

DIFICULDADES COM MÉTODOS MICROMETEOROLÓGICOS NUM PEQUENO POMAR DE LIMA ÁCIDA "TAHITI"¹

Antonio Roberto PEREIRA^{2,3}; Fábio Ricardo MARIN²; Luiz Roberto ANGELOCCI^{2,3};
Nilson Augusto VILLA NOVA^{2,3}; Paulo Cesar SENTELHAS²

1. INTRODUÇÃO

A conformação espacial descontínua das plantas em pomares de frutíferas de grande porte dificulta o uso de métodos micrometeorológicos visto que as árvores incrementam a rugosidade da superfície, modificando os perfis verticais de velocidade do vento, temperatura, e umidade específica do ar, próximo de cada árvore, alterando as condições de contorno adequadas à utilização desses métodos.

O presente trabalho tem por objetivo verificar a adequação de dois métodos micrometeorológicos (razão de Bowen e aerodinâmico) para estimativa da evapotranspiração de um pequeno pomar.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na ESALQ/USP, em Piracicaba, SP, num pomar de $\approx 0,6$ ha de lima ácida 'Tahiti', altura média de copa de 4,5m, espaçamento de 8 m x 7 m, e irrigado por microaspersão. Os sensores foram instalados em mastro no centro do pomar, monitorados por datalogger com amostras a cada 10s e médias de 15 min. Temperatura e pressão de vapor foram medidos por psicrômetros ventilados a 2,5 m; 3,5 m; 4,5 m; e 6,5 m acima do solo. A velocidade do vento foi medida nas mesmas alturas e um sexto anemômetro a 8,5 m. Um saldo-radiômetro media a radiação líquida (Rn) sobre uma árvore e a 7 m do solo. Três sensores mediam o fluxo de calor no solo (G) a 3cm da superfície, sendo um sob a projeção da copa de uma árvore e os demais no espaço entre plantas.

A razão de Bowen (β) foi estimada em função das diferenças de temperaturas do bulbo molhado (ΔTu) e bulbo seco (ΔTs), e de um fator de ponderação W, dependente da temperatura do ar:

$$\beta = \left[\frac{\Delta Tu}{(1-W) \Delta Ts} - 1 \right]^{-1} \quad (1)$$

sendo W calculado com as equações (Viswanadham et al., 1991), ou seja:

$$W = 0,407 + 0,0145 Tu, \quad 0 < Tu < 16^\circ\text{C} \quad (2)$$

$$W = 0,483 + 0,01 Tu, \quad 16,1 < Tu < 32^\circ\text{C} \quad (3)$$

Pela razão de Bowen obtém-se λE ($W \text{ m}^{-2}$) com:

$$\lambda E = \frac{Rn - G}{(1 + \beta)}, \quad (\beta \neq -1) \quad (4)$$

Quando $\beta < -0,75$, tomou-se $\lambda E = Rn - G$ (Perez et al., 1999), evitando-se estimativas irreais.

Pelo método aerodinâmico obtém-se λE por (Thom, 1975):

$$\lambda E = -\rho \lambda k^2 \frac{0,622}{P} \frac{\bar{z} - d}{(\bar{z} - d)^2} \frac{\Delta u \Delta e}{\Delta z^2} fe \quad (5)$$

em que ρ é a densidade do ar; λ é o calor latente de vaporização da água; k é a constante de Von Karman; P é a pressão atmosférica; \bar{z} é a média das duas alturas de medida; d é o deslocamento do plano zero; c_p é o calor específico do ar seco; Δu é a diferença de velocidade do vento; Δe é a diferença de pressão atual de vapor do ar; Δz é a diferença entre as alturas de medida; fe é fator de correção para a estabilidade atmosférica definido por Thom (1975):

$$fe = (1 - 16 Ri)^{0,75} \quad Ri < -0,01 \quad (6)$$

$$fe = (1 + 16 Ri)^{-2} \quad Ri > 0,01 \quad (7)$$

$$fe = 1. \quad -0,01 \leq Ri \leq 0,01 \quad (8)$$

em que Ri é o número de Richardson, dado por:

$$Ri = g \left(\frac{\Delta \theta}{\Delta z} \right) / T \left(\frac{\Delta u}{\Delta z} \right)^2 \quad (9)$$

em que g é a aceleração da gravidade; θ é a temperatura do ar (K).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A teoria fluxo-gradiente fundamenta-se na premissa de que os fluxos dentro da camada limite superficial são constantes e independentes das distâncias verticais adotadas para medidas dos gradientes. Para verificar se essa condição foi satisfeita comparou-se os resultados obtidos em três combinações de gradientes, isto é, 2,5/6,5m, 3,5/6,5m, e 4,5/6,5m. Fixou-se a altura de 6.5 m nas três combinações por ser ela a mais representativa das condições acima do pomar. As alturas inferiores são mais representativas das condições dentro do pomar. Os fluxos com a combinação com maior intervalo de altura (2,5/6,5m) foram tomados como referência por serem obtidos, teoricamente, com as maiores diferenças de temperatura e pressão de vapor, portanto, com gradientes de mais fácil medida com o intrumental utilizado.

No caso da razão de Bowen, a regressão entre as estimativas das combinações de alturas mostrou tendência de agrupamento em torno da linha 1:1, com maiores desvios nos dias com evapotranspiração acima de 4 mm/d, quando os desvios chegaram a +27% no período chuvoso. Uma fonte de erro a ser considerada é a medida de Rn que foi feita acima de apenas uma árvore. Como as árvores tinham tamanhos diferentes, essa amostragem torna-se mais crítica nos dias com alta incidência radiativa, sendo conveniente medi-la em mais de um ponto.

