

# **ESTIMATIVA DO SALDO DE RADIAÇÃO UTILIZANDO PRODUTOS DO SENSOR MODIS/TERRA PARA A MESORREGIÃO NORTE DE MINAS GERAIS**

R., Filgueiras<sup>1</sup>; R.B, Ribeiro<sup>1</sup>; G.B,Sales<sup>1</sup>; C.R, Nascimento<sup>2</sup>

**RESUMO:** O custo elevado de experimentos de campo para obtenção da evapotranspiração, e das dificuldades em medi-la à superfície força a busca por técnicas alternativas a fim de complementar os dados meteorológicos disponíveis, sendo o saldo de radiação um importante fator para que se estime a evapotranspiração. No entanto o objetivo do trabalho é estimar o saldo de radiação e espacializá-la para a região norte de Minas Gerais, onde há uma escassez dessas informações, que são de extrema importância para dimensionamento de sistemas de irrigação. O cálculo do saldo de radiação encontrado compreende o intervalo de  $420\text{Wm}^{-2}$  a  $640\text{Wm}^{-2}$ . Esse foi estimado a partir de imagens do sensor MODIS/TERRA a pelos produtos MOD11, MOD07 e MCD43, respectivamente representando dados sobre emissividade, temperatura de superfície e albedo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Processamento digital de imagens, irrigação, sensoriamento remoto

## **ESTIMATION OF NET RADIATION USING PRODUCTS MODIS/TERRA ON THE MESOREGION NORTHERN OF MINAS GERAIS**

**ABSTRACT:** The high cost of field experiments to obtain the evapotranspiration, and the difficulties in measuring it to the surface forces the search for alternative techniques to complement the meteorological data available, the radiation balance is an important factor for us to estimate evapotranspiration. However, the study aims to estimate the radiation balance, spatialized it to the northern region of Minas Gerais, where there is a shortage of such information, which are extremely important for design of irrigation systems. The calculation of net radiation has been performed from images of the MODIS / TERRA from the products MOD11, MOD07 and MCD43 respectively representing data on emissivity, surface temperature and albedo.

**KEYWORDS:** digital processing, irrigation, remote sensing

## **INTRODUÇÃO**

A eficiência do uso da água deve ser priorizada através do monitoramento das perdas evaporativas e por drenagem profunda. Deste modo, a estimativa da Evapotranspiração de áreas em escala regional, com base em imagens de satélite e algoritmos que permitem a

---

<sup>1</sup>Estudantes de Graduação do Curso Engenharia Agrícola e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais – Instituto de Ciências Agrárias - ICA/UFMG – Av. universitária, Bairro universitário nº1000, CEP:39.404-006, Montes Claros/MG. Fone (38) 2101-7766. e-mail: e betofilgueiras@gmail.com, rayssabalieiro@gmail.com, graciellesales@hotmail.com.

<sup>2</sup>Profa. Doutora, Instituto de Ciências Agrárias, UFMG, Montes Claros, MG.

conversão de medidas instantâneas em totais diários de Evapotranspiração, representa uma grande contribuição. Um dado indispensável à utilização do sensoriamento remoto com tal finalidade é o saldo de radiação ( $R_n$ ), principal fonte de energia a ser repartida no aquecimento do solo, do ar e no processo de Evapotranspiração (LIMA ET AL.). O saldo de radiação representa a energia disponível aos processos físicos e biológicos que ocorrem na superfície terrestre sendo definido como balanço de radiação de todos os fluxos radioativos que chegam e saem de uma superfície (ATAIDE, 2007 apud. KLEIN et al., 1977; WELIGEPOLAGE, 2005) o qual é um componente extremamente necessário para estimativa do balanço de energia, previsão do tempo e aplicação na agricultura. Visto a importância do conhecimento do saldo de radiação em superfície esse trabalho objetivou-se em estimar o saldo de radiação de toda a mesorregião do Norte de Minas Gerais, utilizando produtos do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) a bordo do satélite TERRA.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foi estimado o saldo de radiação para a mesorregião Norte de Minas Gerais (Figura 1), limitada pelas coordenadas geográficas: latitudes  $14^{\circ}15'27,71''S$  e  $18^{\circ}06'14,49''S$ , longitudes  $46^{\circ}16'56,42''W$  e  $41^{\circ}18'34,58''W$  para o dia 15/09/2010.

A área de estudo é umas das doze mesorregiões do estado de Minas Gerais e é formada pela união de 89 municípios agrupados em sete microrregiões. A região é caracterizada por temperatura média anual de  $24^{\circ}C$ ; nos meses mais frios, junho e julho e nos meses mais quentes, setembro e outubro, a média é de  $25,5^{\circ}C$ . Os meses de maior pluviosidade, outubro a março, totalizam 91% do total anual (1.132,9mm) precipitado, os meses mais secos estão entre abril e setembro (BETHONICO, 2009).

O saldo de radiação foi computado baseado nos produtos do sensor MODIS/TERRA com horário de passagem às 10h30min. O MODIS é um dos cinco instrumentos a bordo do satélite TERRA projetado para estudo em três grandes áreas: atmosfera, oceano e terra.

