluxo de calor latente e β é a razão de Bowen. Foi considerado a ausência de fluxos horizontais e a igualdade dos coeficientes de transferência turbulenta de calor sensível e vapor d'água.

Os erros relativo e absoluto obtidos da definição de λE podem ser obtidos,

respectivamente, através das expressões (Angus & Watts, 1989)

$$\frac{\delta \lambda E}{\lambda E} = \frac{\delta R_n}{(R_n - G)} + \frac{\delta \beta}{1 + \beta} \quad (1)$$

$$\delta \lambda E = \left[\frac{0,04(1 + \beta) + 1,04\delta\beta}{(1 + \beta + \delta\beta(1 + \beta))} \right] (R_n - G) \quad (2)$$

Enquanto que o erro relativo cometido ao se calcular a razão de Bowen pode ser estimado por

$$\frac{\delta\beta}{\beta} = (1 + \beta) \left[\frac{\delta \Delta T_u}{\Delta T_u} + \frac{\delta \Delta T}{\Delta T} \right] \quad (3)$$

onde $\delta\beta$ é o erro absoluto em β , δR_n e δG são os erros absolutos associados às medições no saldo de radiação e fluxo de calor no solo, $\delta \Delta T_u$ e $\delta \Delta T$ referem-se às precisões associadas às medições das temperaturas dos psicrômetros (bulbos úmido e seco sendo $\delta \Delta T_u - \delta \Delta T = 0,1^\circ \text{C}$) e onde ΔT_u e ΔT representam as variações das temperaturas dos psicrômetros nos dois níveis considerados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método do balanço de energia pela razão de Bowen aplicado a mangueira irrigada, foi submetida a testes para se verificar a sua precisão com base em técnica de análise de erros proposta por Angus & Watts (1984). Os resultados dos erros relativos cometidos no cálculo da razão de Bowen e do fluxo de calor latente podem ser vistos na Tabela 1 e nas Figuras 1 e 2 abaixo.

Tabela 1. Erros médios no cálculo do fluxo de calor latente e razão de Bowen para os diferentes estádios de desenvolvimento da mangueira.

Datas	LE (watt/m ²)	$\frac{SE}{LE}$ (%)	SE (mm)	β	$\frac{SE}{\beta}$ (%)
06/08/98	-320,44	5,18	0,02	0,31	18,96
10/08/98	-290,48	5,11	0,02	0,42	20,76
18/09/98	-366,36	5,71	0,03	0,53	36,43
19/09/98	-402,96	6,94	0,02	0,13	15,15
18/10/98	-323,37	8,91	0,06	0,15	34,37
19/10/98	-321,19	4,83	0,04	0,21	19,82
17/11/98	-237,40	16,19	0,05	0,29	29,93
22/11/98	-196,95	14,12	0,01	0,21	34,67

Como pode ser visto na Tabela 2, observou-se que o erro relativo no fluxo de calor latente LE aumentou da floração plena à colheita dos frutos, mas não ultrapassou 20%. O erro absoluto em LE manteve-se em torno de 0,05mm. O erro relativo em LE devido ao saldo de radiação e do fluxo de calor no solo em nenhum estágio de desenvolvimento foi superior a 4 %. Este resultado está de acordo com os obtidos por Angus & Watts (1984).

A razão de Bowen média permaneceu pequena e próxima de zero, durante o período diurno, apresentando valores elevados no início da manhã e fim da tarde.

O erro relativo na razão de Bowen variou bastante, chegando a atingir valores de 37%. Como é por demais sabido, em momentos de inversão, cedo da manhã e final da tarde, há grandes oscilações no sinal dos gradientes de temperatura, e os maiores erros no cálculo de β são registrados nessas ocasiões.

