

## EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO DE ENERGIA SOLAR PARA AVALIAÇÃO DA TRANSPIRAÇÃO EM CITROS

Nilson Augusto Villa Nova<sup>1</sup>; André Belmont Pereira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eng. Agrônomo, Prof. Associado, Dep. de Ciências Exatas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP, Fone: (0xx19) 34294283, [navnova@esalq.usp.br](mailto:navnova@esalq.usp.br)

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, Prof. Associado, Dep. de Agronomia, UEPG, Ponta Grossa – PR

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

**RESUMO** - O método proposto neste estudo pretende facilitar o cálculo do volume de água necessário para uma irrigação com mínimo desperdício em pomares cítricos, utilizando-se apenas de dados usualmente disponíveis, tais como área foliar e densidade de fluxo de radiação solar global. Considerando-se que a irrigação localizada consome bem menos água do que o sistema de aspersão, e que a outorga de água para irrigação está cada vez mais limitada, tal estudo vem a ser certamente de grande importância para assegurar a auto-sustentabilidade da agricultura irrigada, especialmente em regiões áridas e semi-áridas. Utilizamos neste trabalho para desenvolvimento da metodologia proposta, dados de fluxo de seiva determinados através do método de fluxo de calor, em um pomar de lima ácida Tahiti com área foliar de 48 e 99 m<sup>2</sup>, respectivamente. Os resultados obtidos indicaram que a metodologia proposta baseada na habilidade das plantas em converter energia solar fixada em água transpirada mostrou-se viável para avaliar a lâmina de irrigação de plantas cítricas na localidade estudada.

**PALAVRAS-CHAVE:** energia solar, transpiração, estimativa, plantas cítricas.

## SOLAR ENERGY CONVERSION EFFICIENCY FOR ASSESSING THE TRANSPIRATION IN CITRUS TREES

**ABSTRACT** – The current methodology aims at easing the calculation of the amount of water necessary for irrigation scheduling with the minimal loss in citrus trees population by means of only usual available data, such as leaf area and global solar radiation flux density. Taking into account that the localized irrigation system takes up far less water than sprinkler systems and also that the grant of water for irrigation is becoming more and more limited, such a work certainly comes to being of great importance to assure the sustainability of the irrigated agriculture at a given site, especially in arid and semiarid regions. For the development of the proposed methodology a data set of sap flux determined by the heat flux approach in a citrus orchard, cultivar Tahiti with a leaf area of 48 and 99 m<sup>2</sup>, respectively, was used herein. The obtained

results revealed that it is rather feasible to estimate the amount of irrigation water throughout the whole citrus trees cycle by means of the criterion based on the physiological variable input, which expresses the ability of the plant to converting solar energy into water taken up in the transpiration process at the site in study.

**KEYWORDS:** solar energy, transpiration, estimation, citric plants.

## 1. INTRODUÇÃO

O aporte de água para as plantas cítricas é necessário para assegurar a floração, o pegamento e o crescimento dos frutos. As plantas cítricas apresentam uma capacidade de conservação de água devido à elevada resistência estomática e à cerosidade das folhas. Quando ocorre mudança nas condições ambientais em termos de radiação líquida e das diferenças entre a pressão de vapor nas folhas e no ar, a planta responde aumentando a resistência estomática.

No Estado de São Paulo, o consumo de água aproxima-se de 3 mm dia<sup>-1</sup> em pomares irrigados e de 1,5 mm dia<sup>-1</sup> naqueles não irrigados (VIEIRA, 1991). Os dados de diferentes regiões do mundo mostram que o consumo hídrico dos citros no período de inverno é de 1,5 mm dia<sup>-1</sup> e no período de verão é de 3,2 a 4,7 mm dia<sup>-1</sup> (BOMAN, 1996). A transpiração de árvores de lima ácida Tahiti estimada pelo método do balanço de calor nas condições climáticas de Piracicaba, SP, foi em média de 90 l planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> no verão e de 36 l planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> no inverno, considerando-se plantas com área foliar total de 90 m<sup>2</sup> (MARIN et al., 2002).