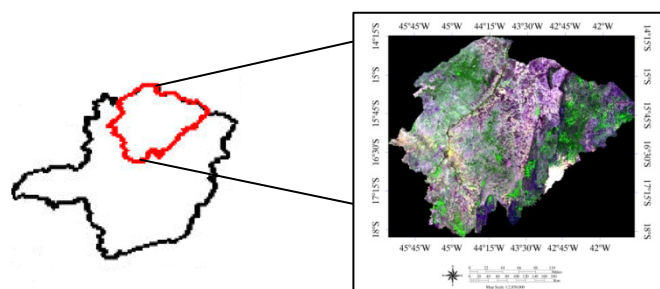


Figura 1. Localização espacial da área de estudo, composição colorida RGB-123 MOD09GA.

No trabalho foram utilizados os produtos, terrestres e atmosféricos. Para determinação dos parâmetros temperatura de superfície e emissividade das bandas 29, 31, 32 utilizou-se o produto terrestre MOD11A1\_L3 e MOD11B1\_L3, com resolução espacial de 1km e resolução temporal diária. O albedo foi adquirido com o produto MCD43B3\_L3 (TERRA + AQUA), com resolução espacial de 1km e resolução temporal de 16 dias, segundo Ataíde et al.(2007). A cena (tile) correspondente à seleção das imagens foi a H-13 V-10 e H-14 V-10, onde foi feito um mosaico. A Temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho e ângulo zenital solar foram obtidos através do produto atmosférico MOD07\_L2, com resolução espacial de 5km e resolução temporal diária. A resolução espacial desses produtos foi convertido para 1km.

O processamento digital das imagens foi realizado com o software ENVI 4.2 (*Enviroment for Visualizing Images*). As imagens foram convertidas da projeção sinusoidal para a projeção UTM, datum WGS-84, através do aplicativo *MODIS conversion toolkit*. O saldo de radiação ( $R_n$ ) na superfície pode ser expresso em termos de seus componentes de acordo com a Equação (1).

$$R_n = \downarrow R_c - \uparrow R_c + \downarrow R_L - \uparrow R_L \quad \text{Eq.(1)}$$

Onde:  $\downarrow R_c$  e  $\uparrow R_c$  são as densidades do fluxo de radiação de onda curta incidente na superfície e emitida ( $\text{W/m}^2$ ), respectivamente. Os termos  $\downarrow R_L$  e  $\uparrow R_L$  representam as densidades de fluxo de radiação de onda longa incidente e emitida ( $\text{W/m}^2$ ). As radiações de onda curta podem ser expressas a partir da Equação (2).

$$\downarrow R_c - \uparrow R_c = (1-\alpha)\downarrow R_c \quad \text{Eq.(2)}$$

Onde:  $\alpha$  é o albedo da superfície terrestre (refletividade no domínio 0,3 - 4,0  $\mu\text{m}$ ) que representa a razão entre a radiação solar refletida e a radiação global incidente. A radiação de onda curta incidente ( $\downarrow R_c$ ) pode ser computada com base na Equação (3).

$$\downarrow R_c = \frac{S_0 \cos^2 \theta}{d} \quad \text{Eq.(3)}$$

Onde  $S_0$  é a constante solar ( $1367 \text{ w/m}^2$ ),  $\theta$  é o ângulo zenital solar, e  $d$  é a espessura ótica da camada, obtida pela Equação (4).

$$d = 1,085 \cos \theta + e_0 (2,7 + \cos \theta) \times 10^{-3} + 0,1 \quad \text{Eq.(4)}$$

Sendo  $e_0$  a pressão parcial do vapor de água (hPa), expresso pela equação (5).

$$6,11 \exp\left[\left(\frac{L_v}{R_v}\right)\left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_d}\right)\right] \quad \text{Eq.(5)}$$

Onde:  $L_v$  é o calor latente de vaporização da água (J/Kg),  $R_v$  é a constante de vapor d'água,  $T_o = 273\text{K}$ . O cômputo dos ganhos e perdas de radiação de onda longa emitida pela superfície e emitida pela atmosfera pode ser expressa pela equação (6) de Steffan-Boltzmann.

$$\downarrow RL - \uparrow RL = \sigma \varepsilon_a T_a^4 - \sigma \varepsilon_s T_s^4 \quad \text{Eq.(6)}$$