As Figuras 1 e 2 retratam os valores de fluxo de calor latente e o erro relativo neste fluxo (barras) para os estádios fenológicos em estudos submetidos a irrigação. Notou-se que nos dias apresentados sempre no início da manhã o erro relativo em LE é pequeno, aumentando no decorrer do dia, voltando a decrescer por volta das 14h00. Constatou-se, ainda, que ao meio dia esses erros são bastante significativos. Uma causa para essa discrepância é a razão de Bowen no horário das 10h00 às 14h00 aproxima-se de zero, levando a erros grosseiros em LE.

CONCLUSÕES

A razão de Bowen média diária permaneceu pequena e próxima de zero, durante o período diurno, apresentando valores elevados no início da manhã e fim da tarde. O erro relativo na razão de Bowen variou bastante, chegando a atingir valores de 37% no período de 24 horas.

O erros relativo no cálculo do fluxo de calor latente foram bastantes significativos tanto no início da manhã quanto ao meio dia. Deve-se

considerar que erros elevados em períodos de baixa transpiração não chegam a comprometer a precisão no cálculo da evapotranspiração real acumulada ao longo do período diurno, que aliás tem sido sugerido para a sua obtenção mais realística (GAY, 1988).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGUS, D. E. & WATTS, P. J. Evapotranspiration - How good is the Bowen ratio method? **Agricultural Water Management**, Amsterdam, Vol. 8, p. 133-150, 1984.
- FRITSCHEN, L. J. Accuracy of evapotranspiration determinations by the Bowen ratio method. **Assoc. Sci. Hydrol. Bull.** Vol. 10, p. 38-48, 1965.
- FUCHS, M. & TANNER, C. B. Error analysis of Bowen ratios measured by differential psychrometry. **Agricultural Meteorological**, Vol. 7, p. 329-334, 1970.
- GAY, L. W. A portable Bowen ratio system for evapotranspiration measurements. In *Proceedings, National Conference, Irrigation and Drainage*, New York, ASCE p. 625-632, 1988.
- HEILMAN, J. L. & BRITTON, C. L. Fetch requirements for Bowen ratio measurements of latent and sensible heat fluxes. **Agricultural and Forest Meteorology**, Vol. 44, p. 261-273, 1989.
- McCUEEN, R. H. The role of sensitivity analysis in hydrologic modelling. **J. Hydrol.** Vol. 18, p. 37-53, 1973.
- PRUEGER, J. H., HATFIELD, J. L., KRISTIAN AESE, J., PIKUL, Jr. J. L. Bowen - ratio

comparisons with lysimeter
Evapotranspiration **Agron. J.** Vol. 89, p. 730-736, 1997

