



II Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação

&
I Simpósio Brasileiro sobre o uso
Múltiplo da Água

10 a 13 de junho de 2008

Fortaleza - CE

BALANÇO DE ENERGIA E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO ALGODOEIRO IRRIGADO UTILIZANDO O ALGORITMO SEBAL E IMAGENS LANDSAT 5-TM¹

Aureo S. de Oliveira², Valéria P. Borges³, Bernardo B. da Silva⁴, Claudia Bloisi V. Sampaio⁵

¹ Trabalho extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor de projeto financiado com apoio do CNPq – Edital 01/2006 Universal

² Prof. Doutor, Núcleo de Engenharia de Água e Solo (NEAS), Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), 44380-000 Cruz das Almas, Bahia. E-mail: aureo@ufrb.edu.br

³ Eng. Agrônoma, Doutoranda em Meteorologia, UFCG, Campina Grande, PB.

⁴ Prof. Doutor, Unidade Acadêmica em Ciências da Atmosfera, UFCG, Campina Grande, PB

⁵ Profa. Doutora, NEAS/UFRB, 44380-000 Cruz das Almas, Bahia.

RESUMO: Esta pesquisa objetivou determinar, por meio do algoritmo SEBAL e imagens Landsat 5-TM, os componentes do balanço de energia e a evapotranspiração (ET) do algodoeiro irrigado na Fazenda Busato (13,25° S; 43,42° W; 436 m anm) município de Bom Jesus da Lapa, Bahia, contendo 25 sistemas pivô central. Seis imagens do período de cultivo (2007-I) foram adquiridas. O saldo de radiação (R_n) e os fluxos de calor sensível (H) e calor no solo (G) foram determinados por meio do algoritmo SEBAL e o fluxo de calor latente (LE) obtido como resíduo da equação do balanço de energia. Na partição do saldo de radiação à superfície no pivô 17 (tomado como exemplo), LE foi sempre superior aos demais componentes (H e G) durante todo o ciclo, alcançando o máximo (90% de R_n) no pico de desenvolvimento da cultura. A ET diária da cultura, segundo o SEBAL, acompanhou igualmente o desenvolvimento da cultura, com valor máximo (6,6 mm) na fase de máxima cobertura vegetal. No geral, os resultados obtidos foram compatíveis com dados reportados na literatura para o algodão irrigado em suas diferentes fases fenológicas.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, fluxos de calor, demanda hídrica

ENERGY BALANCE COMPONENTS AND CROP ET OVER IRRIGATED COTTON FIELDS USING SEBAL AND LANDSAT 5-TM IMAGES

ABSTRACT: This research aimed at determining by means of SEBAL and Landsat 5-TM images, the components of energy balance and evapotranspiration (ET) over center-pivot irrigated cotton fields located in the Busato Farm (13,25° S; 43,42° W; 436 m asl), Bom Jesus da Lapa municipality. Six images within the crop season (2007-I) were used covering all the 25

irrigated cotton pivots of the farm. The net radiation (R_n), the sensible heat (H) and the soil heat flux (G) were determined by using SEBAL while the latent heat flux (LE) was obtained as a residual of the energy balance equation. In the partition of R_n at pivot 17 (taken as example), LE was always higher than H and G over the season, corresponding to 90% of R_n at full soil cover by the crop. The daily crop ET increased with crop development reaching the highest value (6.6 mm) at the maximum crop development stage. Generally, the results obtained in this study are comparable to others discussed in the literature for the irrigated cotton.

Keywords: Remote sensing, heat fluxes, crop water use

INTRODUÇÃO

A produção de algodão irrigado vem crescendo mundialmente (Martin et al., 2007). Na Bahia, o avanço da cotonicultura deve-se principalmente às condições climáticas e à estrutura altamente tecnológica adotada pelos produtores, incluindo o manejo da cultura com irrigação.

A necessidade hídrica de uma cultura é determinada estimando-se a evapotranspiração (ET) e para tal existem diversos métodos. Em grande escala espacial, a utilização de imagens de satélite na determinação das necessidades hídricas das culturas apresenta como vantagem em relação aos métodos pontuais a possibilidade de determinar a evapotranspiração conforme realmente ocorre em campo, englobando todos fatores de planta, solo e atmosfera que a determinam e são bastante variáveis espacialmente.

