

## ACESSO AO DESEMPENHO DE IRRIGAÇÃO NA CULTURA DA MANGUEIRA NA REGIÃO SEMI - ÁRIDA DO NORDESTE DO BRASIL

A.H. de C. TEIXEIRA<sup>1</sup>, W.G.M. BASTIAANSSEN<sup>2</sup>, AHMAD. MOBIM-UD-DIN<sup>3</sup>, BOS, M.G.<sup>4</sup>, M. S. B. MOURA<sup>1</sup>, J. M. SOARES<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Semi-Árido, P.O. Box 23, 56302-970, Petrolina, PE, Brasil. Fone: 87 38621711. Fax: 87 38621744. heribert@cpatsa.embrapa.br  
<sup>2</sup>Water Watch, General Foulkesweg 28, 6703 BS, Wageningen, The Netherlands, <sup>3</sup>International Water Management Institute, P. O. Box 2075, Colombo, Sri Lanka, <sup>4</sup>International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, P.O.Box 67500 AA, Enschede, The Netherlands

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

**RESUMO:** Parâmetros hídricos foram estimados em um cultivo comercial de mangueira durante dois ciclos produtivos. A evapotranspiração atual ( $ET$ ) foi obtida pelo método das correlações turbulentas, enquanto para a de referência ( $ET_0$ ), a equação de Penman-Monteith (FAO 56) foi aplicada. O valor acumulado médio de  $ET$  para os dois ciclos foi de 1333 mm, correspondendo a uma taxa diária de 3,5 mm dia<sup>-1</sup> e coeficientes de cultura baseados na evapotranspiração ( $K_c$ ) e transpiração ( $K_{cb}$ ) de 0,87 e 0,78, respectivamente. A fração média de depleção de água ( $FD$ ) no solo foi de 0,80 e o déficit hídrico médio ( $DH$ ) médio foi de 118 mm, representando em geral um bom desempenho de irrigação. A produtividade de água ( $PA$ ) foi em torno de 4,5, 3,4 e 5 kg m<sup>-3</sup> quando baseada na irrigação, evapotranspiração e transpiração, respectivamente. Os valores monetários correspondentes foram 4,60, 3,50 e 5,20 US\$ m<sup>-3</sup>, o que indicou um elevado rendimento com o cultivo irrigado da cultura da mangueira na região semi-árida do Brasil.

**PALAVRAS - CHAVE:** mango, evapotranspiração, produtividade de água.

## IRRIGATION PERFORMANCE ASSESSMENT IN MANGO CROP IN SEMI ARID REGION OF NORTHEAST BRAZIL

**ABSTRACT:** Water parameters were estimated in a commercial mango crop during two growing seasons. The evapotranspiration ( $ET$ ) was obtained by eddy correlation method, while for reference evapotranspiration ( $ET_0$ ), the FAO Penman Monteith equation was applied. The mean accumulated value of  $ET$  for the two growing seasons was 1333 mm, which corresponded to an averaged value of 3.5 mm day<sup>-1</sup>. The mean crop coefficients based on evapotranspiration ( $K_c$ ) and on transpiration ( $K_{cb}$ ) were 0.87 and 0.68, respectively. The averaged depleted fraction ( $DF$ ) was 0,80, while for the crop water deficit indicator (CWD) it was in 118 mm, representing in general a good irrigation performance. The crop water productivity ( $CWP$ ) was 4.5, 3.4 and 5.0 kg m<sup>-3</sup>, when based on irrigation, evapotranspiration and transpiration, respectively, with corresponding economic values of 4.60, 3.50 and 5.20 US\$ m<sup>-3</sup>, what indicated a good gross income with irrigated mango crop in the semi arid region of Brazil.

