

# ANÁLISE DE ERROS NA OBTENÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO PELO MÉTODO DO BALANÇO DE ENERGIA EM MANGUEIRA IRRIGADA

Pabrcio Marcos Oliveira **LOPES**<sup>1</sup>, Bernardo Barbosa da **SILVA**<sup>2</sup>, Antônio Heriberto de Castro **TEIXEIRA**<sup>3</sup>, Pedro Vieira de **AZEVEDO**<sup>4</sup>, Vicente de Paulo da Silva **RODRIGUES**<sup>5</sup>, José Monteiro **SOARES**<sup>6</sup>, José Espinola **SOBRINHO**<sup>7</sup>

## RESUMO

Este trabalho objetivou 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.) c. v. Tommy Atkins (floração plena a colheita). Observou-se que o erro relativo na determinação da razão de Bowen durante o dia oscilou em torno de 30 %, e que suas conseqüências no conjunto da evapotranspiração real provocaram erros absolutos da ordem de  $\pm 0,05$  mm para intervalos de 30 minutos.

## INTRODUÇÃO

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.

<sup>1</sup>Estudante de Pós-graduação em Meteorologia - UFPb. E-mail: [pabrcio@dca.ufpb.br](mailto:pabrcio@dca.ufpb.br)

<sup>2</sup>Professor Doutor Adjunto. Departamento de Ciências Atmosférica - UFPb. E-mail: [bernardo@dca.ufpb.br](mailto:bernardo@dca.ufpb.br)

<sup>3</sup>Pesquisador da Embrapa Semi-Árido, CPATSA, PE. E-mail: [heribert@cpatsa.embrapa.br](mailto:heribert@cpatsa.embrapa.br)

<sup>4</sup>Professor Doutor Adjunto. Departamento de Ciências Atmosférica - UFPb. E-mail: [pedro@dca.ufpb.br](mailto:pedro@dca.ufpb.br)

<sup>5</sup> Professor MSc - Departamento de Ciências Atmosférica - UFPb E-mail: [vicente@dca.ufpb.br](mailto:vicente@dca.ufpb.br)

<sup>6</sup> Pesquisador da Embrapa Semi-Árido, CPATSA, PE. E-mail: [heribert@cpatsa.embrapa.br](mailto:heribert@cpatsa.embrapa.br)

<sup>7</sup>Professor Adjunto. MSc - Escola Superior de Agricultura de Mossoró, RN. E-mail: [espinola@esam.br](mailto:espinola@esam.br)

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 (9<sup>o</sup> 0'S; 40<sup>o</sup>22'W; Alt.365m) a 40 Km de Petrolina - PE, durante os meses de agosto a novembro de 1998, num pomar de mangueira (*Mangifera indica* L.) c.v. Tommy Aktins 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<sub>Tr</sub>) foi obtida segundo o método da razão de Bowen, na qual  $\lambda E = \frac{R_n - G}{1 + \beta}$ , onde  $\lambda E$  é o fluxo de calor latente e  $\beta$  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  $\lambda E$  podem ser obtidos, respectivamente, através das expressões (Angus & Watts, 1989):

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

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

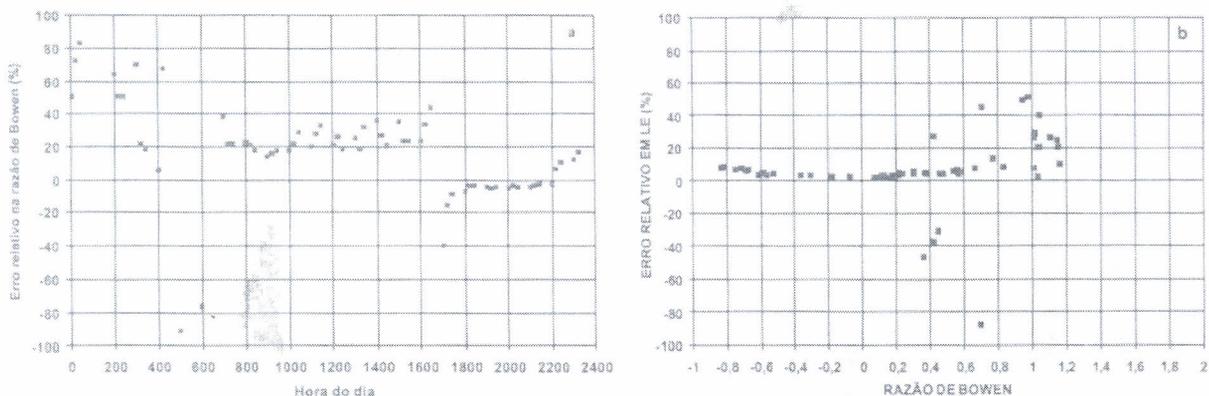
Enquanto que o erro relativo cometido ao se calcular a razão de Bowen pode ser estimado por:

