



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

ARTIGO  
TECNICO

## OBTENÇÃO DO BALANÇO DE RADIAÇÃO VIA SEBAL EM ALGODOEIRO IRRIGADO POR PIVÔ CENTRAL NO OESTE DA BAHIA<sup>1</sup>

Aureo Silva de Oliveira<sup>2</sup>, Valéria Peixoto Borges<sup>3</sup>, Bernardo Barbosa da Silva<sup>4</sup>, Claudia Bloisi Vaz Sampaio<sup>5</sup>

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

<sup>2</sup> 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

<sup>3</sup> Eng. Agrônoma, Doutoranda em Meteorologia, UFCG, Campina Grande, PB.

<sup>4</sup> Prof. Doutor, Unidade Acadêmica em Ciências da Atmosfera, UFCG, Campina Grande, PB

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

**RESUMO:** Este estudo objetivou estimar os componentes do balanço de radiação em área de algodão irrigado por pivô central usando o algoritmo SEBAL e imagens Landsat 5-TM. A área de estudo foi a Fazenda Busato (13,25° S; 43,42° W; 436 m anm) com 25 pivôs de algodão irrigado, no município de Bom Jesus da Lapa, Bahia. Seis imagens de datas distintas do período de cultivo (primeiro semestre de 2007) foram utilizadas. Dados oriundos de estação meteorológica automática instalada nas proximidades da área irrigada foram utilizados como *inputs* no processamento digital das imagens. Verificou-se tendência de decréscimo do albedo e da emissão de onda longa pela superfície com o desenvolvimento da cultura. O intervalo de valores mais freqüentemente observado para o saldo de radiação nos pivôs foi de 550 a 600 Wm<sup>-2</sup> no período de máximo desenvolvimento da cultura.

**Palavras-chave:** albedo, radiação líquida, algodão

## DETERMINATION OF RADIATION BALANCE COMPONENTS USING SEBAL OVER IRRIGATED COTTON FIELDS IN WESTERN BAHIA

**ABSTRACT:** This research aimed at estimating the radiation balance components over center-pivot irrigated cotton fields by using SEBAL algorithm and Landsat 5-TM images. The study area was the Busato Farm (13,25° S; 43,42° W; 436 m asl) with 25 pivots of irrigated cotton, located 30 km west of Bom Jesus da Lapa town, western region of Bahia. Six images corresponding to distinct dates over the crop season (first semester of 2007) were used. Weather data from a nearby weather station were used as inputs in the digital imaging processing. Results shown that surface albedo and temperature decreased over

time as the crop covered the soil. The 550-600  $\text{Wm}^{-2}$  range for net radiation was the most frequent and occurred in the period of maximum crop development.

**Keywords:** albedo, net radiation, cotton

## INTRODUÇÃO

A energia para os processos de aquecimento do ar e do solo, fotossíntese e evaporação da água advém do saldo das trocas radiativas de onda curta e onda longa, através do balanço de radiação à superfície do solo. Um dos componentes do balanço de radiação é o albedo (razão entre a energia refletida e a incidente) sendo amplamente utilizado em modelos climatológicos e agrometeorológicos (Leitão et al., 2002). A vegetação apresenta comumente baixo albedo na região do visível (0,4 a 0,7  $\mu\text{m}$ ) e alto poder refletor na região do infravermelho próximo (Campbell & Diak, 2005).

A partir de dados espectrais gerados por sensoriamento remoto pode-se avaliar de maneira não-invasiva além do albedo, a radiação incidente ( $R_{L\downarrow}$ ) e a emitida ( $R_{L\uparrow}$ ) de onda longa, visto que estas medidas incorporam fatores que influenciam na interceptação da radiação, como propriedades espectrais das folhas e arquitetura da planta (Inoue & Moran, 1997).

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 objetivo deste trabalho foi determinar os componentes do saldo de radiação em áreas de algodoeiro irrigado na sub-bacia do rio Corrente (Bacia do Rio São Francisco, Estado da Bahia), utilizando o algoritmo SEBAL.

## 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. Detalhes da área são apresentados na Figura 1. 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.