Com o método aerodinâmico, os resultados mostraram desvios extremamente elevados com estimativas incompatíveis com a disponibilidade de energia (+25mm/d

¹ Extraído da Tese de MS do 2o. autor.

² Depart. de Ciências Exatas, Esalq/USP, Piracicaba, SP 13418-900
arpereir@carpa.ciagri.usp.br

³ Bolsistas do CNPq

na combinação 4,5/6,5m). Isso foi também verificado por Cellier & Brunet (1987), citados por Pieri & Fuchs (1990). As estimativas mais consistentes com o nível de energia disponível foram obtidas com gradientes da combinação 2,5/6,5m. Esses resultados enfatizam a sensibilidade desse método em condições de pomares, em qualquer condição de estabilidade atmosférica.

Uma fonte do erro exagerado da eq(5) está no valor de $(\bar{z} - d)^2$, pela dificuldade de se estimar um valor adequado para d a cada intervalo de tempo. A influência de $(\bar{z} - d)^2$ é contundente sobre a estimativa de λE se o valor de d não for correto. Fixando-se $d = 2,5m$ (adotado no período de chuvoso), esse termo multiplica o segundo membro da eq(5) por 4, para a combinação 2,5/6,5m ($\bar{z} = 4,5m$), e por 9, para 4,5/6,5m ($\bar{z} = 5,5m$), sem correspondente redução nos valores de $\Delta u/\Delta z$ e $\Delta e/\Delta z$. Logo, sua utilização sob condições de vegetação de grande porte e esparsa deve ser feita com precaução, por tratar-se de situação diversa daquela para as quais o método foi desenvolvido, em que há necessidade do pleno desenvolvimento da camada limite superficial, situação pouco viável nas condições do presente experimento.

Com a maior altura de medida não atingindo o nível de duas vezes a altura das árvores, não se obteve perfis característicos de velocidade do vento, mesmo sob condições de atmosfera neutra e com velocidades do vento relativamente altas, enfatizando o caráter irregular da superfície e sua forte interação com a atmosfera. Vale ressaltar que um renque de Pinus ($\cong 15m$ de altura) ocupava o lado Oeste da área, distando cerca de 60m do ponto de medida do perfil, enquanto que no lado Sul havia um mangueiral com mesma altura do pomar, e a 50m do mastro. Mesmo havendo diferença no porte da vegetação que circundava o pomar verificou-se pouca ou nenhuma influência da direção do vento sobre a conformação dos perfis de vento.

Pode-se indicar como causa principal dos perfis lineares aqui relatados a reduzida altura de medida em vista do porte da vegetação estudada ($\cong 4,5m$ de altura) e da distribuição esparsa das árvores, indicando a necessidade de medidas a alturas superiores às utilizadas no presente estudo (de 2,5m a 8,5m), com apenas 4 anemômetros posicionados acima do nível médio das copas. Essa configuração foi semelhante à utilizada por Braun et al. (2000) em pomar de macieira com altura média de 2,5m e medidas até 6m. Apesar de bem estabelecidas as necessidades mínimas de medidas para estudos desse tipo, no presente trabalho

tal metodologia foi limitada principalmente pela altura do mastro para se adequar às condições de bordadura do pequeno pomar.

Perfis exponenciais de velocidade do vento foram encontrados em poucas horas de alguns dias, sendo os referentes a 15/01 (7:45h a 8:00h) e a 24/06 (14:30h a 14:45h) selecionados para a determinação de d , encontrando-se os seguintes valores: a) 15/01 com $d = 2,5m$; b) 24/06 com $d = 3,1m$. Devido às dificuldades para determinação de d a cada dia e hora, esses valores foram considerados como característicos de cada período de medida, sendo uma fonte de erro substancial nas estimativas da evapotranspiração.

4. CONCLUSÕES

Os resultados evidenciam as dificuldades operacionais dos métodos micrometeorológicos em condições de pequenos pomares de frutíferas de grande porte. O método da razão de Bowen mostrou-se mais consistente que o aerodinâmico, resultando em estimativas de ET mais coerentes com o nível de energia disponível às árvores. Estimativas do método aerodinâmico foram fortemente dependentes das combinações entre as alturas de medidas para se obter os gradientes e também da exata determinação de d .

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAUN, P.; MAURER, B.; HEINEMANN, G. Scaling transpiration in apple orchards – meteorological versus plant based physiological measurements. 3rd Intern. Symp. Irrigation of Horticultural Crops. V1, P45-51. **Acta Horti culturae**, No.537, Estoril, Portugal, 2000.
- CELLIER, P.; BRUNET, Y. Flux-gradient relationships above tall homogeneous vegetation canopies. **French-Israeli Symposium on Irrigation Scheduling**, INRA, Bordeaux, 1987.
- Perez, P.J.; Castellvi, F.; Ibañez, M.; Rosell, J.I.. Assesment of reliability of Bowen ratio method for partitioning fluxes. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.97, p.141-150, 1999.
- Pieri, P.; Fuchs, M. Comparison of Bowen Ratio and Aerodynamic Estimates of Evapotranspiration. **Agricultural and Forest Meteorology**. v. 49, n. 3, p. 243-256, 1990.
- THOM, A., S. Momentum, mass and heat exchange of plant communities. In: MONTEITH, J.L. (ed.). **Vegetation and Atmosphere**. Academic Press, v.1, p.57-109. 1975.
- VISWANADHAM, Y.; SILVA FILHO, V.P.; ANDRE, R.G.B. The Priestley-Taylor parameter α for the Amazon forest. **Forest Ecology and Management**, v.38, p.211-225, 1991.