$$\frac{\delta\beta}{\beta} = (1 + \beta) \left| \frac{\delta\Delta Tu}{\Delta Tu} + \frac{\delta\Delta T}{\Delta T} \right| \quad (3)$$

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

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

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. O método do balanço de energia pela razão de Bowen aplicado à 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 relativo e absoluto podem ser vistos graficamente nas Figuras 1 e 2 abaixo.



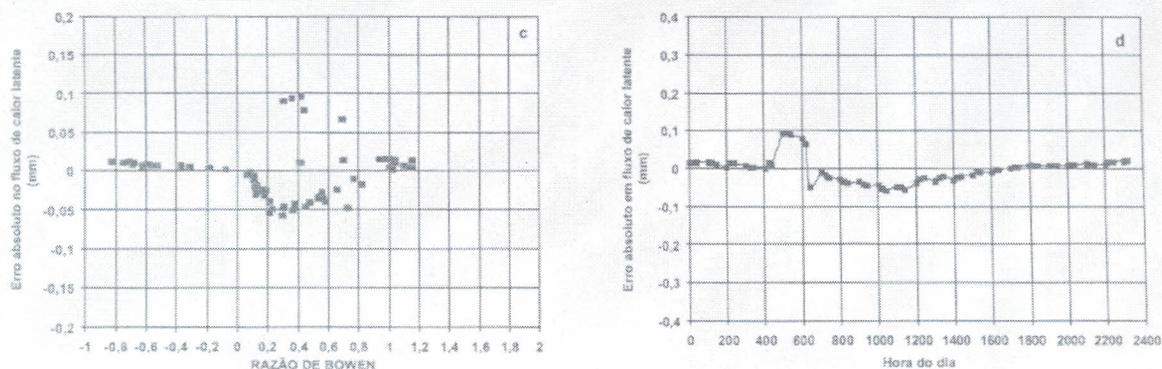


Figura 1 - Erro relativo na razão de Bowen (a), erro relativo no fluxo de calor latente em função da razão de Bowen (b), erro absoluto no fluxo de calor latente em função da razão de Bowen (c), erro absoluto no fluxo de calor latente (d) em 06/08/98 representativo do estágio de floração plena;