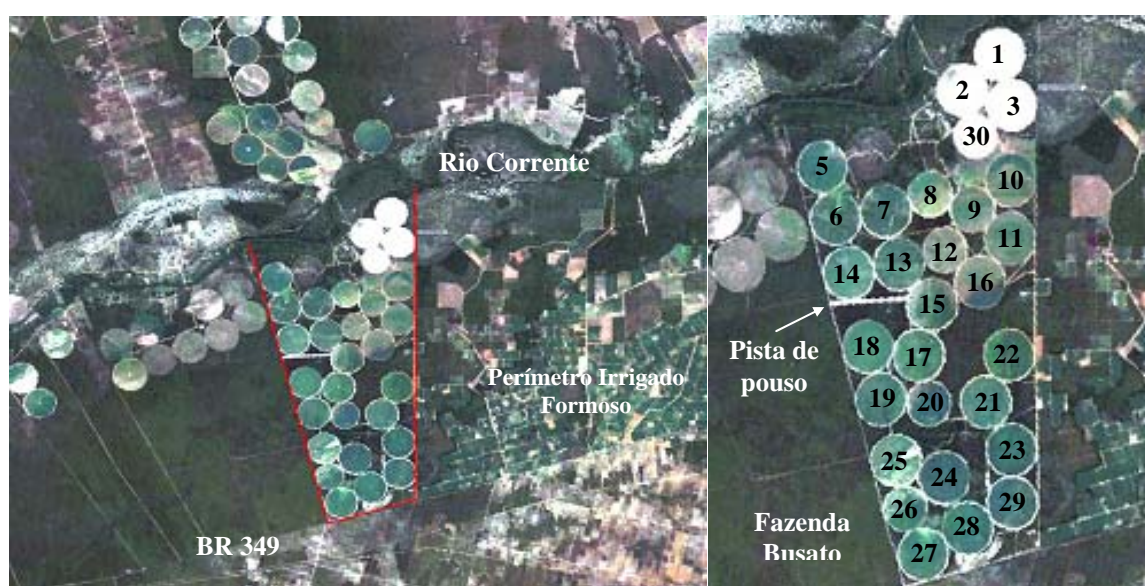


Figura 1. Recortes de imagem Landsat 5 TM (composição de bandas 3-2-1) da área de estudo em 26/04/07, mostrando em destaque a Fazenda Busato (delimitada pela linha vermelha e pelo Rio Corrente) e os pivôs com algodão irrigado identificados de 5 a 29.

O plantio do algodão variou de 08/01 no pivô 13 (P13) a 06/03 no P22 e a colheita iniciou-se no P13 em 01/07 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 ( $K_c \cdot ETo$ ), sendo  $K_c$  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 com ausência completa de nuvens e geradas pelo sensor TM do Landsat 5 (órbita 219 e ponto 69) foram utilizadas para determinação dos componentes do balanço de radiação pixel a pixel, nas seguintes datas: 20/07, 25/03, 26/04, 12/05, 28/05 e 15/07.

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:

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

onde  $R_n$  = saldo de radiação,  $\alpha$  = albedo da superfície,  $R_{s\downarrow}$  = radiação solar incidente,  $R_{L\downarrow}$  = radiação de onda longa incidente,  $R_{L\uparrow}$  = emissão de onda longa pela superfície e  $\varepsilon_0$  = emissividade da superfície.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O albedo da cultura do algodão nos pivôs apresentou tendência de decréscimo com o tempo, variando de 20-30% na fase de crescimento inicial (20/01) e 15-19% a partir da floração, cerca de 70 dias após o plantio (DAP). A redução do albedo é decorrente da demanda de energia incidente pelos processos de fotossíntese e transpiração em plantas adultas. O albedo voltou a apresentar tendência de crescimento com a aproximação da colheita. Estes resultados concordam com os encontrados por Bastiaanssen (2000), Costa Filho (2005), Consoli et al. (2006), para áreas de culturas agrícolas irrigadas.

A cobertura vegetal foi o principal fator de variação da temperatura da superfície ( $T_s$ ). No mês do plantio do algodão (janeiro), predominaram temperaturas entre 30 e 40°C. Áreas entre pivôs, cobertas por vegetação natural,  $T_s$  foi menor (25-29°C). Nos meses de máximo NDVI para o algodão (abril e maio),  $T_s$  não ultrapassou 24°C, correspondendo às fases de avançado desenvolvimento da cultura. A  $T_s$  nos pivôs esteve entre as mais baixas nas cenas estudadas.

A Tabela 1 apresenta para seis cenas, a temperatura do ar ( $T_{ar}$ ) no instante de passagem do satélite, com as quais se obteve a respectiva emissão de onda longa pela atmosfera ( $R_{L\downarrow}$ ). São igualmente apresentados os valores medidos e estimados (SEBAL) da radiação solar incidente ( $R_s$ ) e os respectivos erros absolutos. Estes se mantêm em todas as datas, indicando a possibilidade de problemas de calibração ou de malfuncionamento do sensor na estação meteorológica.