**KEYWORDS:** Mango, evapotranspiration, water productivity

**INTRODUÇÃO:** A cultura da mangueira é uma das mais importantes fruteiras para os mercados local e externo no Nordeste brasileiro. O conhecimento das interações entre a irrigação, o consumo hídrico e a produção de frutos são essenciais para a adoção de boas práticas no manejo racional dos recursos hídricos. O conceito de produtividade de água apresenta vários pontos de vista, sendo os mais comuns a relação da produção com a quantidade da água aplicada ou consumida. Os indicadores de desempenho descrevem o comportamento hidrológico dos sistemas de irrigação (Bos et al., 2005), e para o acesso desse desempenho, torna-se necessária a obtenção da evapotranspiração ao longo do ciclo de produção. Experimentalmente, este parâmetro é difícil de ser obtido na cultura da mangueira pelo método do balanço hídrico no solo (Rana et al., 2005), ou através da separação da transpiração e evaporação do solo (Yunusa et al., 2004; Testi et al., 2006), sendo os métodos micrometeorológicos considerados os mais precisos (Azevedo et al., 2003; Vilalobos et al., 2004; Yunusa et al., 2004; Rana et al., 2005; Paço et al., 2006; Testi et al., 2006). Buscando subsidiar recomendações estratégicas e racionais para o manejo da irrigação, os objetivos desse estudo na cultura da mangueira foram a obtenção da evapotranspiração para a avaliação do desempenho de irrigação na cultura da mangueira no semi-árido do Nordeste do Brasil.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi conduzido de 2003 a 2005, em um pomar de mangueira. A cultura está localizada na fazenda Fruitfort, na cidade de Petrolina, Lat. 09°22'S, Long. 40°34'O, Pernambuco, Brasil. A variedade é a *Tommy Atkins*, com 18 anos de idade (em 2003), espaçamento 10m x 10m, irrigada por micro aspersão em uma área de 11,92 ha. O solo é classificado com Latossolo Vermelho-Amarelo, arenoso com um lençol freático a 2,5m de profundidade. O estudo envolveu dois ciclos de produção (2003-2004 e 2004-2005). O sistema das correlações turbulentas foi usado para a partição dos fluxos de calor sensível ( $H$ ) e latente ( $\lambda E$ ), os quais foram medidos com um anemômetro tridimensional (Modelo CSAT3, Campbell Scientific) um higrômetro de gás (Modelo KH20, Campbell Scientific), respectivamente (Stull, 1988). O saldo de radiação ( $R_n$ ) foi obtido com um saldo radiômetro acima da copa (Modelo NR-Lite, Kipp & Zonnen) e o fluxo de calor no solo ( $G$ ) com dois fluxímetros de solo (Modelo HFT3-L, REBS). A evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) foi calculada de acordo com as recomendações de Allen et al. (1998), com a utilização de dados agro meteorológicos de uma estação ao lado do pomar. Uma curva do coeficiente de cultura baseado na evapotranspiração ( $K_c = ET/ET_0$ ) foi obtida ao longo dos ciclos de produção e os limites superiores desta foram usados para a obtenção da evapotranspiração potencial ( $ET_p$ ), enquanto que os inferiores foram considerados aqueles baseados na transpiração ( $K_{cb}$ ). Para a evaporação do solo os coeficientes ( $K_e$ ) foram considerados como a diferença entre  $K_c$  e  $K_{cb}$ . Então a transpiração ( $T$ ) e a evaporação do solo ( $E$ ) foram obtidos:

$$T = K_{cb} ET_0 \quad (1)$$

$$E = K_e ET_0 \quad (2)$$

A umidade do solo foi monitorada semanalmente com tensiômetros nas profundidades de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 cm, consideradas dentro da zona efetiva das raízes da mangueira nas condições locais. Como indicadores hídricos foram usados a fração de depleção ( $FD$ ), o déficit hídrico ( $DH$ ) e a produtividade de água ( $PA$ ) baseada na irrigação ( $IRR$ ), na evapotranspiração ( $ET$ ) e na transpiração ( $T$ ) (Bos et al., 2005):

