

# Estimativa de parâmetros biofísicos em plantio de sorgo com aplicação de técnicas de sensoriamento remoto

Ricardo Guimarães Andrade<sup>1</sup>  
Alberto Carlos de Campos Bernardi<sup>2</sup>  
Célia Regina Grego<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Agrícola, D.Sc. Meteorologia Agrícola, UFV/Viçosa – MG, Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão, CEP: 13070-115, Campinas – SP – Brasil, e-mail: ricardo@cnpm.embrapa.br.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Solos e Nutrição de Plantas, USP/São Paulo – SP. Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, Estrada Municipal Guilherme Scatena, C.P.339, CEP: 13560-970, São Carlos – SP – Brasil. E-mail: alberto@cnpse.embrapa.br.

<sup>3</sup>Engenheira Agrônoma, D.Sc. Agronomia, UNESP/Botucatu – SP, Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão, CEP: 13070-115, Campinas – SP – Brasil, e-mail: crgrego@cnpm.embrapa.br.

**ABSTRACT:** Remote sensing techniques have been used in several researches dealing with monitoring and quantification of biophysical parameters in agricultural production areas. SEBAL is an algorithm that has the advantage of effectively and economically obtaining biophysical parameters from few observational data. This work aimed at estimating biophysical parameters in sorghum crops by applying the SEBAL algorithm and the Landsat 5 satellite's TM sensor image. For February 1st 2009, average values of albedo, NDVI, leaf area index, surface temperature, daily radiation balance and daily actual evapotranspiration values of 0.193, 0.751, 4.05, 12.27°C, 120.81 W m<sup>-2</sup>, 3.43 mm d<sup>-1</sup> respectively were obtained. The preliminary results obtained are consistent with the data found in the literature.

**Palavras-Chave:** Sorghum, Soil-Plant-Atmosphere, Remote Sensig.

## 1 – INTRODUÇÃO

Atualmente, o sorgo é um dos grãos mais produzidos no mundo, superado apenas pela soja, milho, trigo e arroz (Simões, 2008). No Brasil, a área cultivada com sorgo tem se expandido, com plantio em sucessão à soja, principalmente quando é maior o risco climático da escolha pela cultura de milho (Casela, 2002). Segundo o IBGE (2009), a safra de sorgo 2009/10 terá acréscimo de 1,1%, com produção estimada em 1.869.419 toneladas. Ao considerar a análise espacialmente explícita de parâmetros biofísicos da cultura, torna-se fundamental a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto nas quais possuem como vantagem a possibilidade de extração de informações da produção agrícola de forma rápida e menos onerosa (Papa, 2009). Informações de sensores remotos têm alimentado diversos modelos e algoritmos para obtenção de parâmetros biofísicos da superfície da terra (Andrade et al., 2009). O SEBAL (*Surface Energy Balance Algorith for Land*) é um algoritmo que tem como vantagem a obtenção de alguns parâmetros biofísicos com poucos dados observacionais de forma efetiva e econômica. Diante do exposto, este trabalho objetivou estimar parâmetros biofísicos em plantio de sorgo com aplicação do algoritmo SEBAL e imagem do sensor TM do satélite Landsat 5.

## 2 – MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em área de 6,9 ha com plantio de Sorgo no campo experimental da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP. Segundo a classificação de köppen, o clima da região é do tipo Cwa, com médias anuais de temperatura e precipitação de

21,2°C e 1422,8 mm, respectivamente (Cepagri, 2010). O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico textura média/argilosa (Calderano et al., 1998). Para estimativa do albedo, temperatura, índice de área foliar, saldo de radiação e evapotranspiração real diária, foi utilizado o algoritmo SEBAL e imagem do sensor TM do satélite Landsat 5 para o dia 01 de fevereiro de 2009 juntamente com dados meteorológicos da estação automática do INMET localizada no município de São Carlos, SP. Inicialmente, foram realizadas as devidas correções na imagem e em seguida calculou-se a reflectância monocromática de cada banda. Posteriormente, obtiveram-se o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e o SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*, com de  $L = 0,5$ ). De posse do SAVI, estimou-se o índice de área foliar (IAF, dado em  $m^2$  folhas/ $m^2$  solo) por meio da equação empírica sugerida por Allen et al. (2002):

$$IAF = \frac{\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{(0,91)} \quad (1)$$

A próxima etapa foi a estimativa do albedo da superfície, que segundo Allen et al. (2002) é dado por:

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{\tau_{sw}^2} \quad (2)$$

Em que,  $\alpha$  é o albedo planetário,  $\alpha_p$  é a da radiação solar refletida pela atmosfera, que varia entre 0,025 e 0,04 (utilizou-se o valor 0,03) e  $\tau_{sw}$  é a transmissividade atmosférica.

