



10º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2016
02 a 04 de agosto de 2016 – Campinas, São Paulo
ISBN 978-85-7029-135-6

BALANÇO DE ENERGIA NO POLO DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA NORTE DE MINAS GERAIS USANDO IMAGENS MODIS

Aline Alves **Lopes**¹; Antônio Heriberto de Castro **Teixeira**²; Janice Freitas **Leivas**³

Nº 16502

RESUMO – A quantificação dos componentes do balanço de energia em largas escalas é importante para o gerenciamento racional dos recursos hídricos em bacias hidrográficas com mudanças de uso da terra. Neste trabalho objetivamos analisar esses componentes usando imagens Modis em conjunto com dados climáticos no polo agrícola Norte de Minas Gerais, durante o ano de 2015, com aplicação do algoritmo Safer. Considerando-se toda a área estudada, as partições do saldo de radiação (R_n) para os fluxos de calor latente (λE), sensível (H) e no solo (G) foram, em média, 44%, 51% e 5%, respectivamente. Os destaques foram os municípios de Matias Cardoso e Capitão Eneas, que se apresentaram como o mais úmido e o mais seco, respectivamente, de acordo com suas partições de energia.

Palavras-chave: Fluxo de calor latente, fluxo de calor sensível, fluxo de calor no solo, saldo de radiação.

1 Autora, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Ciências Biológicas, Unicamp, Campinas-SP; aline.alveslopes@yahoo.com.br.

2 Orientador: Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP; heriberto.teixeira@embrapa.br.

3 Colaboradora, Pesquisadora da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP.



ABSTRACT – *The quantification of the energy balance components on large scales is important for a rational management of water resources in watersheds featuring land-use changes. In this paper we aimed to analyze these components by using Modis images together with weather data on the agricultural pole Norte de Minas Gerais, during the year 2015, by applying the Safer algorithm. Considering the entire study area, the partitions of net radiation (R_n) for the latent, sensible and soil heat fluxes were in average 44%, 51% and 5%, respectively. The highlights were the municipalities of Matias Cardoso and Capitão Eneas, which were the wettest and the driest ones, respectively, according to their energy partitions.*

Keywords: Latent heat flux, sensible heat flux, soil heat flux, net radiation.

1 INTRODUÇÃO

A energia para processos atmosféricos como o fluxo de balanço de radiação e de energia em superfície advém, principalmente, da superfície terrestre. Sendo assim, é fundamental que esses processos sejam compreendidos, visto que interferem no ciclo da água, do carbono e de diversos outros processos do ecossistema, como o tempo meteorológico e o clima da Terra (SOUZA et al., 2013).

A quantificação dos componentes do balanço de energia em superfícies vegetadas é importante para o gerenciamento hídrico em larga escala. Com relação à agricultura, os estudos contribuem para o manejo racional da água. Para a determinação desses componentes, técnicas de sensoriamento remoto vêm sendo aplicadas com eficiência tanto em condições de irrigação como na dependência de chuvas, possibilitando o acompanhamento dos impactos dessas atividades no meio ambiente (GIONGO, 2011, TEIXEIRA et al., 2014).

Neste trabalho, as estimativas dos componentes balanços de energia foram feitas usando com o uso conjunto do produto Modis MOD13Q1 e de dados climáticos para o ano de 2015. O algoritmo Safer (*Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving*) foi aplicado para a obtenção desses componentes. Os resultados podem servir como subsídio para o manejo racional dos recursos hídricos no polo agrícola Norte de Minas Gerais nos cenários de mudanças climáticas e de uso da terra.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A Figura 1 apresenta a localização dos municípios estudados no polo agrícola da bacia do Rio São Francisco, Norte de Minas Gerais (MG), juntamente com seis estações agrometeorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) utilizadas para as interpolações das variáveis climáticas.



Figura 1. Localização dos municípios e estações agrometeorológicas do Inmet (Instituto Nacional de Meteorologia) no polo agrícola da bacia do Rio São Francisco, Norte de Minas Gerais.

O Norte de Minas Gerais apresenta, de acordo com a classificação de Köppen, clima predominantemente do tipo Aw (tropical úmido) (SÁ JÚNIOR, 2009). Os dados climáticos entram nos cálculos dos componentes do balanço de energia em conjunto com o produto de reflectância do Modis.