Face ao exposto, o presente trabalho teve por objetivo propor um método de cálculo do volume de água necessário para uma irrigação com mínimo desperdício em pomares de árvores de lima ácida Tahiti, cultivadas durante o período de verão no município de Piracicaba, SP, considerando-se a área foliar da planta e a densidade de fluxo de radiação solar global.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Concepção da metodologia proposta

Define-se como eficiência de conversão de energia solar de um dossel (no caso em particular, árvores de citros) a relação entre a energia utilizada pela árvore no processo da transpiração e a energia líquida disponível interceptada pela mesma em um período diurno, ou seja:

$$\varepsilon = \frac{TM \times 2,45}{A_r \times Q_g} \quad (1)$$

Na equação (1) os termos significam:  $\varepsilon$  = eficiência de conversão de energia solar (adimensional); TM = transpiração medida ao longo de um dia (litros

árvore<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), convertida em energia (2,45 MJ litro<sup>-1</sup>);  $A_f$  = área foliar total da árvore (m<sup>2</sup>);  $Q_g$  = irradiância solar global incidente no período (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>).

Assim sendo, a eficiência de conversão de energia solar ( $\epsilon$ ) utilizada pelas plantas cítricas durante o processo transpiratório é um número adimensional que representa o quanto da energia solar incidente é efetivamente transformada em transpiração (calor latente de vaporização).

## 2.2. Considerações sobre eficiência de conversão de energia solar ( $\epsilon$ )

Como era previsível, a eficiência de conversão de energia solar ( $\epsilon$ ) varia em função das condições climáticas locais. A resposta para esta variação depende da demanda evaporativa da atmosfera representada fundamentalmente pela energia solar disponível. Sabe-se que quando a demanda atmosférica aumenta, gerando desequilíbrio entre a tomada de água pelas raízes e a taxa de perda de água pelas plantas, os estômatos tendem a fechar, restringindo os fluxos de transpiração e de assimilação de CO<sub>2</sub> no processo fotossintético da comunidade vegetal.

Assim sendo, procurou-se estudar neste trabalho qual a relação de dependência entre o parâmetro eficiência de conversão de energia solar ( $\epsilon$ ) de árvores de citros cultivadas sob as condições climáticas de Piracicaba, SP, e a densidade de fluxo de radiação solar global diária ( $Q_g$ ). Para tanto, um estudo de regressão linear simples entre estas duas variáveis foi proposto, utilizando-se um conjunto de dados para obtenção do modelo de regressão e uma outra série independente de dados para validação da metodologia desenvolvida para avaliação do consumo hídrico de plantas cítricas na região considerada.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Dados utilizados

Os dados utilizados neste trabalho foram aqueles obtidos por MARIN (2000), em árvores de citros com uma superfície foliar de 99 a 48 m<sup>2</sup>, considerando o espaçamento de 8,0 x 5,0m, e plantio efetuado no início de janeiro de 2000 (estação chuvosa). Esta condição nos permitiu admitir que o déficit de água no solo não limitou o fluxo de transpiração a ponto de afetar a taxa de assimilação de dióxido de carbono atmosférico dentro de um ótimo de eficiência fisiológica, embora o pomar tivesse sido irrigado durante toda estação de crescimento na localidade estudada.

### 3.2. Determinação da correlação entre $\epsilon$ e $Q_g$

Obteve-se a seguinte relação de dependência entre  $\epsilon$  e  $Q_g$ , expressa graficamente pela Figura 1:

$$\begin{aligned}\epsilon &= 0,2284 - 0,0045Q_g \\ R^2 &= 0,9073\end{aligned}\tag{2}$$

### 3.3. Equação de estimativa da transpiração calculada (TC)

A transpiração calculada (TC), obtida em função da eficiência de conversão de energia solar ( $\epsilon$ ) estimada, foi assim definida:

Rearranjando os termos da equação (1), teremos:

$$TC = \varepsilon \frac{A_f Q_g}{2,45} \quad (3)$$

Substituindo (2) em (3), obtém-se:

$$TC = (0,2284 - 0,0045Q_g) \frac{A_f Q_g}{2,45} \quad (4)$$

Na equação (4) os termos significam: TC = transpiração (fluxo de seiva) calculada, (litros árvore<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>); A<sub>f</sub> = área foliar (m<sup>2</sup> folha árvore<sup>-1</sup>); Q<sub>g</sub> = densidade de fluxo de radiação solar global (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>).

