

# AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DOS COEFICIENTES DE TRANSFERÊNCIA TURBULENTA DE CALOR SENSÍVEL E CALOR LATENTE NUM POMAR DE MANGUEIRAS

Vicente de Paulo Rodrigues da SILVA<sup>1</sup>, Bernardo Barbosa da SILVA<sup>1</sup>, Antonio Heriberto de Castro TEIXEIRA<sup>2</sup>, José Monteiro SOARES<sup>2</sup> & José ESPÍNOLA SOBRINHO<sup>2</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

Na determinação do fluxo de calor latente através no balanço de energia, deve-se considerar o seguinte (ANGUS & WATTS, 1984; HEILMAN & BRITTIN, 1989; NIE *et al.*, 1992): (i) igualdade entre os coeficientes de transferência turbulenta de calor sensível ( $K_h$ ) e latente ( $K_w$ ), e (ii) as medidas de temperatura e pressão de vapor devem ser feitas dentro da camada limite, com ausência de gradientes horizontais. Por outro lado, para ANGUS & WATTS (1984) o método de balanço de energia deve ser aplicado com as seguintes restrições: (i) a suposição de igualdade entre  $K_h$  e  $K_w$  é válida apenas para condições de estabilidade atmosférica próximo a neutralidade, e (ii) as medições de temperatura e umidade devem ser tomadas dentro da camada limite do fluxo de ar, o que implica na necessidade de um "fetch" com extensão mínima de 100 vezes a altura onde foram realizadas as medidas. Esses autores observaram, ainda, que este método oferece bons resultados em condições úmidas, porém se torna impreciso em condições muito secas ou com considerável advecção de energia.

Ao examinarem, experimentalmente, o relacionamento entre  $K_h$  e  $K_w$ , mediante condições de advecção de calor sensível, VERMA *et al.* (1978) observaram que a hipótese de igualdade entre esses coeficientes provoca uma subestimativa da evapotranspiração calculada pelo método do balanço de energia, condições em que  $K_h$  é maior do que  $K_w$  e o gradiente  $\Delta T/\Delta z$  é negativo. Neste contexto, o presente trabalho objetiva avaliar a magnitude e o comportamento diurno dos coeficientes de transferência turbulenta de calor sensível e calor latente num pomar de mangueira em condições irrigadas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizados dados obtidos em experimento agrometeorológico realizado no perímetro irrigado de Bebedouro, pertencente à Embrapa Semi-Árido, em Petrolina PE, no ano de 1999, com a mangueira, cv. *Tommy Atkins*. Os componentes do balanço de energia com base na razão de Bowen foram determinados utilizando uma torre micrometeorológica instalada num pomar de mangueiras, cultivado num espaçamento de 8 m X 5 m e irrigado por gotejamento.

Os gradientes de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) foram obtidos diretamente pela diferença entre dois níveis da torre micrometeorológica e o coeficiente de transferência turbulenta de calor sensível  $K_h$  ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) extraído da equação de estimativa do fluxo de calor sensível, da seguinte forma (ROSENBERG *et al.*, 1983):

$$H = -\rho c_p K_h \frac{\Delta T}{\Delta Z} \quad (1)$$

em que  $H$  é a taxa de calor sensível ( $\text{W}/\text{m}^2$ ),  $\rho$  a densidade do ar ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ),  $\Delta T$  o gradiente de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e  $\Delta Z$  (metros) a diferença entre os dois níveis de medições. A suposição de igualdade entre os coeficiente de transferência turbulenta de calor sensível e calor latente ( $K_h = K_w$ ) foi utilizada na análise do comportamento desses coeficientes.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fluxos de calor sensível e de calor latente se propagam aleatoriamente através de turbilhões. Logo, a suposição que são transportados pelo mesmo turbilhão conduz a igualdade entre os coeficientes de transferência de calor sensível e calor latente ( $K_h = K_w$ ), em condições atmosféricas próximas da neutralidade. Entretanto, durante o dia, em geral, a atmosfera apresenta equilíbrio instável, com a temperatura decrescendo com a altura (gradiente de temperatura negativo), como exibido na Figura 1b.

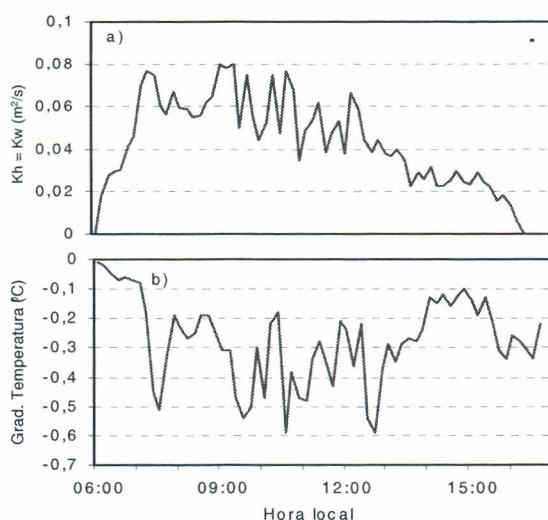


Figura 1 – Comportamento diurno dos coeficientes de transferência turbulenta de calor sensível e calor latente (a) e gradiente de temperatura (b) em 12/11/1999, em Petrolina, PE

Ainda através da referida Figura, observa-se que os coeficientes de transferência turbulenta de calor sensível e de calor latente atingem valores máximos em torno de 9 h, da ordem de  $0,08 \text{ m}^2/\text{s}$ , sendo que em seguida apresenta comportamento decrescente até o final do período diurno. Utilizando-se da mesma metodologia, ou seja, com base no fluxo vertical de calor latente obtido através da razão de Bowen, STEDUTO & HISIAO (1998) determinaram o coeficiente de transferência turbulenta de vapor d'água sobre a cultura de milho. Observaram que esse coeficiente atingiu o valor máximo em torno de 11 h e variou de  $0,1$  a  $0,38 \text{ m}^2/\text{s}$  durante o período diurno.