A Figura 2 apresenta o fluxograma do processo usado para determinar o balanço de energia com as bandas do vermelho e infravermelho próximo extraídas do produto Modis MOD13Q1 em conjunto com dados agrometeorológicos.

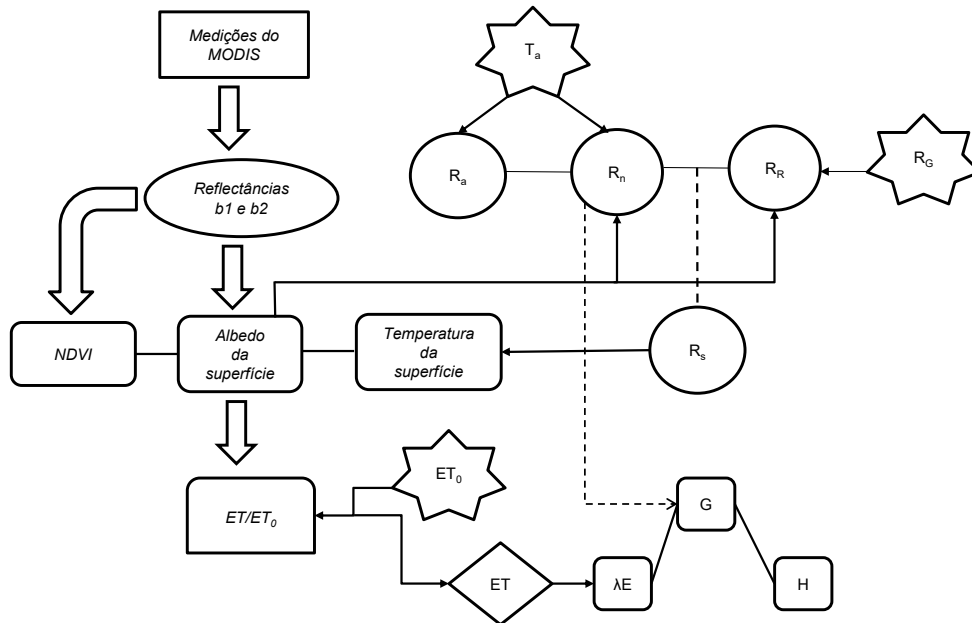


Figura 2. Fluxograma para obtenção dos componentes do balanço de energia usando o produto Modis MOD13Q1.

De acordo a Figura 2, as reflectâncias das bandas 1 e 2 foram extraídas do produto Modis MOD13Q1, o qual fornece imagens compostas temporais, com redução da cobertura de nuvens em intervalos de 16 dias, totalizando 23 imagens por ano.

As equações envolvidas na modelagem são descritas em detalhe em Teixeira et al. (2014), e aqui são apresentadas apenas as principais equações. Os parâmetros básicos obtidos por sensoriamento remoto são o albedo da superfície (α_0), o NDVI e a temperatura da superfície (T_0).

De posse de α_0 , T_0 e NDVI, os valores instantâneos das razões da evapotranspirações atual (ET) e de referência (ET_0)– ET_r , foram multiplicados pelas grades de ET_0 para estimar a ET em larga escala como é mostrado na Equação 1:

$$ET_r = \exp \left[a + b \left(\frac{T_0}{\alpha_0 \text{NDVI}} \right) \right] \quad (1)$$

a e b são os coeficientes de regressão, os quais foram de 1,8 e -0,008, respectivamente, para as condições semiáridas do Brasil.

A equação de Slob é aplicada para a obtenção dos valores diários do saldo de radiação (R_n) como mostrado na Equação 2:

$$R_n = (1 - \alpha_0) R_G - a_1 \tau \quad (2)$$

R_G é a radiação solar global, τ é transmissividade atmosférica e a_1 é um coeficiente de regressão.

Transformando-se ET em fluxo de calor latente (λE) e considerando-se o fluxo de calor no solo (G) como uma fração de R_n , o fluxo de calor sensível (H) é então estimado como resíduo na equação do balanço de energia (Equação 3):

$$H = R_n - \lambda E - G \quad (3)$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 mostra os mapas da distribuição espacial do saldo de radiação (R_n) no polo agrícola Norte de Minas Gerais para diferentes períodos de dias julianos (DJ) do ano de 2015.