De posse do albedo da superfície, deu-se início a aplicação de várias etapas descritas em detalhes por Allen et al. (2002) para estimar o fluxo de calor latente (LE) como um resíduo dos demais componentes da equação clássica do balanço de energia (fluxo de calor sensível (H), fluxo de calor no solo (G) e saldo de radiação (Rn)).

$$LE = Rn - H - G \quad (3)$$

Com a estimativa dos componentes do balanço de energia (LE, H, Rn, G, todos em  $W m^{-2}$ ) foi possível obter a seguinte relação:

$$\lambda = \frac{LE}{LE + H} = \frac{LE}{Rn - G} \quad (4)$$

Em que,  $\lambda$  é a fração evaporativa, definida como a fração de calor latente para o máximo saldo de energia disponível. Estudos micrometeorológicos indicam que a fração evaporativa ( $\lambda$ ) pode ser considerada constante durante o período diurno (Crago, 1996). Assim, para estimativa da evapotranspiração real diária ( $ET_{diário}$ ,  $mm d^{-1}$ ), em escala regional, foi empregada a equação proposta por Ayenew (2003):

$$ET_{diário} = \frac{\lambda Rn_{diário}}{28} \quad (5)$$

Em que,  $Rn_{diário}$  é o saldo de radiação obtido pela integração de dados meteorológicos no período de 24 horas (detalhes são apresentados por Ayenew, 2003) e o escalar no denominador representa o fator de conversão de unidade ( $W m^{-2}$  para  $mm d^{-1}$ ).

De posse dos dados no formato “raster”, no software ArcGis 9.2, efetuou-se uma transformação para o formato “pontos/shape” e, em seguida, utilizou-se krigagem ordinária para obter os mapas de contorno.

### 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1a a 1f apresentam, respectivamente, o albedo, a temperatura da superfície (Ts), o NDVI, o índice de área foliar (IAF), o saldo de radiação diário ( $Rn_{diário}$ ) e a evapotranspiração real diária ( $ET_{diário}$ ) para plantio de sorgo. Conforme Figura 1a, o albedo variou de 0,141 a 0,220, com média de 0,193. O valor mínimo de 0,141 teve ocorrência na

região de borda e pode ter sido influenciado por vegetação da área externa (por exemplo, floresta). Na maior parte da área de sorgo o albedo variou de 0,175 a 0,218. Mota et al. (1991) apresentaram valores de albedo para a cultura do sorgo variando de 0,18 a 0,23. Com relação à temperatura da superfície verificou-se oscilação entre 15,52°C e 23,89°C, sendo o valor médio de 17,27°C. A região mais quente e a mais fria na área de sorgo localizam-se na parte esquerda e direita da Figura 1b, respectivamente. Possivelmente, ocorreu efeito de borda, pois existe uma estrada (delimitação à esquerda) e uma floresta (delimitação à direita). Além disso, pode-se observar que, os maiores valores de NDVI e IAF estão situados na parte direita da área, indicando que nesta região a planta apresentava-se com bom vigor vegetativo. No entanto, para a área de estudo o valor médio de NDVI e IAF foi de 0,751 e 4,05  $m^2 m^{-2}$ , respectivamente. Spohr et al. (2005) obtiveram para o estágio de florescimento do sorgo, IAF variando de 4,2 a 5,8. Peiter e Carlesso (1996) analisaram o comportamento do sorgo em função de diferentes frações de água disponível no solo e encontraram IAF médio de 4,5  $m^2 m^{-2}$  após 40 dias da emergência.

