

# ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DIÁRIA UTILIZANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL

CARLOS A. C. DOS SANTOS<sup>1</sup>, BERGSON G. BEZERRA<sup>1</sup>, BERNARDO B. DA SILVA<sup>2</sup>, SAULO T. A. DA SILVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aluno Doutorado em Meteorologia, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas - UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande-PB, fone: (83) 33101054, email: [carlostorm@gmail.com](mailto:carlostorm@gmail.com)

<sup>2</sup> Professor Adjunto IV, UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande-PB.

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

**RESUMO:** Neste estudo foi estimada a evapotranspiração diária (ET) de um pomar de bananeiras irrigadas e áreas adjacentes através de dados de sensoriamento remoto orbital, utilizando o algoritmo S-SEBI e imagens Landsat 5-TM. A cultura aqui em questão apresentou valores de ET entre 6,0 e 7,0 mm dia<sup>-1</sup>, correspondendo assim, a um coeficiente de cultura, Kc, em torno de 1,0, uma vez que a evapotranspiração de referência do dia estudados foi da ordem de 6,9 mm dia<sup>-1</sup>. Dessa forma, fica evidente a eficiência do S-SEBI quando aplicado a imagens de alta resolução na estimativa da ET.

**PALAVRAS-CHAVES:** evapotranspiração, S-SEBI, banana.

## ESTIMATION OF THE EVAPOTRANSPIRATION DAILY USING ORBITAL REMOTE SENSING TECHNIQUES

**ABSTRACT:** In this study the daily evapotranspiration was estimated (ET) of an orchard of irrigated banana trees and adjacent areas through data of orbital remote sensing using the algorithm S-SEBI and images Landsat 5-TM. The culture here in subject it presented values of ET between 6,0 and 7,0 mm day<sup>-1</sup>, corresponding like this, the a culture coefficient, Kc, around 1,0, once the evapotranspiration of reference of the day studied it was of the order of 6,9 mm day<sup>-1</sup>. In that way, it is evident the efficiency of S-SEBI when applied to images of high resolution in the estimate of ET.

**KEYWORDS:** evapotranspiration, S-SEBI, banana.

**INTRODUÇÃO:** A quantificação da evapotranspiração (ET) é de suma importância para a modelagem hidrológica e meteorológica e principalmente em atividade que envolva manejo de água, como gestão de bacias hidrográficas e agricultura irrigada. Na atividade agrícola a estimativa da ET é uma informação importante, pois, a aplicação de lâminas de irrigação compatível com as necessidades hídricas das culturas é um fator determinante no rendimento da cultura (Varejão-Silva, 2002). Nesse sentido, a estimativa da ET a partir de técnicas de sensoriamento remoto orbital se torna mais útil, pois, ao contrário dos métodos clássicos (razão de Bowen, método das correlações turbulentas, balanço hídrico no solo e as medidas diretas através de lisímetros, que propiciam estimativas e/ou medidas pontuais), é capaz de apresentar a sua distribuição espacial. Os principais métodos que estimam ET com base em

---

<sup>1</sup> Aluno Doutorado em Meteorologia, UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande-PB.

<sup>2</sup> Professor Adjunto IV, UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande-PB.

dados orbitais são: SEBAL, (Bastiaanssen, 1995); SEBS (Jia et al., 2003), TSEB (Norman et al., 1995) e o S-SEBI (Roerink et al., 2000).

Dentre esses modelos, o S-SEBI (Simplified Surface Energy Balance Index) se apresenta como o caminho mais simples para se obter a fração evaporativa e o balanço de energia a superfície sem a necessidade de dados adicionais. Diante do exposto este artigo tem por objetivo estimar a ET diária para um pomar de bananas (*Musa ssp.*) irrigadas utilizando imagens Landsat 5-TM e o algoritmo S-SEBI.

**MATERIAIS E MÉTODOS:** O estudo foi realizado sobre um pomar de banana irrigada com área aproximada de 250 ha na Fazenda Frutacor, localizado no município de Quixeré-CE, as margens da rodovia CE 377, Km 23, que liga a divisa dos estados do Rio Grande de Norte/Ceará a cidade de Limoeiro do Norte-CE (ver **Figura 1**). O cultivo é realizado em parcelas de 250 m x 200 m e irrigado com lâminas diárias de 7,0 mm.



**Figura 1:** Imagem aérea com destaque para a área experimental na Fazenda Frutacor, Quixeré – CE.

No presente estudo utilizou-se uma imagem Landsat 5-TM do dia 28/01/2006.