**Tabela 1.** Temperatura do ar ( $T_{ar}$ ), radiação de onda longa ( $R_{L\downarrow}$ ) estimada pelo Sebal, radiação solar incidente estimada ( $R_{S(e)}$ ) e medida ( $R_{S(m)}$ ) e o erro absoluto entre estas últimas.

Data da imagem	$T_{ar}$ (°C)	$R_{L\downarrow}$	$R_{S(e)}$ (W m <sup>-2</sup> )	$R_{S(m)}$	Erro absoluto (W m <sup>-2</sup> )	Erro absoluto (%)
20/01	32,1	369,9	913,0	794,7	118,3	14,9
25/03	29,1	359,0	866,0	694,4	171,6	24,7
26/04	29,5	361,1	799,0	668,5	130,5	19,5
12/05	24,8	337,1	759,0	633,6	125,4	19,8
28/05	27,9	353,1	723,0	590,5	132,5	22,4
15/07	26,4	343,0	698,0	594,9	103,1	17,3

A densidade de fluxo de onda longa emitida pela superfície ( $R_{L\uparrow}$ ), como era de se esperar, apresentou os menores valores (407-417 Wm<sup>-2</sup>) nos meses de maior desenvolvimento vegetativo da cultura (abril-maio). Em 20/01 (plantio),  $R_{L\uparrow}$  foi superior a 470 Wm<sup>2</sup> nos pivôs ainda não semeados.

O saldo de radiação ( $R_n$ ) nas áreas de algodão variou de 430 Wm<sup>-2</sup> (28/05) a 700 Wm<sup>-2</sup> (25/03). Entretanto, o intervalo mais freqüente foi de 550 a 600 Wm<sup>-2</sup>, tendo ocorrido em 26/04 e 12/05. Estas datas corresponderam, exceto para os pivôs 25, 22 e 8 setor norte, ao período de floração e lançamento de maçãs, no qual o algodoeiro atinge a altura máxima e a interceptação da radiação incidente é maior, devido ao fechamento da copa (Rosolem, 2001).

## CONCLUSÕES

A utilização do SEBAL na determinação do balanço de radiação do algodoeiro no Cerrado baiano mostrou-se satisfatória, visto que os resultados são coerentes com outros reportados na literatura e com as fases da cultura em campo. O albedo e a temperatura da superfície apresentaram tendência de decréscimo com o desenvolvimento da cultura e o saldo de radiação à superfície permaneceu entre 550 a 600 Wm<sup>-2</sup> na fase de máximo desenvolvimento da cultura.

## 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 no. 56, 1998. 300p.
- ALLEN, R.G.; TREZZA, R.; TASUMI, M. Surface energy balance algorithms for land. Advanced Training and Users Manual, v. 1.0, 2002, 98p.
- BASTIAANSEN, W.G.M.; MENETI, M.; FEDDES, R.A.; HOLTSLAG, A.A.M.A. Remote Sensing Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, 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**, Amsterdam, v. 29, 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. 127p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, UFCG.
- CAMPBELL, G.S.; DIAK, G.R. Net and thermal radiation estimation and measurement. In: VINEY, M. K (Ed.). **Micrometeorology in Agricultural Systems**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 2005. p. 59-92. Agronomy Monograph no. 47.
- CONSOLI, S.; D'URSO, G.; TOSCANO, A. Remote sensing to estimate ET-fluxes and the performance of an irrigation district in southern Italy. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 81, p. 295-314, 2006.
- 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.
- INOUE, Y., MORAN, M., 1997. A simplified method for remote sensing of daily canopy transpiration: a case study with direct measurements of canopy transpiration in soybean canopies. **International Journal of Remote Sensing**, London, v.18, n., p.139–152.





- LEITÃO, M.V.B.R.; SANTOS, J.M.; OLIVEIRA, G.M. Estimativa do albedo em três ecossistemas da Floresta Amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p.256-261, 2002.
- MORSE, A.; ALLEN, R.G., TASUMI, M.; KRAMEBER, W.J., TREZZA, R.; WRIGHT, J. Application of the SEBAL methodology for estimating evapotranspiration and consumptive use of water through remote sensing. Final Report. Idaho: Idaho Department of Water Resources – University of Idaho, 2001. 142p.
- ROSOLEM, C.A. Ecofisiologia e manejo da cultura do algodoeiro. Piracicaba: Potafós, 2001. 24p. (Informações agronômicas no. 25).
- SILVA, B.B.; LOPES, G.M.; AZEVEDO, P.V. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5-TM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 2, p. 243-252, 2005.
- SEI. Atributos climáticos do Estado da Bahia. Salvador: SEI, 1998. 85 p. (Série Estudos e Pesquisas no. 38).