O algoritmo SEBAL - *Surface Energy Balance Algorithm for Land* (Bastiaansen et al., 1998) objetiva estimar o balanço de radiação e energia da superfície, por meio de imagens orbitais multiespectrais. Pesquisas foram realizadas em vários países, mostrando a consistência e a validade dos dados gerados pelo SEBAL (Morse et al., 2001; Bezerra, 2006; Silva et al., 2005; Costa Filho, 2005). O SEBAL requer poucos dados de superfície e imagens de satélite como elementos de entrada, possibilitando a determinação da temperatura, albedo, índices de vegetação para o cálculo de R_n . O calor latente é obtido como resíduo da equação de R_n , a partir da determinação dos fluxos de calor sensível e de calor no solo.

Este estudo teve por objetivo determinar os componentes do balanço de energia (fluxos não-radiativos) e a evapotranspiração do algodoeiro irrigado por pivô central na sub-bacia do rio Corrente, por meio do algoritmo SEBAL e imagens do Landsat 5-TM.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo (Fazenda Busato) está localizada no município de Bom Jesus da Lapa (13°15'18'' S, 43°25'05'' W, 436 m anm), Bahia. Na época deste estudo (primeiro semestre de 2007), a propriedade possuía 2500 ha de algodão irrigado (cv. Delta Penta e Delta Opal) com água derivada do rio Corrente. O clima da região é do tipo Dda' (semiárido e subúmido a seco) na classificação de Thornthwaite, com estação chuvosa no período primavera-verão (SEI, 1998). As médias anuais de temperatura, precipitação e evapotranspiração potencial são, respectivamente, 25,3°C, 831 mm e 1418 mm.

O plantio do algodão variou de 08/01 no pivô 13 (P13) a 06/03 no P22 e a colheita iniciou em 01/07 no P13 e estendeu-se até 30/08 (P22). O turno de rega era diário em todos os pivôs e a lâmina de irrigação calculada pelo produto ($Kc \cdot ETo$), sendo Kc o coeficiente de cultivo e ETo a ET de referência segundo o método FAO Penman-Monteith (Allen et al., 1998). Dados diários de uma estação meteorológica automática eram utilizados para o manejo da irrigação. A mesma estação forneceu dados para o processamento digital das imagens via SEBAL.

Imagens de dias completamente claros e geradas pelo sensor TM do Landsat 5 (órbita 219 e ponto 69) foram utilizadas para determinação dos componentes do balanço de energia pixel a pixel, nas seguintes datas: 20/07 (dia do ano - DDA 20), 25/03 (DDA 84), 26/04 (DDA 116), 12/05 (DDA 132), 28/05 (DDA 148) e 15/07 (DDA 196). O satélite passa sobre a região às 9:56 h (tempo solar) a cada 16 dias. O processamento digital das imagens foi feito com uso de um *software* comercial seguindo procedimentos apresentados por Allen et al. (2002). O processamento implicou na solução da equação 1:

$$\lambda ET = R_n - G - H \quad (1)$$

onde λET = fluxo de calor latente, R_n = saldo de radiação, G = fluxo de calor no solo, H = fluxo de calor sensível para o ar.

Na equação 1, via SEBAL, R_n é o saldo do balanço de onda curta e onda longa, G é função do NDVI e H depende do gradiente de temperatura do ar, rugosidade da superfície e velocidade do vento. Os passos para a solução da equação 1 seguiram

Allen et al. (2002), incluindo as etapas para escolha dos pixels quente e frio bem como a conversão da ET instantânea em diária.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados aqui discutidos referem-se a um dos pivôs da Fazenda Busato (P17) (Borges, 2008), tomado como exemplo para demonstrar a variação dos componentes do balanço de energia com o ciclo da cultura (Figura 1). O ciclo da cultura do referido pivô esteve totalmente, desde o plantio (17/01) até a colheita (19/07), no intervalo das imagens selecionadas.

O fluxo de calor no solo (G) não apresentou grandes mudanças com o tempo, variando de 7 a 19% de R_n . Durante todo o período, o valor de H variou entre um máximo de 35% de R_n (DDA 20) a um mínimo de 2% de R_n (DDA 116 e 132), resultados semelhantes aos de Bastiaanssen (2000) com percentuais de 12 e 11%, para H e G, respectivamente, em área de algodão adulto irrigado. O fluxo de calor sensível (H) apresentou valores mínimos nos dias de máxima para o fluxo de calor latente (LE), provavelmente devido a efeitos advectivos.

