

Vicente de Paulo Rodrigues da SILVA¹, Pedro Vieira de AZEVEDO¹, Bernardo Barbosa da SILVA¹, Antonio Heriberto de Castro TEIXEIRA², José Monteiro SOARES² & José ESPÍNOLA SOBRINHO²

1. INTRODUÇÃO

O fruto da manga tem despertado interesse comercial em vários países do mundo, devido à sua grande aceitação nos mercados europeu e americano. Nos últimos anos a manga passou a ser vista como alternativa econômica, com boas perspectivas para o Brasil e, em especial, para o Nordeste, cujo cultivo em escala empresarial vem sendo, nos últimos dez anos, implantado em toda a região do Submédio São Francisco (CUNHA *et al.*, 1994). O clima semi-árido dessa região apresenta aspectos muito favoráveis ao plantio de diversas culturas, principalmente devido à disponibilidade energética, embora ofereça restrições quanto à disponibilidade hídrica de origem pluvial, em virtude da variabilidade espacial e temporal do regime de chuvas. O presente trabalho tem como objetivo analisar o comportamento médio dos componentes do balanço de energia, ao longo do ciclo produtivo da mangueira, em condições específicas de energia, e a eficiência dos modelos de estimativa do fluxo de calor latente em função do saldo de radiação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A parte experimental desta pesquisa foi realizada na Estação Experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Semi-Árido), no perímetro irrigado do Projeto Bebedouro, no município de Petrolina, PE (Latitude: 09° 09'S, Longitude: 40° 22'W; Altitude: 365,5m) na região do Submédio São Francisco. A cultura estudada foi a mangueira, cv. *Tommy Atkins*, com seis anos de idade e irrigado por gotejamento, durante o ciclo produtivo do ano de 1999.

Os fluxos de calor sensível e calor latente foram determinados utilizando o balanço de energia baseado na razão de Bowen (BERB), de acordo com a seguinte expressão (ROSENBERG *et al.*, 1983):

$$R_n + LE + H + G = 0 \quad (1)$$

em que R_n é o saldo de radiação e LE, H e G são as densidades de fluxos de calor latente e calor sensível para o ar e para o solo, respectivamente. Todos os termos da Equação (1) são expressos em W/m^2 . Os fluxos de saldo de radiação e calor no solo foram medidos diretamente, através de saldo radiômetros e fluxímetros, respectivamente, instalados no pomar de mangueiras.

Foram estabelecidas três faixas de demanda evaporativa em função dos valores médios do saldo de radiação para períodos de vinte dias: a) demanda baixa ($R_n \leq 250 W/m^2$), condições típicas de total cobertura de nuvens ou de alta

nebulosidade; b) moderada ($250 W/m^2 < R_n < 350 W/m^2$), caracterizada por nebulosidade média e c) alta ($R_n \geq 350 W/m^2$), caracterizada por pouca ou nenhuma nebulosidade. Foi utilizado análise de correlação linear entre o fluxo de calor latente e energia disponível para cada demanda energética.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desde que bem calibrados, os saldos radiômetros e fluxímetros indicam medidas precisas do saldo de radiação e do fluxo de calor no solo, respectivamente; no entanto, os gradientes de temperatura e umidade do ar podem apresentar valores inconsistentes, face a problemas de manutenção e calibração dos psicrômetros, inviabilizando a determinação dos fluxos de calor latente e sensível do ar e do solo. Desta forma e com vistas ao preenchimento de falhas na série de valores diários dos componentes do balanço de energia sobre o pomar de mangueiras foram determinadas equações de estimativa do fluxo de calor latente em função do saldo de radiação para as três faixas de demanda evaporativa (Tabela 1). Procedimento semelhante foi utilizado por HOLSCHER *et al.* (1997) que completaram os dados faltosos de LE, obtidos pelo método do balanço de energia, com base na fração evaporativa (LE/R_n) média de quatro meses anteriores à data em que tiveram início os problemas técnicos com os equipamentos.

Tabela 1 - Equações de estimativa do fluxo de calor latente para três faixas de demanda energética e respectivas relações entre as densidades de fluxo

Demanda	Equação de regressão	r^2	LE/ R_n (%)	G/ R_n (%)	H/ R_n (%)
Baixa	LE = -18,177 - 0,843 R_n	0,94	94,1	2,9	03,9
Moderada	LE = -2,218 - 0,922 R_n	0,98	93,0	3,9	03,2
Alta	LE = -18,772 - 0,766 R_n	0,99	81,6	5,6	12,8

r^2 = coeficiente de determinação

O aumento de demanda energética foi acompanhado pelo aumento de consumo de energia disponível no processo de transferência de calor sensível e redução na transferência de vapor d'água para atmosfera. Observa-se, ainda, que o fluxo de LE pode ser obtido com precisão, visto que para baixa demanda o coeficiente de determinação foi 0,94, para demanda moderada foi 0,98 e para alta demanda evaporativa foi 0,99. Neste particular, ZHANG & LEMEAR (1995) observaram que o fluxo de calor latente responde fortemente pela incidência de radiação solar e que o déficit de pressão de vapor pode ser ignorado em condições atmosféricas estáveis e de pouca nebulosidade. Também baseados no princípio que o fluxo de calor latente segue o mesmo curso da radiação solar, JACKSON *et al.* (1983) e SUGITA & BRUTSAERT (1991) determinaram o fluxo de calor latente com base na similaridade com outros componentes do balanço de energia. Por outro lado, GAY (1988) encontrou um coeficiente de determinação de 0,98 num modelo de estimativa do fluxo de calor latente, em função da energia disponível, gradiente de temperatura e velocidade do vento.