O cálculo do  $Rn$  foi obtido utilizando-se o algoritmo S-SEBI através da seguinte equação:

$$Rn = (1 - \alpha)R_{s\downarrow} + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1 - \varepsilon_0)R_{L\downarrow} \quad (1)$$

onde  $\alpha$  é albedo da superfície,  $R_{L\uparrow}$  é a radiação de onda longa (termal) emitida pela superfície,  $\varepsilon_0$  é a emissividade da superfície, todos obtidos pixel a pixel a partir das imagens Landsat 5-TM,  $R_{s\downarrow}$  é a radiação de onda curta incidente, estimada com base na constante solar, no ângulo de incidência solar e na transmissividade atmosférica e  $R_{L\downarrow}$  é a radiação de onda longa incidente, estimada pela equação de Stefan-Boltzmann com base na temperatura do ar no instante da passagem do satélite (ver Weligepolage, 2005, para detalhes).

O fluxo de calor no solo ( $G$ ) foi derivado mediante a equação 2 (Bastiaanssen, 2000):

$$G = \left[ Ts / \alpha (0,0038 \cdot \alpha + 0,0074 \cdot \alpha^2) (1 - 0,98 \cdot NDVI^4) \right] R_n \quad (2)$$

O cálculo da fração evaporativa para cada pixel com reflectância  $\alpha_0$  e temperatura  $T_0$  foi obtido determinando-se as reflectâncias dependentes das temperaturas  $T_{LE}$  e  $T_H$  (Roerink et al., 2000). Na distribuição espacial de  $\alpha_0$  versus  $T_0$  é possível reconhecer o limite inferior, onde o fluxo de calor latente é máximo  $LE_{max}(\alpha_0)$  e, o limite superior, onde o fluxo de calor sensível máximo  $H_{max}(\alpha_0)$ . A equação linear que representa esses limites pode ser escrita como:

$$T_H = a_H + b_H \alpha_0 \quad (3)$$

$$T_{LE} = a_{LE} + b_{LE} \alpha_0 \quad (4)$$

As variáveis de regressão  $a$  e  $b$  são locais e temporais.

A fração evaporativa ( $\Lambda$ ) foi calculada através da equação 5:

$$\Lambda = \frac{a_H + b_H \alpha_0 - T_0}{a_H - a_{LE} + (b_H - b_{LE}) \alpha_0} \quad (5)$$

Após a determinação de  $\Lambda$ , os fluxos de calor sensível e latente foram calculados:

$$LE = \Lambda(R_N - G) \quad (6)$$

$$H = (1 - \Lambda)(R_N - G) \quad (7)$$

Para o cálculo da evapotranspiração real diária foi utilizada seguinte expressão:

$$ET_H = 3600 \cdot LE/L \quad (8)$$

onde  $ET_H$  é a evapotranspiração horária, dada pela razão entre o fluxo de calor latente,  $LE$ , obtido pela equação 6 e o calor latente de vaporização da água ( $L = 2,45 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$ ), multiplicada por 3600, que é um fator de conversão de valor instantâneo para valor horário, conforme equação (Allen et al., 2002, Trezza, 2002):

Em seguida, obteve-se, através da equação abaixo, a fração da evapotranspiração de referência horária,  $FET_{0\_H}$  que de acordo com Trezza (2002) é relativamente constante em todo o período diurno, e pode ser considerada igual a fração de evapotranspiração de referência diária,  $FET_{0\_D}$ .

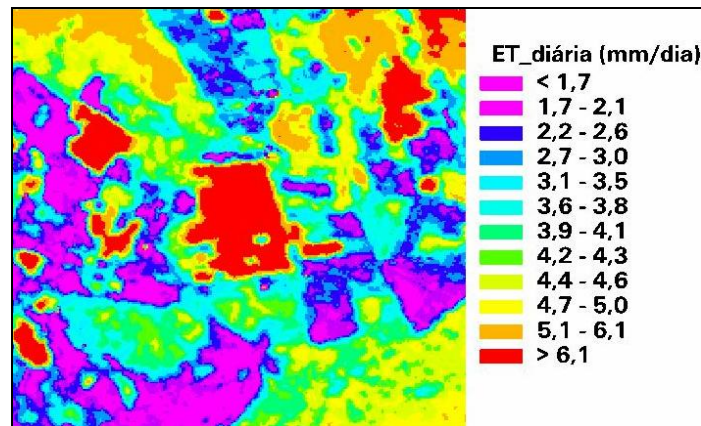
$$FET_{0\_H} = ET_H / ET_{0\_H} = FET_{0\_24} = ET_{24} / ET_{0\_24} \quad (9)$$