Na Figura 2 é demonstrado o comportamento da relação entre a transpiração medida pelo método do fluxo de calor e a transpiração calculada pela equação 4, cujo valor do coeficiente de determinação foi de 0,9627.

#### 4. CONCLUSÕES

A transpiração de plantas cítricas na localidade estudada pode ser estimada com alta precisão a partir da área foliar e da irradiância solar global. O único dado meteorológico requerido é medido em postos de observação de superfície e é de conhecimento regional, o que torna o método proposto bastante viável tanto para condução de irrigação, como para avaliações preliminares de projeto. A eficiência de conversão de energia solar não dependeu do tamanho da área foliar, ou seja, da transpiração por unidade de área foliar, a qual para o mesmo nível de energia praticamente não variou com a variação da área foliar.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOMAN, B. Citrus: understanding its irrigation requirements. **Irrigation Journal**, v.16, n.2, p.8-11, 1996.
- MARIN, F.R. **Evapotranspiração, transpiração e balanço de energia em pomar de lima ácida 'Tahiti'**. Piracicaba, 2000, 73 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Universidade de São Paulo.
- MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SENTELHAS, P.C. Balanço de energia e consumo hídrico em pomar de lima ácida 'Tahiti'. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, n.2, p.219-228, 2002.
- VIEIRA, D.G. Irrigação de citros. In: Rodrigues, O.; Viegas, F.; Pomeu Junior, J.; Amaro, A.A. **Citricultura brasileira**, 2<sup>a</sup> ed. Campinas, Fundação Cargill, 1991, p.519-541.

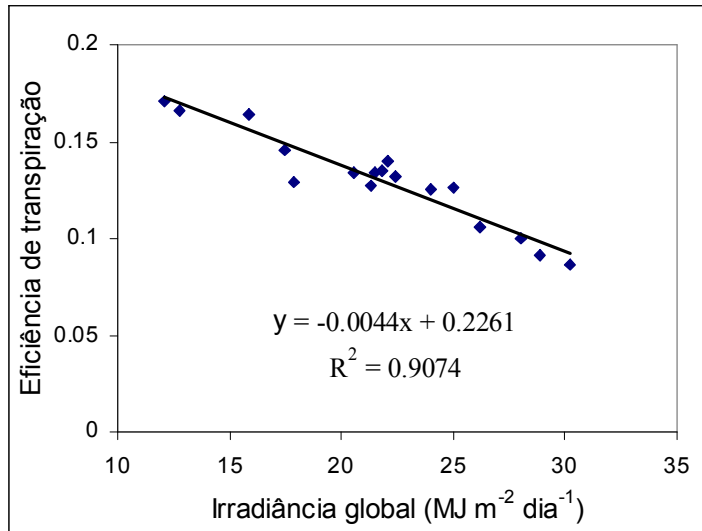


Figura 1 – Relação de dependência entre eficiência de conversão de energia solar e a densidade de fluxo de radiação solar global.

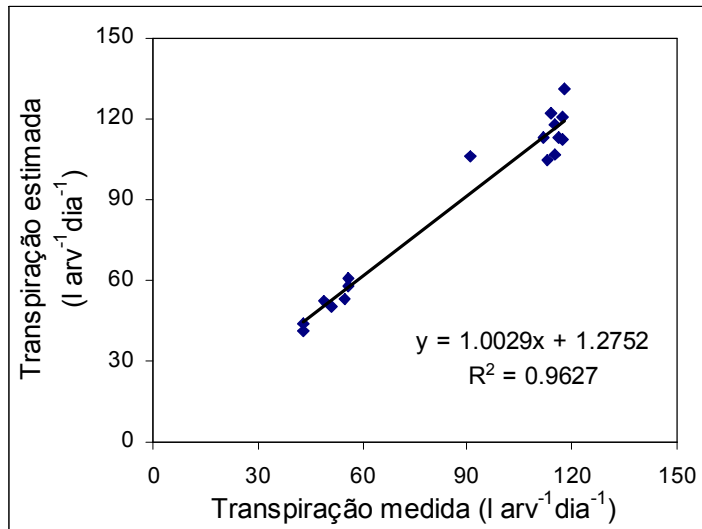


Figura 2 – Relação de dependência entre a transpiração estimada pelo método proposto e a transpiração medida de plantas cítricas, em litros por árvore por dia, considerando-se uma série independente de dados coletados em Piracicaba, SP.