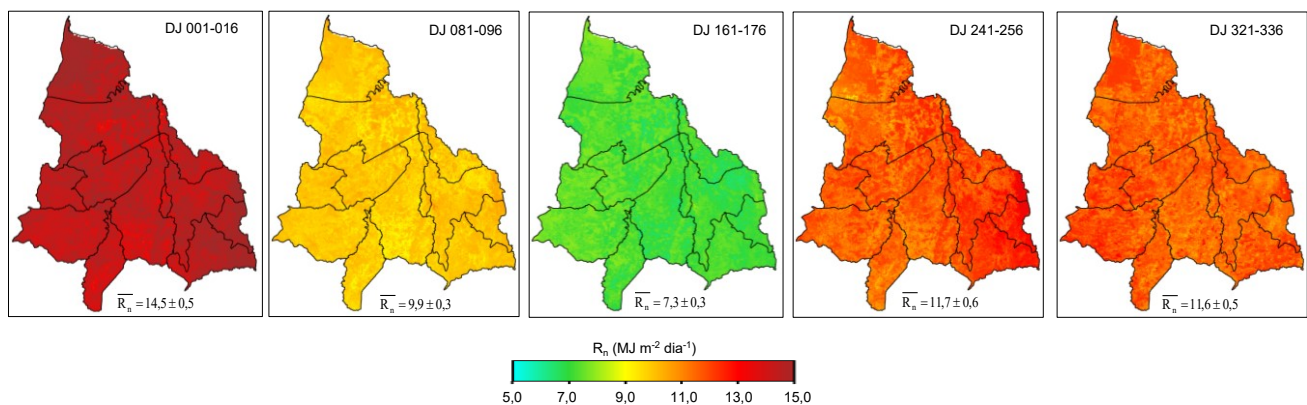


Figura 3. Distribuição espacial do saldo de radiação (R_n) nos municípios do polo agrícola Norte de Minas Gerais para diferentes intervalos de dia julianos (DJ) ao longo do ano de 2015.

Observa-se que não há forte distinção dos valores de R_n entre os diferentes agroecossistemas envolvendo agricultura irrigada e vegetação natural. O período com maior energia disponível foi aquele com DJ entre 001 e 016, quando a média de R_n foi de $14,5 \pm 0,5\ MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$, enquanto para o período de menores valores (DJ entre 161 e 176) a média de R_n foi de $7,3 \pm 0,3\ MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$. Não há grande variação espacial, com o maior valor de desvio padrão (DP) de $0,6\ MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$ do fim de agosto para a primeira quinzena de setembro (DJ 241 a 256). A maior homogeneidade espacial ocorreu no período do fim de março ao fim de junho (DJ 081 a 176), quando os valores de DP foram de $0,3\ MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$.

A Figura 4 apresenta os mapas da distribuição espacial do fluxo de calor latente (λE) no polo agrícola Norte de Minas Gerais para diferentes períodos de DJs do ano de 2015.

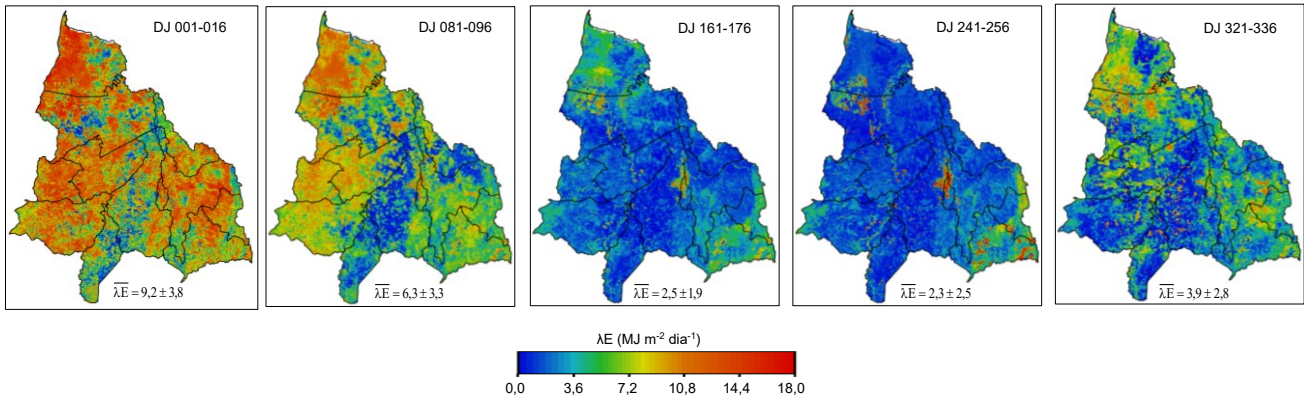


Figura 4. Distribuição espacial do fluxo de calor latente (λE) nos municípios do polo agrícola Norte de Minas Gerais para diferentes intervalos de dia julianos (DJ) ao longo do ano de 2015.