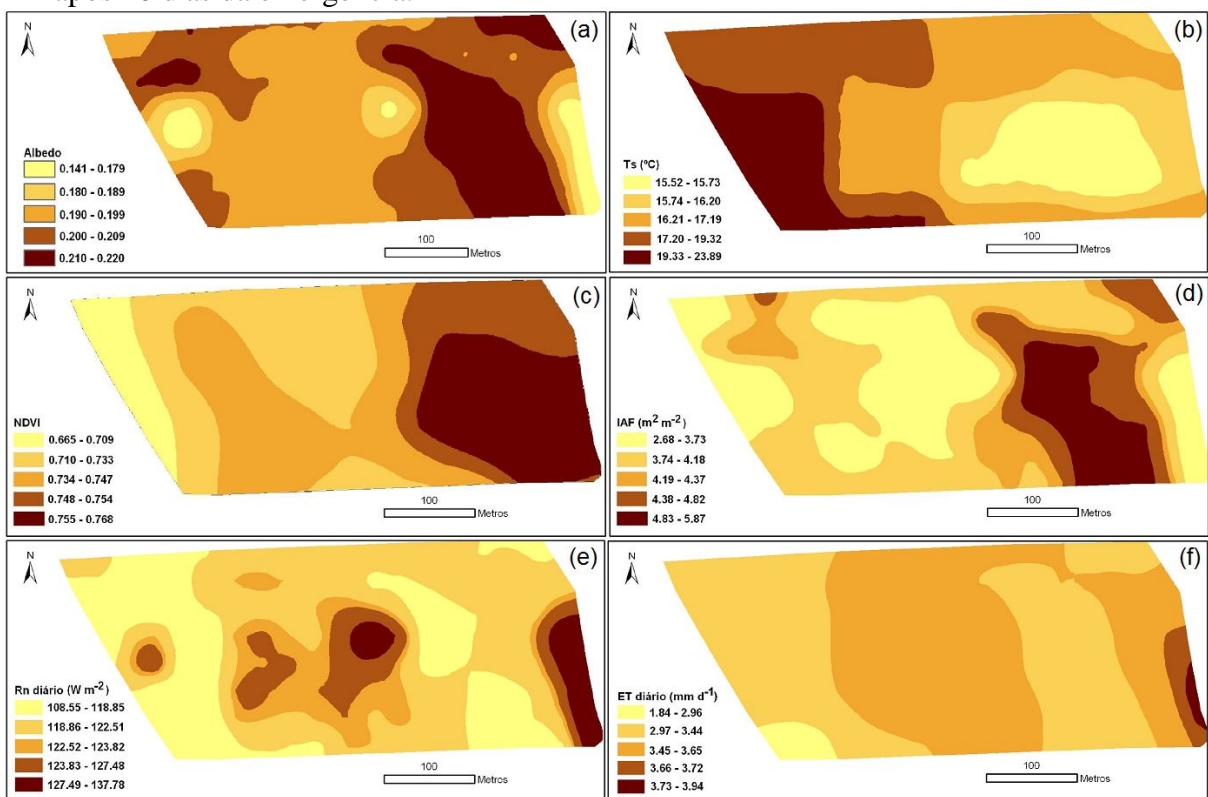


Figura 1 – (a) albedo, (b) temperatura da superfície (Ts, em °C), (c) NDVI, (d) índice de área foliar (IAF, em  $m^2 m^{-2}$ ), (e) saldo de radiação diário ( $Rn_{diário}$ , em  $W m^{-2}$ ) e (f) evapotranspiração real diária ( $ET_{diário}$ , em  $mm d^{-1}$ ) para plantio de sorgo, em área de 6,9 ha, no campo experimental da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP.

O saldo de radiação diário (Figura 1e) variou de 108,55  $W m^{-2}$  a 137,78  $W m^{-2}$ , com média de 120,81  $W m^{-2}$ . O saldo de radiação foi máximo em uma região central e na região próxima da floresta (delimitação à direita). A evapotranspiração (Figura 1f) apresentou valor médio de 3,43  $mm d^{-1}$ , sendo o valor mínimo e máximo de 1,84  $mm d^{-1}$  (delimitação esquerda inferior) e 3,94  $mm d^{-1}$  (delimitação direita inferior), respectivamente. Em estudo realizado no sul da Itália, Steduto e Albrizio (2005) obtiveram, para a cultura do sorgo, valores de evapotranspiração entre 7,0  $mm d^{-1}$  e 7,5  $mm d^{-1}$  na antese. Em Bushland, Texas, Howell et al. (1997) analisaram vários métodos de estimativa de evapotranspiração em cultura de sorgo no período de 1988 e 1993 e encontraram valores médios de evapotranspiração entre 4,9  $mm$

$d^{-1}$  e  $7,93 \text{ mm d}^{-1}$ . Para estudo realizado em campo experimental da Universidade Federal de Pelotas, Assis e Verona (1991) encontraram, para a cultura do sorgo, valores de evapotranspiração de  $2,0 \text{ mm d}^{-1}$  a  $7,0 \text{ mm d}^{-1}$  de acordo com o método de estimativa e o estágio de desenvolvimento da cultura.