Onde:  $\varepsilon_a$  é a emissividade do ar,  $\varepsilon_s$  emissividade da superfície, banda 29 MOD11A1\_L3,  $T_a$  é temperatura do ar, obtida pelo MOD07\_L2 (Retrieved temperature, B8),  $T_s$  a temperatura da superfície (K) obtida através do produto MOD11B1 e  $\sigma$  é a constante de Steffan-Boltzmann igual a  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ . Para obter a emissividade atmosférica ( $\varepsilon_a$ ), foi utilizada a parametrização desenvolvida por Prata (1996). Após determinar o fluxo de onda curta e o fluxo de onda longa, obtêm-se o saldo da radiação pela soma dos mesmos, conforme a Equação (1).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta a distribuição espacial instantânea do saldo de radiação, para o dia 15 de setembro de 2010, no momento da passagem do satélite para a região norte do estado de Minas Gerais. Nota-se que na maior extensão da área foram encontrados valores de  $R_n$  variando de  $495,7 \text{ Wm}^{-2}$  a  $589,49 \text{ Wm}^{-2}$ . Os valores mínimos e máximos de  $R_n$ , foram de  $420 \text{ Wm}^{-2}$  e  $640 \text{ Wm}^{-2}$  respectivamente. O  $R_n$  médio da região foi de  $532,09 \text{ Wm}^{-2}$

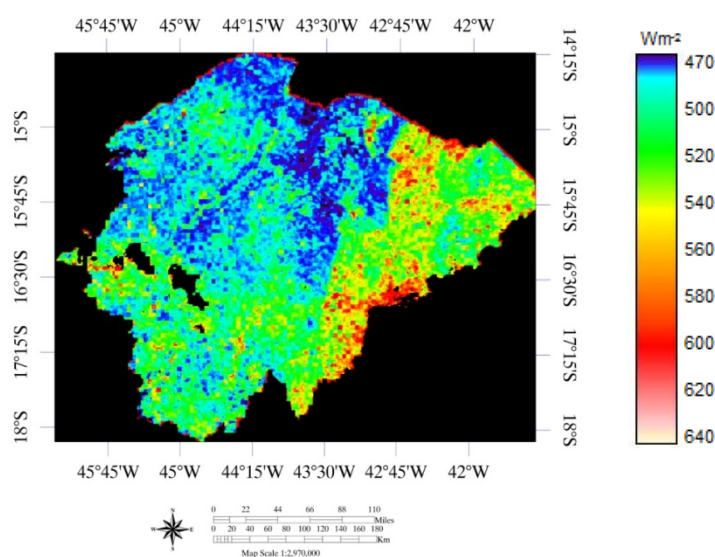


Figura 2. Distribuição espacial do saldo de radiação para a região norte de Minas Gerais do dia 15/09/2010.

Os resultados estão de acordo com Lima et al. (2009), que obtiveram para a bacia do rio Paracatu,  $R_n$  variando de  $500\text{Wm}^{-2}$  a  $600\text{Wm}^{-2}$ , com média de  $542\text{Wm}^{-2}$ , para o dia 16 de setembro de 2007, utilizando imagens do mesmo sensor.

Gomes et al (2009), obtiveram, para parte da bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu (SP), valores de  $R_n$  variando de  $375,6\text{Wm}^{-2}$  a  $731,3\text{Wm}^{-2}$ , para área de cerrado e  $315,3\text{Wm}^{-2}$  a  $718,8\text{Wm}^{-2}$ , para área de cana-de-açúcar.

## **CONCLUSÃO**

Os resultados obtidos por meio de aplicações de imagens do sensor MODIS/TERRA, para a estimativa do balanço de radiação, apesar de preliminares, apresentaram resultados que estão de acordo com a literatura. Sendo assim esse produto se torna alternativa, viável para o uso complementar de informações, para áreas onde dados meteorológicos são escassos. Suprindo assim, um importante passo para a obtenção da Evapotranspiração por meio de satélites.

## **AGRADECIMENTOS**

A FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelo financiamento da pesquisa.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ATAÍDE, K. R. P. Determinação do Saldo de Radiação em Superfície com Produtos do Sensor MODIS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9., 2007, Florianópolis. Anais... Brasília-DF, INPE, 2007. p. 5569-5577.

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; WATERS, R.; BASTIAANSEN, W. Surface energy balance algorithms for land. Idaho Department of Water Resources, 2002. 97 p.

BEZERRA, M. V. C. Balanço de energia em áreas irrigadas utilizando técnicas de sensoriamento remoto. 2004. 108 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2004

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. O projeto Gorutuba. Brasília - DF, 2003. [http://www.codevasf.gov.br/produtos/pro\\_gorutuba.htm](http://www.codevasf.gov.br/produtos/pro_gorutuba.htm). 23 Mar. 2010.

BASTIAANSEN, W. G. M. Regionalization of Surface Flux Densities and Moisture Indicators in Composite Terrain – A Remote Sensing Approach under Clear Skies in Mediterranean Climates. Thesis, Landbouwniversiteit Wageningen, Netherlands, 273, 1995

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., 1998.

LIMA, E. P.; SEDIYAMA, G. C.; GLERIANI, J. M.; SOARES, V. P.; DELGADO, R. C.; ANDRADE, R. G. Estimativa do balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagem do Landsat 5 - TM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14., 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p.255-262. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.20.49/doc/255-262.pdf>>.

PRATA, A. J. A new long-wave formula for estimating downward clear-sky radiation at the surface. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v. 122, p. 1127-1151, 1996.

SILVA, B.B. DA, LOPES, G. M., AZEVEDO, P. V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5 – TM. Revista Brasileira de Agrometeorologia. v.13. n.2, p.11-21, 2005