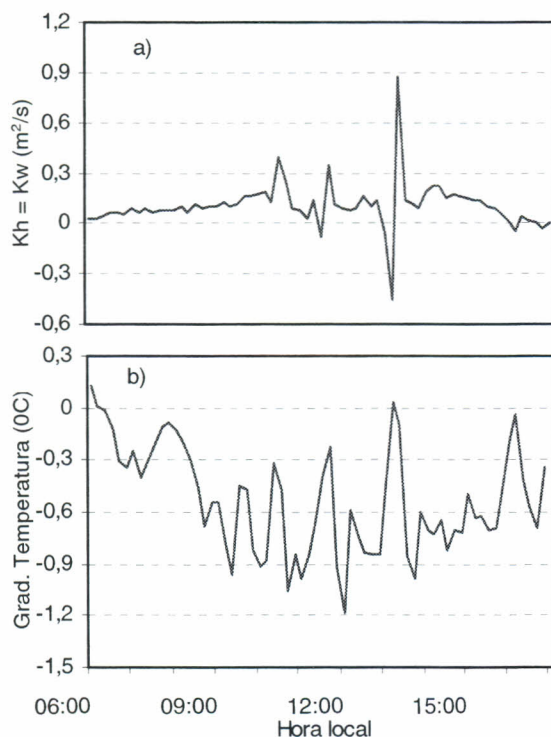
O comportamento diurno dos coeficientes de transferência turbulenta de calor sensível e calor latente e gradiente de temperatura para o dia 24/11/1999 é exibido na Figura 2.

Os coeficientes de transferência turbulenta atingiram valores negativos em torno da 14 h (Figura 2a), quando em geral são positivos, exatamente no momento em que a

<sup>1</sup> 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;

<sup>2</sup> Embrapa Semi-Árido, Br 428, Km 152, Zona Rural, Caixa Postal 23, CEP 56300-970, Petrolina, PE;

<sup>3</sup> Escola Superior de Mossoró (ESAM), Km 47, BR 110, CP 137, CEP: 59 620 900, RN



**Figura 2** – Comportamento diurno dos coeficientes de transferência turbulenta de calor sensível e calor latente (a) e gradiente de temperatura (b) em 24/11/1999, em Petrolina, PE

atmosfera apresenta equilíbrio estável, ou seja, gradiente de temperatura positivo (Figura 2b). Neste dia (24/11/1999) os valores dos coeficientes transferência turbulenta sobre a mangueira variaram de valores próximos de zero no início e final do período diurno, para aproximadamente 0,9 m<sup>2</sup>/s às 14 h. Estes resultados indicam que os coeficientes de transferência turbulenta, os quais expressam a velocidade de transporte de vapor d'água e calor sensível, variam em função da hora do dia e da condição de estabilidade atmosférica. Na ausência de advecção, condição em que a energia utilizado no processo de evapotranspiração é maior que a energia disponível, e em atmosfera com equilíbrio

instável, os coeficientes de transferência turbulenta são positivos e em equilíbrio estável esses coeficientes são negativos. Entretanto, em condições de advecção de calor ou umidade os coeficientes de transferência turbulenta apresentam comportamento inverso.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados aqui apresentados permitem concluir o seguinte:

1. os coeficientes de transferência turbulenta de calor sensível e calor latente variam em função da hora do dia e da condição de estabilidade atmosférica;
2. nas condições de realização deste experimento, os coeficiente de transferência turbulenta de calor sensível e calor latente sobre a mangueira apresentaram valores máximos em torno do meio-dia, de 0,08 e 0,9 m<sup>2</sup>/s, respectivamente, nos dias 12 e 24/11/1999.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANGUS, D.E.; WATTS, P.J. Evapotranspiration: how good is the Bowen ratio method?. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 8, p. 133-150, 1984.
- HEILMAN, J.L.; BRITTIN, C.L. Fetch requirements for Bowen ratio measurements of latent and sensible heat fluxes. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 4, n. 1, p. 261-273, 1989.
- NIE, D.; FLITCROFT, I.D.; KANEMASU, E.T. Performance of Bowen ratio system on a slope. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 59, n.1, p.165-181, 1992.
- ROSENBERG, N.J.; BLAD, B.L.; VERMA, S.B. **Microclimate: The biological environment**. 2<sup>nd</sup> Edition, Lincoln - Nebraska: John Wiley & Sons, 1983, 495p.
- STEDUTO, P.; HSIAO, T.C. Maize canopies under two soil water regimes IV. Validity of Bowen ratio-energy balance technique for measuring water vapor and carbon dioxide fluxes at 5-min intervals. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 89, n. 1, p. 215-228, 1998
- VERMA, S.B.; ROSENBERG, N.J.; BLAD, B.L. Turbulent exchange coefficients for sensible heat and water vapor under advective conditions. **Journal of Applied Meteorology**, Boston, v. 17, n.1, p. 330-338, 1978.