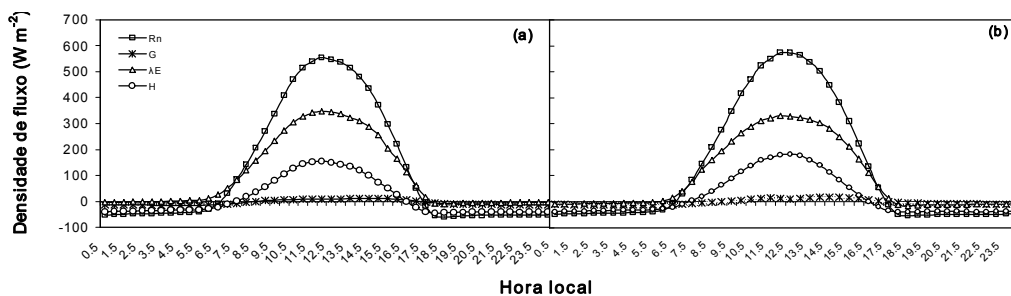
$$FD = \frac{ET}{W_I + P} \quad (3)$$

$$DH = ET_p - ET \quad (4)$$

$$PA_{I,ET,T} = \frac{Y_{at}}{W_{ET,T,I}} \quad (5)$$

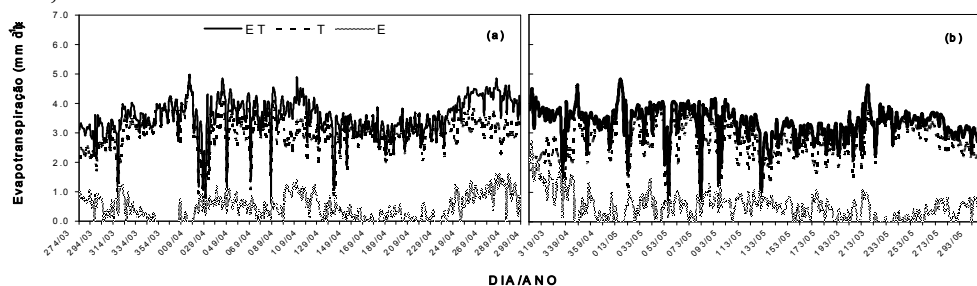
Onde  $P$  é a precipitação pluviométrica;  $W_I$  é a água aplicada via irrigação;  $W_{ET}$  e  $W_T$  são os fluxos de água pela evapotranspiração e transpiração, respectivamente; e  $Y_{at}$  é a produção atual. Como indicadores econômicos, os índices usados foram os valores brutos da produção sobre a irrigação ( $PA_{I,I}$ ) e sobre a evapotranspiração ( $PA_{I,ET}$ ) ou transpiração ( $PA_{I,T}$ ).

**RESULTADOS AND DISCUSSÃO:** As Figuras 1a e 1b mostram a tendência diurna dos componentes do balanço de energia para o pomar de mangueira, durante o primeiro (a) e o segundo (b) ciclos produtivos. A maior parte de  $R_n$  foi usada em  $\lambda E$ , que representou em média 82% e 73% da energia disponível no primeiro e no segundo ciclos de produção, respectivamente, com valores correspondentes para a fração evaporativa ( $EF = \lambda E/R_n - G$ ) de 0,79 e 0,73.



**Figura 1.** Médias diárias para os componentes do balanço de energia na cultura da mangueira durante os ciclos produtivos de 2003-2004 (a) e 2004-2005 (b) em Petrolina-PE, Brasil:  $R_n$  - Saldo de radiação;  $H$  - Fluxo de calor sensível;  $G$  - fluxo de calor no solo.

A grande área foliar da cultura da mangueira (Azevedo et al., 2003), conjuntamente com a irrigação diária por micro aspersão promoveram baixas taxas de  $G$ , com médias em torno de 5% de  $R_n$ . Lopes et al. (2001), também encontraram altos valores para  $\lambda E$  e baixos para  $G$  (menores que 7% de  $R_n$ ). A Figura 2 mostra a variação estacional dos valores diários da  $ET$ ,  $T$  e  $E$ . Estes fluxos foram maiores de Outubro (2003) a Março (2004) e de Agosto a Novembro de 2004 no primeiro ciclo (Figura 2a), enquanto no segundo, os picos ocorreram de Janeiro a Abril e de Agosto a Novembro de 2005 (Figura 2b). Os valores diários de  $ET$  estiveram em torno de 3,5 mm dia<sup>-1</sup>.



**Figura 2.** Variação estacional dos valores diários dos fluxos de água na cultura da mangueira em Petrolina-PE, Brasil: *ET*- Evapotranspiração; *T*- Transpiração; *E*- Evaporação do solo.