Com relação à λE , as variações espaciais são mais evidentes que para o caso de R_n , principalmente observando-se o período mais seco (DJ 241 a 256), quando se distingue claramente as áreas irrigadas daquelas de vegetação natural. Os valores médios ficaram entre 2,3 e 9,2 $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$. Entretanto, no período naturalmente mais seco, nas áreas irrigadas de coloração avermelhada, λE ultrapassa 15,0 $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, equivalente a taxas evapotranspiratórias acima de 6,0 mm dia^{-1} , enquanto as áreas de vegetação natural apresentam evapotranspiração zero.

Considerando-se toda a área estudada, as partições de R_n para λE variaram em média de 0,23 (DJ 241 a 256) a 0,64 (DJ 001 a 016). O município que apresentou maior fração de R_n usada como λE foi Matias Cardoso (57%), enquanto Capitão Eneas foi o mais seco ($\lambda E/R_n = 28\%$). Os maiores valores no primeiro município estão, em parte, relacionados com a maior percentagem de áreas irrigadas em relação aos outros municípios.

A Figura 5 mostra os mapas da distribuição espacial do fluxo de calor sensível (H) no polo agrícola Norte de Minas Gerais para diferentes períodos de dias julianos (DJ) do ano de 2015.

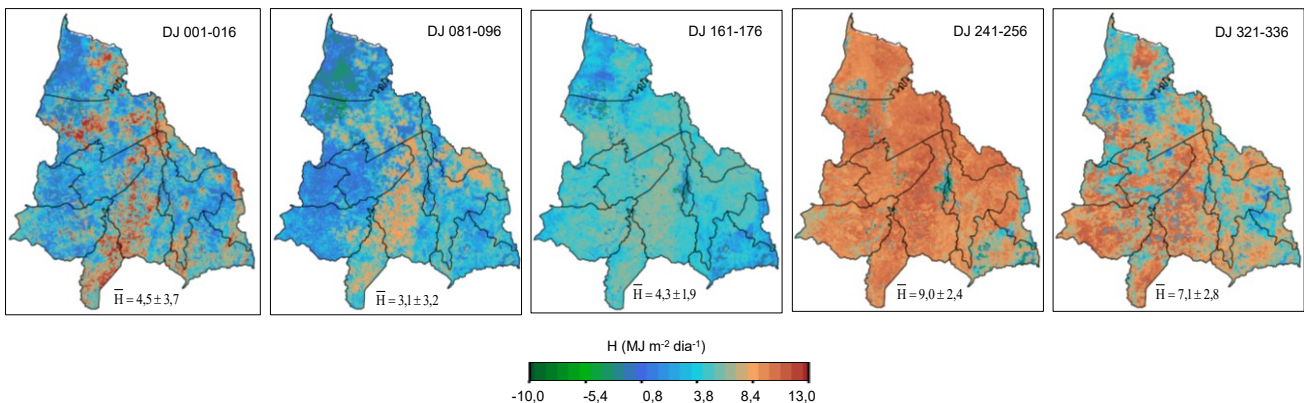


Figura 5. Distribuição espacial do fluxo de calor sensível (H) nos municípios do polo agrícola Norte de Minas Gerais para intervalos de dia julianos (DJ) ao longo do ano de 2015.

Também no caso de H, as variações espaciais são evidentes, com valores mais altos, acima de $8,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ para vegetação natural no período de DJ 241 a 256, quando para toda a área estudada a média foi de $9,0 \pm 2,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$. Considerando-se toda a área estudada, as partições de R_n para H variaram em média de 0,30 (DJ 001) a 0,73 (DJ 241). Em estudo semelhante, Teixeira et al., 2015 relacionam valores mais elevados a uma maior concentração de áreas irrigadas. Nota-se que os valores chegam a ser negativos, o que significa advecção de calor das áreas vizinhas mais quentes e secas. Como elevado λE corresponde a valores baixos de H, as maiores e menores razões H/R_n são, respectivamente, para os municípios de Capitão Eneas (média de 67%) e Matias Cardoso (média de 37%).