#### 4 – CONCLUSÕES

Os resultados preliminares da estimativa de parâmetros biofísicos (albedo, NDVI, IAF, temperatura da superfície, saldo de radiação e evapotranspiração), obtidos para a cultura do sorgo, se mostraram condizentes com dados da literatura. Estudos complementares devem ser realizados para melhor compreensão dos parâmetros biofísicos envolvidos no sistema solo-planta-atmosfera, efetuando-se, no algoritmo SEBAL, as devidas calibrações e validações.

#### 5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land)** - Advanced Training and Users Manual - Idaho Implementation, version 1.0, 2002, 98p.

ANDRADE, R. G.; SEDIYAMA, G. C.; BATISTELLA, M.; VICTORIA, D. C.; PAZ, A. R.; LIMA, E. P.; NOGUEIRA, S. F. Mapeamento de parâmetros biofísicos e da evapotranspiração no Pantanal usando técnicas de sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 2., Corumbá. **Anais...** Corumbá: Embrapa/INPE, 2009. p. 695-704.

ASSIS, F. N.; VERONA, L. A. F. CONSUMO DE ÁGUA E COEFICIENTE DE CULTURA DO SORGO. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 5, p. 665-670, 1991.

AYENEW, T. Evapotranspiration estimation using thematic mapper spectral satellite data in the Ethiopian rift and adjacent highland. **Journal of Hydrology**, v. 279, p. 83-93, 2003.

CALDERANO FILHO, B.; SANTOS, H. G.; FONSECA, O. O. M.; SANTOS, R. D. PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C. **Os solos da fazenda Canchim**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1998. 95 p. (Boletim de Pesquisa, 7).

CASELA, C. R. Sorghum diseases in Brazil. In: LESLIE, J. F. (Ed.). **Sorghum and millets diseases**. Iowa State, p. 379-382, 2002.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA - CEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas - a classificação climática de koeppen para o Estado de São Paulo**. Disponível em: <[http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima\\_muni\\_549.html](http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_549.html)>. Acesso em: 01 jun. 2010.

CRAGO, R. D. Conservation and variability of the evaporative fraction during the daytime. **Journal of Hidrology**, v. 180, p. 173-194, 1996.

HOWELL, T. A.; STEINER, J. L.; SCHNEIDER, A. D.; EVETT, S. R.; TOLK, J. A. Seasonal and maximum daily evapotranspiration of irrigated winter wheat, sorghum, and corn – southern high plains. **Transactions of the ASAE, American Society of Agricultural Engineers**, v. 40, n. 3, p. 623-634, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Em 2010, a safra de grãos deverá subir 3,8%**. Levantamento sistemático da produção agrícola. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Comunicação Social, 05 de novembro de 2009. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1488&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1488&id_pagina=1)>. Acesso em: 02 jun. 2010.

MOTA, F. S.; AGENDES, M. O. O.; SOUZA, L. K. Estimativa da evapotranspiração de referência nos principais tipos de climas do Brasil com instrumentos de baixo custo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 6, n. 1, p. 479-486, 199.

PAPA, R. A. **Comportamento espectro-temporal da cultura do feijão, por meio de dados obtidos por espectroradiometria, câmera digital e imagem ASTER**. 2009. 132f. UNB. Dissertação (Mestrado Ciências Agrárias) – Universidade de Brasília, Brasília. 2009.

PEITER, M. X.; CARLESSO, R. Comportamento do sorgo granífero em função de diferentes frações da água disponível no solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 1, 1996. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84781996000100010](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84781996000100010)>. Acesso em: 08 jun. 2010.

SIMÕES, C. C. **Caracterização genética da resistência ao míldio (*Peronosclerospora sorghi*) em sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench)**. 2008. 35f. UFV. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2008.

SPOHR, R. B.; MAGGI, M. F.; CARLESSO, R. KUNZ, J. H.; FIORIN, T. Irrigação na produção de silagem de milho e sorgo, em sucessão ao arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 469-474, 2005.

STEDUTO, P.; ALBRIZIO, R. Resource use efficiency of field-grown sunflower sorghum, wheat and chickpea II. Water use efficiency and comparison with radiation use efficiency. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 130, p. 269-281, 2005.