Os valores de consumo hídrico nesse estudo foram menores do que os reportados por Azevedo et al. (2003) para a mesma variedade, entretanto, com relação a outros pomares, foram maiores do que para citrus (Paço et al., 2006) e menores do que para pêra (Rana et al, 2005). Os mais elevados valores de  $K_c$  ocorreram entre o dia Juliano (*DJ*) 30 a 170 para ambos os ciclos produtivos chegando a 1,25 no período, coincidindo com a estação chuvosa e os estágios entre as fases de maturação dos ramos e florescimento. Os mínimos ocorreram durante a transição da prévia pós-colheita ao estágio de crescimento vegetativo. Os valores médios de  $K_c$ ,  $K_{cb}$  e  $K_e$  foram 0,87, 0,68 e 0,20, respectivamente. Nossos valores de  $K_c$  são maiores que os reportados por Azevedo et al. (2003), que esteve em torno de 0,71 durante as fases do florescimento a maturação dos frutos. Os valores máximos encontrados para citrus por Rana et al. (2005) foram em torno de 1,2, similar aos nossos resultados para a cultura da mangueira, enquanto Paço et al. (2006) encontraram variação de 0,4 a 0,6 para pomares de pêra. As principais razões estas diferenças podem ser atribuídas a diferentes espécies, variedades, condições climáticas, tipos de solo, sistemas e frequência de irrigação, manejo cultural, métodos usados na determinação da evapotranspiração e ainda a densidade de plantas que afetam a cobertura do solo. Os indicadores hídricos para desempenho de irrigação estão apresentados na Tabela 1, enquanto que os de produtividade de água estão na Tabela 2.

**Tabela 1.**

Evapotranspirações atual (*ET*) e potencial (*ET<sub>p</sub>*), déficit hídrico (*DH*), Precipitação pluvial (*PREC*), Irrigação (*IRR*)

| <i>Ciclo</i><br><i>Produtivo</i> | <i>ET</i><br>(mm) | <i>ETP</i><br>(mm) | <i>DH</i><br>(mm) | <i>PREC</i><br>(mm) | <i>IRR</i><br>(mm) | <i>FD</i> |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------|-----------|
| <b>CP1</b>                       | 1363,80           | 1450,68            | 86,89             | 886,97              | 873,54             | 0,77      |
| <b>CP2</b>                       | 1234,83           | 1383,69            | 148,86            | 380,48              | 1125,61            | 0,82      |

Estes indicadores mostram a presença de uma falha entre a demanda e o suprimento hídricos a qual foi mais pronunciada no primeiro ciclo produtivo. Pequenas taxas de déficit hídrico ocorreram durante o período entre a maturação dos frutos e o florescimento. A diferença entre os indicadores hídricos entre os ciclos vegetativos pode ter contribuído para a diferença nos valores de produtividade de água entre os dois ciclos produtivos (Tabela 2)

**Tabela 2.**

Valores físicos ( $\text{kg m}^{-3}$ ) e econômicos ( $\text{US\$ m}^{-3}$ ) da produtividade de água baseado na irrigação (*IRR*), na evapotranspiração (*ET*) e na transpiração (*T*) para a cultura da mangueira em Petrolina-PE, Brasil.

| <i>Ciclo</i><br><i>Produtivo</i> | $PA_I$<br>( $\text{Kg m}^{-3}$ ) | $PA_{ET}$<br>( $\text{Kg m}^{-3}$ ) | $PA_T$<br>( $\text{Kg m}^{-3}$ ) | $PA\$_I$<br>( $\text{US\$ m}^{-3}$ ) | $PA\$_{ET}$<br>( $\text{US\$ m}^{-3}$ ) | $PA\$_T$<br>( $\text{US\$ m}^{-3}$ ) |
|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------------|
| <b>CP1</b>                       | 4,76                             | 3,05                                | 4,18                             | 4,86                                 | 3,11                                    | 4,26                                 |
| <b>CP2</b>                       | 4,30                             | 3,92                                | 6,43                             | 4,39                                 | 4,00                                    | 6,56                                 |