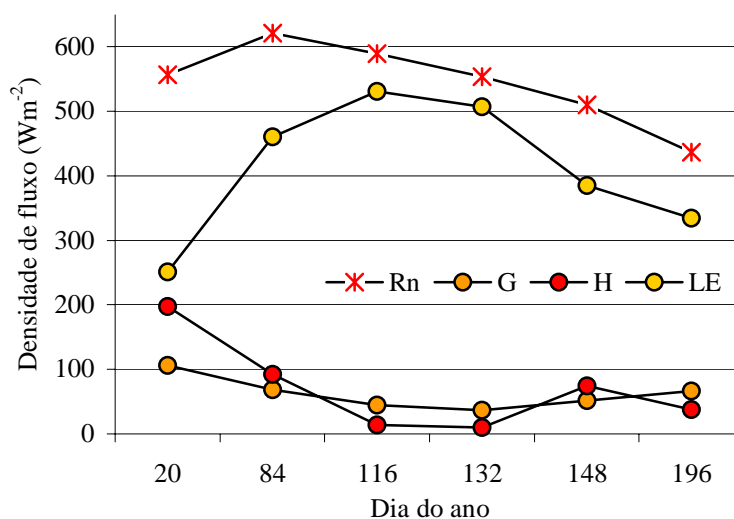


Figura 1. Fluxos de calor no solo (G), calor sensível (H), calor latente (LE) e saldo de radiação (Rn) para o pivô 17, no instante de passagem do satélite.

O fluxo de calor latente (LE) acompanhou o crescimento da cultura, com valores máximos nos dias 116 e 132, também de NDVI máximo. Nessa fase, vários eventos

ocorrem ao mesmo tempo na planta, como emissão de flores, maçãs e posterior abertura de capulhos (Grimes & El-Zink, 1990). Nos dias 116 e 132, a percentagem de LE em relação a R_n foi 90%, concordando com Bastiaanse (2000) que registrou, em dossel de algodão irrigado adulto, LE igual a 70 a 90% de R_n . A Tabela 1 compara a ET da cultura utilizada na Fazenda Busato para manejo da irrigação com a ET da cultura estimada pelo SEBAL, no P17.

Tabela 1. ET (mm) de referência diária (ET_{od}), K_c e ET do algodão Delta Opal utilizados na Fazenda Busato (ET_{cFB}) e ET da cultura estimada pelo SEBAL (ET_{cSEBAL}) no pivô 17.

DDA	$ET_{o(d)}$	K_c (cv. Delta Opal)	ET_{cFB}	ET_{cSEBAL}
20	6.32	0,80	5,06	3,49
84	5.47	0,80	4,38	5,97
116	4.82	1,15	5,54	6,60
132	4.12	1,15	4,74	6,19
148	4.28	1,15	4,92	4,82
196	3.93	0,60	2,36	4,18

A Figura 2 ilustra a distribuição espacial do fluxo de calor latente (LE) em unidade de Wm^{-2} nos pivôs de algodão irrigado na Fazenda Busato, em três das seis imagens selecionadas para o estudo. Detalhe para a localização do pivô 17, no recorte (c).

