



¹ Agrônomo, Estudante de Pós-graduação (Mestrado) em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande-PB.

² MSc. em Meteorologia, Estudante de Pós-graduação (Doutorado) em Meteorologia, UFCG.

³ Agrônoma, MSc. Estudante de Pós-graduação (Doutorado) em Meteorologia, UFCG.

⁴ Meteorologista, DSc. Professor Associado, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, UFCG.

RESUMO: O principal objetivo deste trabalho foi determinar a evapotranspiração real (ET) diária da cultura do algodão usando o algoritmo SSEB aplicada a imagens Landsat – TM 5. O algoritmo SSEB calcula a ET diária baseada no método do coeficiente de cultivo, K_c , que por sua vez é calculado em função da temperatura da superfície e da temperatura dos pixels quente e frio. Os resultados do SSEB apresentaram boa concordância quando comparado com os resultados observados pela técnica da razão de Bowen com erro percentual médio inferior a 10% e diferença média absoluta, MAD, de 0,5 mm dia⁻¹. Dessa forma, ficou evidente a operacionalidade e praticidade da técnica.

Palavras-Chaves: Coeficiente de cultivo, sensoriamento remoto, evapotranspiração.

ASSESSMENTS OF DAILY ACTUAL EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATE BY SSEB ALGORITHM APPLIED TO LANDSAT – TM 5 IMAGES

ABSTRACT: The main objective of this study was to determine the daily actual evapotranspiration (ET) of the cotton crop by using the SSEB algorithm applied to Landsat TM-5 images. The SSEB algorithm calculates the daily ET based on the crop coefficient method, K_c , which is calculated as a function of surface temperature and hot and cold pixels temperatures. The results of the SSEB showed good agreement when compared with the results observed by the ration Bowen technical with average error percentage less than 10% and mean absolute difference, MAD, 0.5 mm day⁻¹. Thus, it was clear the operational and practicality of the technique.

Key-Words: Crop coefficient, remote sensing, evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

A estimativa da evapotranspiração real (ET) de culturas irrigadas com base em dados de sensoriamento remoto orbital (SRO) é cada vez crescente e inúmeras aplicações têm sido realizadas em diferentes regiões do planeta como nos EUA, Europa, Ásia e Brasil (Allen et al., 2007; Kimura et al., 2007; Sobrino et al., 2007, Bezerra et al., 2007, e Simonneaux et al., 2008).

Normalmente, a ET diária é estimada pelos principais algoritmos a partir do fluxo de calor latente (LE), que é integrado para o período de 24 horas e o método de integração constitui uma particularidade de cada algoritmo. O SEBAL em sua proposta original (Bastiaanssen et al., 1998; Bastiaanssen, 2000) calcula a ET diária com base na fração evaporativa e no saldo de radiação diário. Metodologia similar também é apresentada pelo S-SEBI (Roerink et al., 2000; Sobrino et al., 2007). Esse método apresentou resultados bastante confiáveis (Bastiaanssen, 2000; Roerink et al., 2000; Sobrino, 2007), porém é possível que ocorram superestimativas da ET se no período diário que antecede ou sucede o instante do imageamento, apresente alterações brusca no tempo, como presença de nebulosidade, assim como o efeito advectivo.

Trezza (2002) e Allen et al. (2007a, b) desenvolveram e propuseram uma nova metodologia ao SEBAL baseada no método clássico do coeficiente de cultivo, K_c e a evapotranspiração de referência, ET_0 , proposto pela FAO-56 (Allen et al., 1998). Segundo Trezza (2002) o fato da ET real diária está ligada a ET_0 significa que possíveis alterações bruscas no tempo citadas no parágrafo anterior, sejam contemplados mais eficientemente, pois no cálculo na ET_0 variáveis como a radiação global e a velocidade do vento têm grande relevância.

Senay et al. (2007) desenvolveram e propuseram o SSEB – *Simplified Surface Energy Balance*, que calcula a ET de 24 horas baseada, a exemplo do método de Trezza (2002) e Allen et al. (2007a, b), no coeficiente de cultura, K_c , proposto pela FAO-56 (Allen et al., 1998). No entanto, o SSEB apresenta uma metodologia muito simples para calcular o K_c , baseada exclusivamente na temperatura da superfície e nas temperaturas dos pixels “frio” e “quente”. Os pixels “frio” e “quente” representam áreas com condições extremas de umidade e temperatura. O pixel “quente” deve ser escolhido sobre áreas de solo exposto e o pixel frio sobre área de máxima ET, comumente áreas de cultivos agrícolas irrigados.

O SSEB foi validado nos EUA, onde foi comparado com resultados obtidos pelo METRIC (Allen et al., 2007a, b), que é uma variante do SEBAL, apresentando fortes correlações com R^2 entre 0,94 e 0,99, dependendo do tipo da cultura e da época do ano (Senay et al., 2007). Ainda de acordo com Senay et al. (2007), quando comparado com o SEBAL os

resultados do SSEB apresentaram R^2 entre 0,55 e 0,79. A grande vantagem da aplicação do SSEB é a sua forma bastante simples, dispensando o cálculo do balanço de energia.

Diante do exposto, o presente estudo tem por objetivo avaliar a performance do algoritmo SSEB na estimativa da ET diária, comparando seus dados com observações em campo de algodão irrigado através da razão de Bowen.

MATERIAIS E MÉTODOS

O método SSEB

A ET diária foi calculada pelo SSEB pela Equação 1, que é a forma clássica de obtenção da ET real diária.

$$ET = K_c \cdot ET_0 \quad (\text{Eq.1})$$

em que,

ET_0 é a evapotranspiração de referência diária calculada com dados de estação meteorológica através do método da FAO-56 (Allen et al., 1998).