¹ Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal da Paraíba. Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, 58109-970, Campina Grande, PB, Fone: (83) 310 1202. E-mail: vicente@dca.ufpb.br;

² Embrapa Semi-Árido, Br 428, Km 152, Zona Rural, CP 23, 56300-970, Petrolina, PE;

³ Escola Superior de Mossoró (ESAM), Km 47, BR 110, Caixa Postal 137, 59620 900, RN

O comportamento diurno médio dos componentes do balanço de energia (R_n , LE, G e H) para condições de baixa, moderada e alta demanda evaporativa, é apresentado na Figura 1. Observa-se que o fluxo de calor latente apresentou comportamento simétrico ao do saldo de radiação, com valores mínimos no início e no final do período diurno e máximo em torno do meio-dia local, enquanto LE variou de acordo com a demanda evaporativa, de forma proporcional ao saldo de radiação.

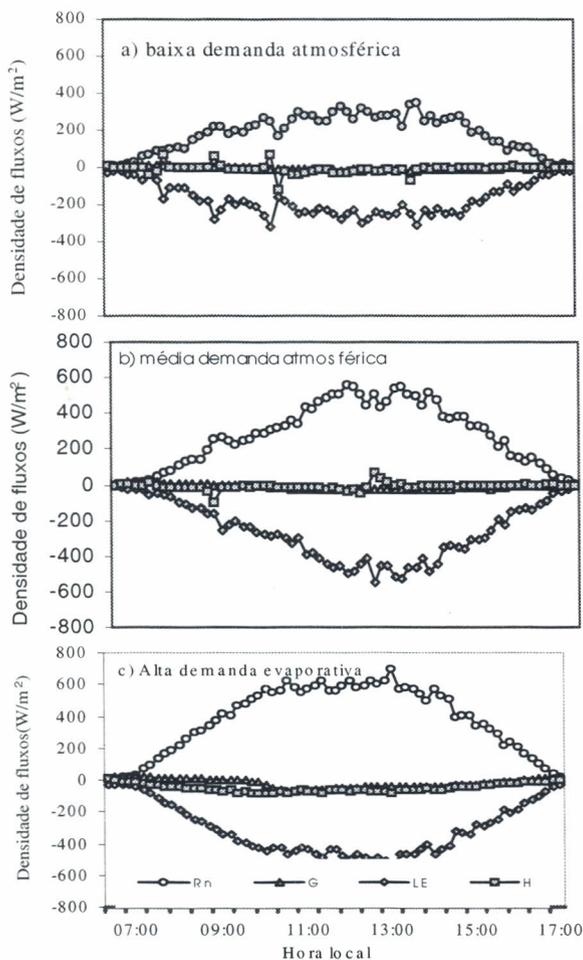


Figura 1 - Comportamento diurno médio dos fluxos de saldo de radiação (R_n), calor latente (LE), calor sensível do solo (G) e do ar (H), em condições atmosféricas de: a) baixa demanda, b) moderada demanda e c) alta demanda evaporativa sobre o pomar de mangueiras

Vários métodos têm sido utilizados na determinação da evapotranspiração de culturas, com suas características próprias quanto aos parâmetros necessários à sua determinação. Entretanto, como aqui apresentado, constata-se que a nebulosidade condiciona a ordem de magnitude dos componentes do balanço de energia, além de influenciar outras variáveis atmosféricas como: temperatura do ar, umidade relativa, insolação, etc.

4. CONCLUSÕES

Os resultados aqui apresentados permitem concluir o seguinte:

1. sob condições de baixa nebulosidade, o fluxo de calor latente pode ser obtido, com precisão adequada, em função do saldo de radiação;
2. o aumento da demanda energética é acompanhado pelo aumento do consumo de energia disponível utilizada no processo de transferência de calor sensível e redução na transferência de vapor d'água para atmosfera.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CUNHA, G.A.; SAMPAIO, J.M.M.; NASCIMENTO, A.S.; *et al.* **Manga para exportação: aspectos técnicos da produção.** Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria de Desenvolvimento Rural, Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais. - Brasília: EMBRAPA - SPI, 1994, 35p - (Série Publicações Técnicas FRUPEX; 8).
- GAY, L.W. Bowen-ratio measurements at sites C and L. **Evapotranspiration measurements of native vegetation,** Owens Valley, Califórnia, p.5-18, 1986.
- HÖLSCHER, D.; SÁ, T.D.A.; BASTOS, T.X.; DENICH, M.; FÖLSTER, H. Evaporation from young secondary vegetation in eastern Amazonia. **Journal of Hydrology,** Amsterdam, v. 193, n.1, p. 293-305, 1997.
- JACKSON, R.D.; HATFIELD, J.L.; REGINATO, R.J.; *et al.* Estimation of daily evapotranspiration from one time-of-day measurements. **Agricultural Water Management,** Amsterdam, v.7, n.1, p. 351-362, 1983.
- ROSENBERG, N.J.; BLAD, B.L.; VERMA, S.B. **Microclimate: The biological environment.** 2nd Edition, Lincoln - Nebraska: John Wiley & Sons, 1983, 495p.
- SUGITA, M.; BRUTSAERT, W. Daily evaporation over a region from lower boundary layer profiles. **Water Resources Research,** Washington, v. 27, n. 1, p.747-752, 1991.
- ZHANG, L.; LEMEURE, R. Evaluation of daily evapotranspiration estimates from instantaneous measurements. **Agricultural and Forest Meteorology,** Amsterdam, v. 74, p.139-174, 1995.