As produções de manga foram de 495,79 e 576,99 toneladas para o primeiro e segundo ciclo produtivo, representando uma produtividade de 41592,81 e 48405,34  $\text{kg ha}^{-1}$ , respectivamente. Os valores correspondentes de  $PA_I$  foram de 4,76 e 4,30  $\text{kg m}^{-3}$  e os de  $PA_{ET}$  foram de 3,05 e 3,92  $\text{kg m}^{-3}$ . Quando a produtividade de água foi analisada com base na transpiração ( $PA_T$ ), estes resultados foram 4,18 e 6,43  $\text{kg m}^{-3}$ . A produção total resultou em um lucro bruto de US\$ 505702,02 e US\$ 588531,49 no que proporcionou para o primeiro e segundo semestre, respectivamente,  $PA\$_I$  de US\$4,86  $\text{m}^{-3}$  e US\$4,39  $\text{m}^{-3}$ ,  $PA\$_{ET}$  de US\$3,11

$\text{m}^{-3}$  e US\$4,00  $\text{m}^{-3}$  e  $PA_{ST}$  de \$2.26  $\text{m}^{-3}$  e US\$6.56  $\text{m}^{-3}$ . Yunusa et al (1997) encontraram valores de  $PA_{ET}$  e  $PA_T$  de 1,33 e 4,05  $\text{kg m}^{-3}$  e de 8.40 and 21.11  $\text{kg m}^{-3}$  para dois ciclos produtivos na cultura da videira. O valor baseado em  $ET$  para o segundo ciclo foi similar aos da cultura da mangueira no presente estudo, porém muito maiores quando baseados na transpiração, evidenciando a influência do sistema de irrigação por gotejamento que favorece o consumo benéfico pelas plantas com uma menor quantidade de água sendo perdida pela evaporação direta do solo.

**CONCLUSÕES:** Modelos diários e estacionais de variáveis hídricas foram determinados para a cultura da mangueira irrigada sob condições semi-áridas do Nordeste brasileiro. Estes resultados são importantes tanto para o manejo de água quanto para o dimensionamento dos sistemas de irrigação, bem como para análises de produtividade de água e desempenho de irrigação. Os coeficientes hídricos abrangem todos os estágios da cultura para diferentes regimes pluviométricos e apesar de alguma natureza empírica estes indicadores demonstram uma forte aplicação na avaliação de impacto nos recursos naturais. O uso destes resultados conjuntamente com dados provenientes de estações agro meteorológicas são de grande utilidade ainda para a extrapolação de escala pontual para regional.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, Italy, 300 pp.
- Azevedo, P. V., Silva, B. B., da Silva, V. P. R. 2003. Water requirements of irrigated mango orchards in northeast Brasil. *Agric. Water Manage.* 58. 241-254.
- Bos, M.G., Burton, M. A., Molden, D. J. Performance indicators for Irrigation and Drainage. Irrigation and drainage performance assessment. Practical guidelines. Cabi Publishing. 2005. 26-61.
- Lopes, P. M. O., Silva, B. B. da, Azevedo, P. V. de, Silva, V. P. R da, Teixeira, A. H. C., Soares, J. M., Sobrinho, J. E. 2001. Balanço de energia num pomar de mangueiras irrigado. *Rev. Brás. de Agrometeorol.* 9, 1-8.
- Paço, T. A., Ferreira, M. I., Conceição, N., 2006. Peach orchard evapotranspiration in a sandy soil: Comparison between eddy covariance measurements and estimates by the FAO 56 approach. *Agric. Water Manage.* In press.
- Rana, G., Katerji, N., Lorenza, F. de. 2005. Measuring and modeling of evapotranspiration of irrigated citrus orchard under Mediterranean conditions. *Agric. For. Meteorol.* 128, 199-209.
- Stull, R. B. An Introduction to Boundary Layer Meteorology. Ed. Kluwer Academic Publishers, Boston, 1988.
- Testi, L., Orgaz F., Villalobos F. J. 2006. Variations in bulk canopy conductance of an irrigated olive (*Olea europaea L.*) orchard. *Env. Exp. Bot.* 55, 15-28.
- Villalobos F. J., Testi, L., Rizzalli, R., Orgaz, F., 2004. Evapotranspiration and crop coefficients of irrigated garlic (*Allium sativum L.*) in a semi-arid climate. *Agric. Water Manage.*, 64, 233-249.
- Yunusa, I. A. M., Walker, R. R., LU, P. 2004. Evapotranspiration components from energy balance, sapflow and microlysimetry techniques for an irrigated vineyard in inland Australia. *Agric. and For. Meteorol.* 127, 93-107.