O método para calcular o coeficiente de cultivo, K_c , é na verdade o cerne do SSEB, que é feito com base na imagem da temperatura da superfície conforme Equação 2 (Senay et al., 2007).

$$K_c = \frac{T_{pq} - T_s}{T_{pq} - T_{pf}} \quad (\text{Eq. 2})$$

em que,

T_{pq} é a média de três pixels quentes presentes na cena estudada, T_{pf} é a média de três pixels frios também da cena estudada e T_s é a imagem da temperatura da superfície, obtida a partir da radiação da banda 6 do Landsat – TM 5, pela equação de Planck invertida (Allen et al., 2002).

Área experimental da Embrapa/Algodão, em Barbalha-CE (7°17'S, 39°16'W).

Os dados da validação foram oriundos de uma campanha experimental sobre a cultura do algodão, utilizando técnica de razão de Bowen.

Quatro imagens Landsat – TM 5 de 29/09, 15 e 31/10 além 16/11 de 2005.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da ET diária da cultura do algodão estimada pelo algoritmo SSEB e os resultados observados em campo pela técnica de razão de Bowen nos dias estudados estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que os resultados do SSEB apresentaram boas concordâncias com os resultados medidos, apresentando diferenças absolutas variando de 0,2 a

0,9 mm dia⁻¹. Verifica-se ainda que o erro percentual em dois dos quatro dias estudados foram inferiores a 4%, bastante similares aos resultados obtidos por Bezerra et al. (2007) utilizando o algoritmo SEBAL também para a cultura do algodão. Nos demais dias, os erros foram um pouco superiores a 10%. Entretanto na análise de todos os dias estudados, verifica-se que a diferença média absoluta – MAD foi de 0,5 mm dia⁻¹ e o erro percentual médio foi da ordem de 9%. Considerando que normalmente as lâminas de irrigação aplicadas são acrescidas da ordem de 10% para lixiviação dos sais no solo em regiões semi-áridas, pode-se afirmar que os resultados são bastante confiáveis.

Tabela 1: Resultados da ET diária da cultura do algodão estimada pelo Algoritmo SSEB e observada em campo pela técnica de razão de Bowen

	OBSERVAÇÕES DE CAMPO (mm dia ⁻¹)	SSEB	DIFERENÇA ABSOLUTA (mm dia ⁻¹)	ERRO RELATIVO (%)	MAD
29/set	4.5	3.9	0.6	13.3	0.5
15/out	5.6	5.4	0.2	3.6	
31/out	5.3	5.1	0.2	3.8	
16/nov	6.2	5.3	0.9	14.5	

CONCLUSÕES

Diante dos resultados, pode-se concluir que o algoritmo SSEB mostrou eficácia na estimativa da ET real diária de cultivos irrigados. Dessa forma, o algoritmo demonstra potencialidade para ser aplicado em escala operacional, dada a sua metodologia de cálculo simplificada.

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 Algorithms for Land) – Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002.
- ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R.. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.133, n.395, p.380-394, 2007a.
- ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; MORSE, A.; TREZZA, R.; WRIGHT, J. L.; BASTIAANSEN, W.; KAMBER, W.; LORITE, I.; ROBISON, C. W. Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration (METRIC) – Applications. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.133, n.4, p.395-406, 2007b.

- BASTIAANSSEN, W. G. M. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hydrology**, v.229, p.87-100, 2000.
- BASTIAANSSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212–213, p.198–212. 1998.
- BEZERRA, B. G.; SILVA, B. B. SANTOS, C. A. C. Estimativa da evapotranspiração da cultura do algodoeiro através de imagens orbitais e do algoritmo SEBAL. In. Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação 1 & Conferência sobre Recursos Hídricos do Semi-Árido Brasileiro 1, Sobral-CE. **Anais...**, Sobral-CE: 2007 (CD-ROM).
- KIMURA, R.; BAI, L.; TAKAYAMA, N.; HINOKIDANI, O. Evapo-transpiration over the river basin of the Loess Plateau of china base on remote sensing. **Journal of Arid Environments**, n. 68, p. 53-65, 2007.
- ROERINK, G. J.; SU, Z.; MENENTI, M. S-SEBI: a simple remote sensing algorithm to estimate the surface energy balance. **Physics and Chemistry of the Earth (B)**, n.25, p.147-157, 2000.
- SENAY, G. B.; BUDDE, M.; VERDIN, J. P.; MELESSE, A. M. A Coupled Remote Sensing and Simplified Surface Energy Balance Approach to Estimate Actual Evapotranspiration from Irrigated Fields. **Sensor**, v.7, p.979-1000, 2007.
- SIMONNEAUX, V.; DUCHEMIN, B.; HELSON, D.; ER-RAKI, S.; OLIOSO, A.; CHEHBOUNI, A. G. The us of high-resolution images time series for crop classification and evapotranspiration estimate over an irrigated area in central Morocco. **International Journal of Remote Sensing**, v.29, n.1, p.95-116, 2008.
- SOBRINO, J. A.; GÓMEZ, M.; JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C.; OLIOSO, A. Application of a simple algorithm to estimate daily evapotranspiration from NOAA-AVHRR images for the Iberian Peninsula. **Remote Sensing of Environment**, v.110, p.139-148, 2007.
- TREZZA, R. Evapotranspiration using a satellite-based Surface energy balance with Standardized ground control. Logan, 2002. 247f. Thesis (Doctor of Philosophy in Biological and Agricultural Engineering). Utah State University.