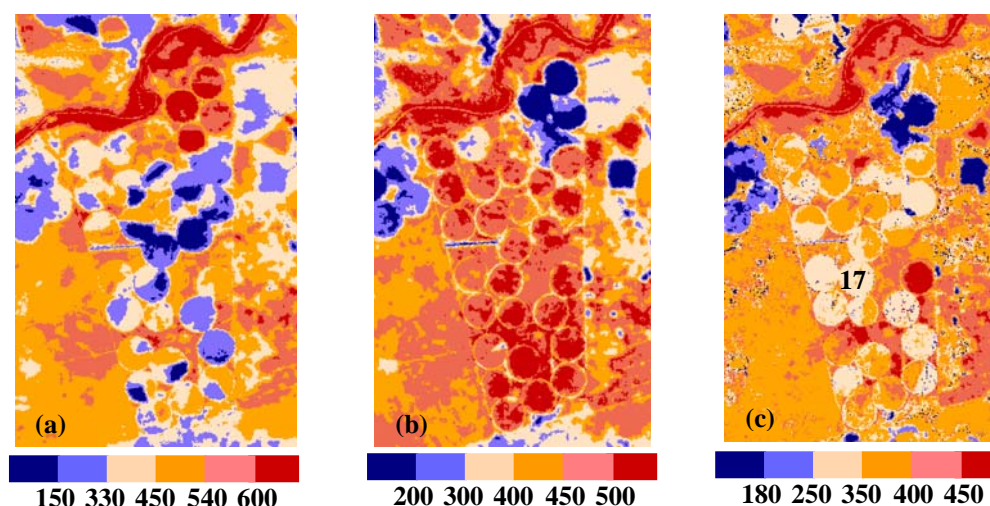


Figura 2. Fluxo de calor latente LE (Wm^{-2}) nos pivôs de algodão da Fazenda Busato, via SEBAL, nas datas (a) 20/01, (b) 12/05 e (c) 15/07.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho são compatíveis com dados reportados na literatura para a cultura do algodoeiro irrigado em suas diferentes fases fenológicas. Na partição do saldo de radiação à superfície no pivô 17, o fluxo de calor latente (LE) este superior aos demais componentes (H e G) durante todo o ciclo, alcançando o máximo (90% de R_n) no pico de desenvolvimento da cultura. A ET diária da cultura, segundo o SEBAL, acompanhou igualmente o desenvolvimento da cultura, com valor máximo na fase de máxima cobertura vegetal, da ordem de 6,6 mm.

AGRADECIMENTOS

Ao Sr. Hélio Busato, proprietário da Fazenda Busato, por ter autorizado a realização da visita técnica e coleta de dados. Ao Eng. Agrônomo Lourenço Nery, peã gentileza e valioso apoio antes, durante e depois da visita técnica.

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 n° 56, 1998. 300p.
- ALLEN, R.G., TREZZA, R.; TASUMI M. **Surface energy balance algorithms for land**. Advance training and users manual, version 1.0, 98 p., 2002.
- BASTIAANSEN, 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.
- BASTIAANSEN, 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.
- BEZERRA, B.G. Balanço de energia e evapotranspiração em áreas com diferentes tipos de cobertura de solo no Cariri Cearense através do algoritmo SEBAL. Campina Grande, 2006. 127f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, UFCG.
- BORGES, V.P. Aplicação do algoritmo SEBAL e imagens LANDSAT para Estimativa da Demanda Hídrica do Algodoeiro Irrigado no Oeste da Bahia. Cruz das Almas, 2008,

84f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB.

COSTA FILHO, J.F. Avaliação dos componentes do balanço de energia e evapotranspiração em uma região semi-árida usando imagens orbitais Landsat-5 TM e Terra-Modis, 2005, 141f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG.

GRIMES, Q.W.; EL-ZIK, K.M. Cotton. In: STEWART, B.A.; NIELSEN, D.R. **Irrigation of Agricultural Crops**. Madison: American society of agronomy / Crop science society of America / Soil science society of America, p 741-773, 1990. (Agronomy Monograph no.30).

MARTIN, E.C.; STEPHENS, W.; WIEDENFELD, R.; BITTENBENDER, B.C.; BEASLEY JR, J.P.; MOORE, J.M.; NEIBLING, H.; GALLIAN, J.J. Sugar, oil, and fiber. In: LASCANO, R.J.; SOJKA, R.E. **Irrigation of Agricultural Crops**, 2nd ed. Madison: American society of agronomy / Crop science society of America / Soil science society of America, p. 279-335, 2007. (Agronomy Monograph no.30).

MORSE, A., ALLEN, R.G., TASUMI, M., KRAMBER, W.J., TREZZA, R.; WRIGHT, J. Application of the SEBAL Methodology for Estimating Evapotranspiration and Consumptive Use of Water Through Remote Sensing. **Final Report**, 220 p, 2001.

SEI. **Atributos climáticos do Estado da Bahia**. Salvador: SEI, 1998. 85 p. (Série Estudos e Pesquisas, no. 38).

SILVA, B.B.; LOPES, G.M.; AZEVEDO, P.V. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5-TM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 2, p. 243-252, 2005.