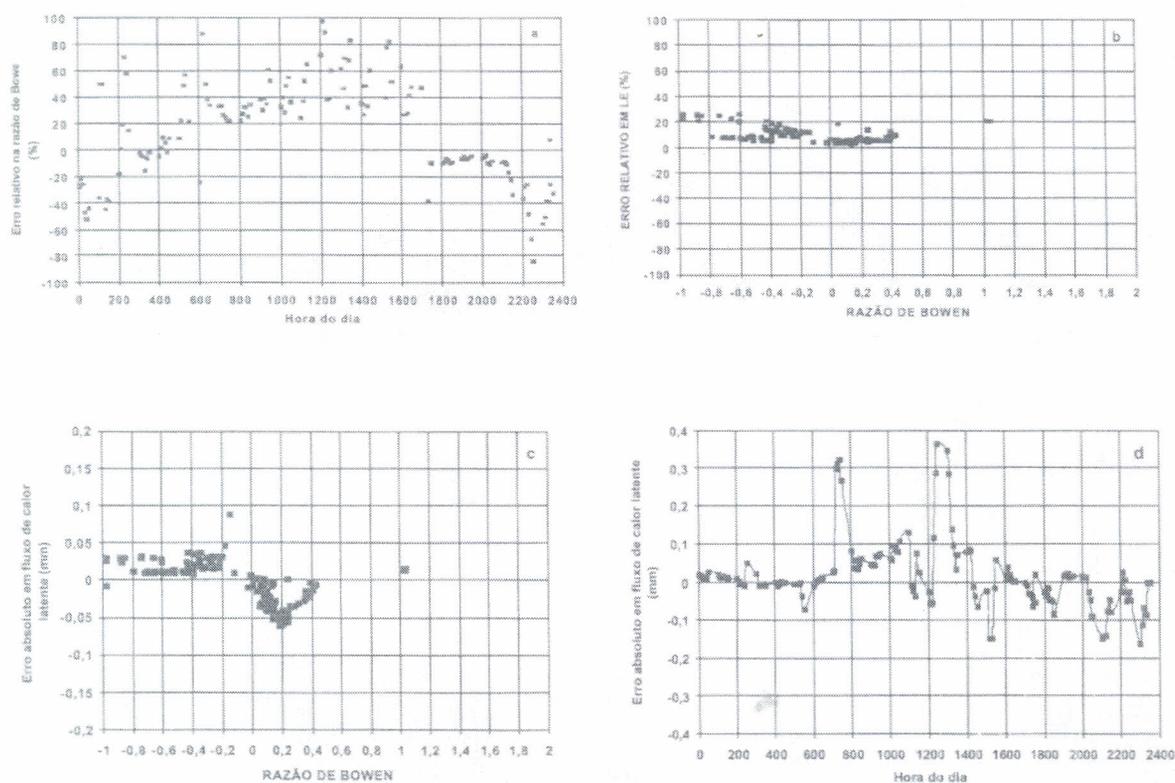


Figura 2 - Erro relativo na razão de Bowen (a), erro relativo no fluxo de calor latente em função da razão de Bowen (b), erro absoluto no fluxo de calor latente em função da razão de Bowen (c), erro absoluto no fluxo de calor latente (d) em 18/09/98 representativo do estágio da 2ª queda fisiológica.

Como pode ser visto na Figura 1a, o erro relativo no cálculo da razão de Bowen ( $\beta$ ) situou-se entre -20 % e 30%; com situações bem mais extremas no intervalo de 0h00 a 6h00. Já o erro absoluto no fluxo de calor latente para o mesmo dia (06/08/98) foi maior quando  $\beta$  variou de 0,2 a 0,8. Percebe-se, claramente, que para valores superior a 0,8 e inferior a zero, os erros ficaram próximo de zero. A Figura 1d expõe o erro absoluto no valor de  $\lambda E$ , o qual flutuou entre valores

positivos e negativos próximo de zero alcançando magnitude de 0,1 mm por volta das 5h00. Na Figura 1b, percebe-se que em geral os erros relativos no cálculo de  $\lambda E$  foram de 5 % a 10 %, com alguns valores extremos em torno de 0,4 e 0,7.

No estágio correspondente à segunda queda fisiológica, figura 2, pode-se observar uma maior dispersão dos erro relativo em  $\beta$ , mas os erros absoluto em  $\lambda E$  se situaram, em magnitude, de 0 a 0,05 mm, com diferenças positivas e negativas. Na figura 2b são apresentados os erros relativo no cálculo de  $\lambda E$  para o dia 18/09/98, onde prevaleceram valores de 0% a 20%. Deve-se observar que estão sendo incluídos todos os valores de  $\beta$  e  $\lambda E$ , sejam do período diurno, quanto do noturno. Como é por demais sabido, um momento 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  $\beta$  são registrados nessas ocasiões.

### CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos 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. & BRITTIN, C. L.. Fetch requirements for Bowen ratio measurements of latent and sensible heat fluxes. **Agricultural and Forest Meteorology**, Vol. 44, p. 261-273, 1989.
- McCUEN, 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.