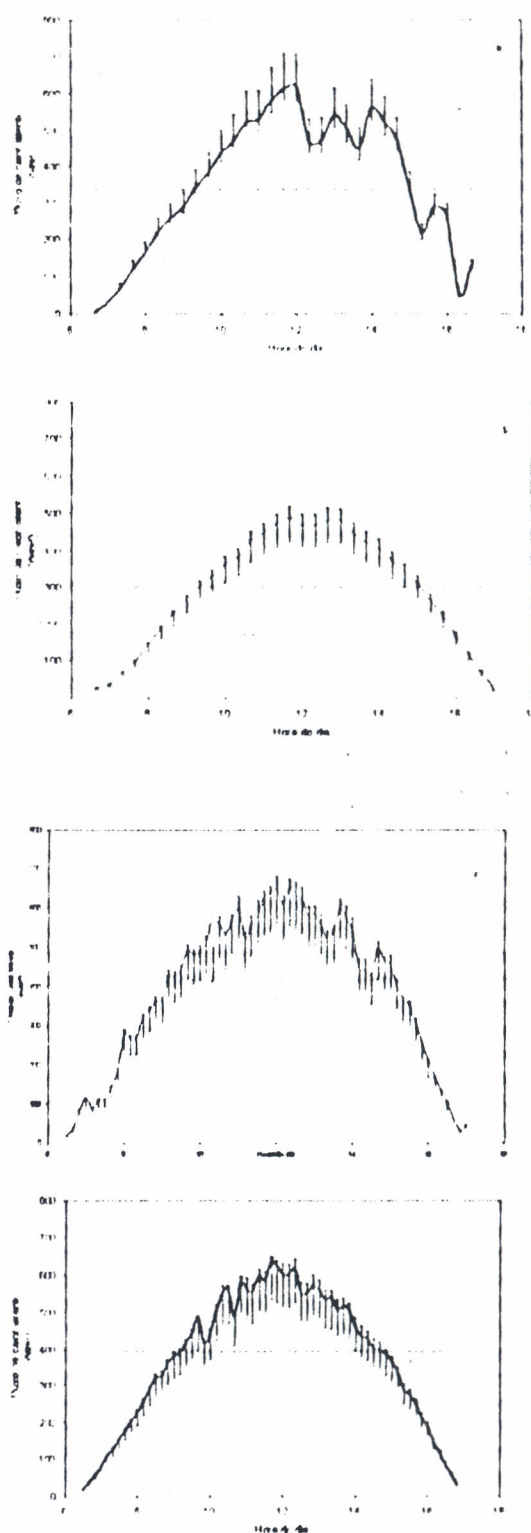


Figura 1 - Estimativa de λE e o limite dos erros (barras) para cada valor no estágio de floração plena 06/08/98 (a) e 10/08/98 (b) e na 1ª queda fisiológica 18/09/98 (c) e 19/09/98 (d).

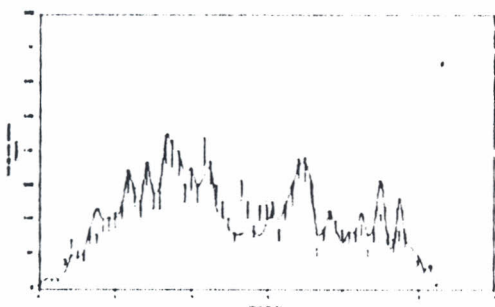
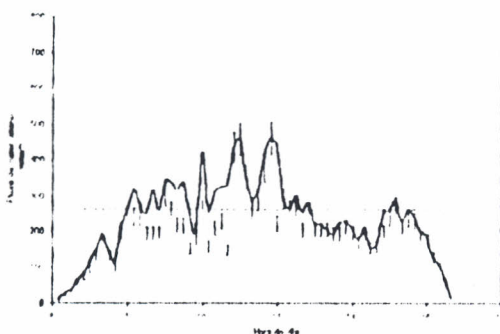
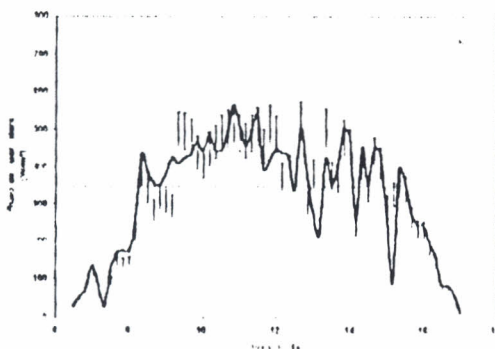
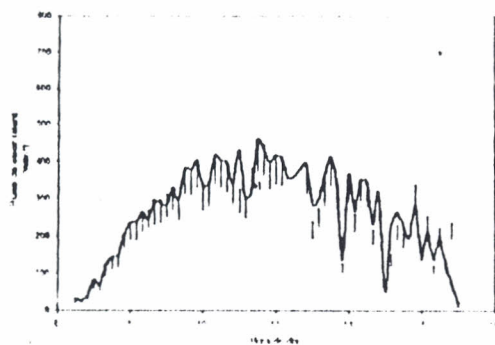


Figura 2 Estimativa de λE e o limite dos erros (barras) para cada valor em 18/10/98 (a) e 19/10/98 (b) no estágio maturação dos frutos; 17/11/98 (c) e 22/11/98 (d) no estágio de colheita dos frutos.