onde  $ET_{0\_H}$  e  $ET_{0\_24}$  são as evapotranspiração de referência horária e diária, respectivamente, estimadas pelo método FAO-Penman-Monteith (Allen et al., 1998), com dados coletados por uma estação automática (*T Weather 106 Weather Station, Campbell Scientific, Inc, Logan, Utah, USA*). Dessa forma, a evapotranspiração acumulada diária,  $ET_{24}$ , foi calculada pela equação 10 (Trezza, 2002):

$$ET_{24} = FET_{0\_24} \cdot ET_{0\_24} \quad (10)$$

**RESULTADOS:** No dia estudado foi obtida uma evapotranspiração de referência de 6,9 mm dia<sup>-1</sup>. A **Figura 2** mostra a imagem da ET diária para o dia 28/01/2006 e observa-se que a cultura da banana teve uma ET superior a 6,0 mm dia<sup>-1</sup>, área vermelha no centro da imagem. Dessa forma, a cultura apresentou um coeficiente de cultura,  $K_c$ , em torno de 1,0. De acordo com Doorembos e Kassam (1994) a banana cultivada em regiões de clima tropical apresenta  $K_c$  de 1,0 a 1,1 na fase de floração a colheita, que corresponde a fase na qual se encontrava a cultura na época do experimento. Observa-se ainda que no interior do cultivo duas pequenas áreas apresentaram valores de ET da ordem 4,0 mm dia<sup>-1</sup>. Nessas áreas, o  $K_c$  ficou em torno 0,6 o que representa, ainda de acordo com Doorembos e Kassam (1994), uma área plantada a aproximadamente 5,0 meses.

A alta variabilidade da ET nas áreas adjacentes à Fazenda Frutacor evidencia a acentuada heterogeneidade da cobertura vegetativa da região. As áreas com valores menores que 2,1 mm dia<sup>-1</sup> (cor magenta) correspondem a áreas desprovidas de vegetação ou que estão sendo preparadas para plantio. Já as demais áreas representam terrenos ocupados com culturas na fase final de colheita, áreas de vegetação nativa ou ainda áreas ocupadas com culturas que apresentam baixa cobertura do solo, como a cultura do melão (*Cucumis melo L.*), que é cultivado em larga escala na região.



**Figura 2:** Distribuição espacial da ET diária sobre a Fazenda Frutacor e áreas adjacentes.

**CONCLUSÕES:** O algoritmo S-SEBI mostrou-se uma ferramenta eficiente na estimativa da ET de culturas irrigadas, quando aplicado a imagens de alta resolução. O mesmo apresenta operacionalidade, quando comparado a outros algoritmos, devido ao fato de não necessitar de informações da superfície para o cômputo dos componentes do balanço de energia. Com exceção para o componente  $R_n$ , que necessita da informação da temperatura próximo a superfície, no entanto, estudos têm mostrado que pode ser utilizado a temperatura do pixel frio como uma boa aproximação.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome-Italy, 1998.

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) – Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002a.

BASTIAANSEN, W. G. M. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climate. PhD. Dis., CIP Data Koninklijke Bibliotheek, Den Haag, the Netherlands. 272 p., 1995.

BASTIAANSEN, W. G. M. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hidrology**. V. 229, p. 87-100. 2000.

DOOREMBOS, J., KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande-PB, Editora da Universidade Federal da Paraíba, 1994.

JIA, L., SU, Z., VAN DER HURK, B., MONENTI, M., MOENE, A., DE BRUIM, H. A. R. Estimation of sensible heat flux using the Surface Energy Balance System (SEBS) and ATSR measurements. **Physics and Chemistry of the Earth**. n. 28 (1 – 3), 75-88, 2003.

NORMAM, J. M., KUSTAS, W. P., HUMES, K. S. Two source approach for estimating soil and vegetation energy fluxes in observation of directional radiometric surface temperature. **Agriculture and Forest Meteorology**, n. 77, 263-293, 1995.

ROERINK, G. J.; SU, Z.; MENENTI, M. A Simple Remote Sensing Algorithm to Estimates the Surface Energy Balance. **Physics and Chemistry of the Earth (B)**. n. 25, p. 147-157, 2000.

TREZZA, R. Evapotranspiration using a satellite-based Surface energy balance with Standardized ground control. 247f. Thesis (Doctor of Philosophy in Biological and Agricultural Engineering). Utah State University. Logan, Utah, 2002.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. 2.ed. Brasília-DF: PAX Gráfica e Editora, 2001.

WELIGEPOLAGE, K. Estimation of spatial and temporal distribution of evapotranspiration bay satellite remote sensing – A casa study in Hupselse Beek, The Netherlands, 114p, 2005.