A Figura 6 mostra os mapas da distribuição espacial do fluxo de calor no solo (G) no polo agrícola Norte de Minas Gerais para diferentes períodos de dias julianos (DJ) do ano de 2015.

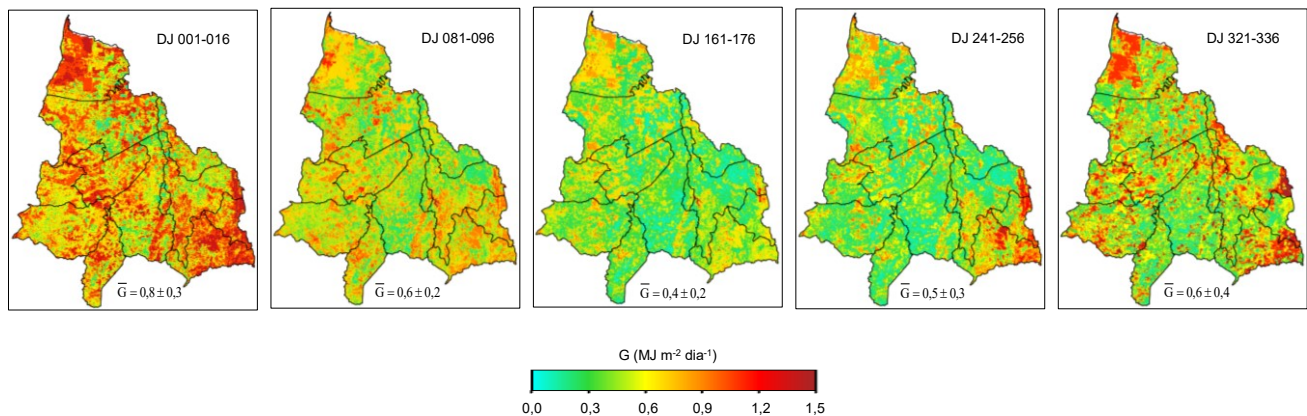


Figura 6. Distribuição espacial do fluxo de calor no solo (G) nos municípios do polo agrícola Norte de Minas Gerais para diferentes intervalos de dia julianos (DJ) ao longo do ano de 2015.

Como no caso de R_n , não há distinção forte dos valores de G entre os diferentes agroecossistemas envolvendo agricultura irrigada e vegetação natural. Considerando-se toda a área estudada, as partições de R_n para G na escala diária foram baixas, e variaram de 4 a 6%. O município que apresentou maior G/R_n foi Riacho dos Machados (7%), enquanto os de menores frações ($G/R_n = 4\%$) foram Janaúba e Pai Pedro.



4 CONCLUSÃO

De forma geral, concluímos que os componentes do balanço de energia podem ser estimados com eficiência usando medições das radiações na faixa do visível e infravermelho próximo do sensor Modis com aplicação do algoritmo Safer. Os resultados obtidos para a região Norte de Minas Gerais são relevantes para o monitoramento de bacias hidrográficas com mudanças do uso da terra. O algoritmo testado pode ser aplicado em larga escala para o monitoramento da intensificação da agricultura irrigada e dos impactos causados por essa mudança de uso da terra nos recursos hídricos.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao CNPq, pelo apoio aos projetos financiados e pela bolsa de iniciação científica concedida à primeira autora.

6 REFERÊNCIAS

- GIONGO, P. R. **Mapeamento do balanço de energia e evapotranspiração diária por meio de técnicas de sensoriamento remoto**. 2011. 213 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- SÁ JÚNIOR, A. de. **Aplicação da classificação de Köppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais**. 2009. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Água e Solo) -. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- SOUZA, L. S. B. de; SILVA, T. G. F. da; MOURA, M. S. B. de; BARBOSA, M. L.; MORAIS, J. E. F. de. Balanço de energia durante o crescimento irrigado de cana-de-açúcar no semiárido. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS NATURAIS DO SEMIÁRIDO, 1., 2013, Iguatu, CE. **Anais...** Iguatu, CE: Universidade Federal do Ceará; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2013.
- TEIXEIRA, A. H. de C.; ANDRADE, R. G.; LEIVAS, J. F.; VICTORIA, D. de C.; BOLFE, E. L. Balanço de energia e produtividade da água em larga escala: caracterização, modelagem e aplicação no Norte de Minas. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte. v. 36, n. 285, p. 101-108, 2015.
- TEIXEIRA, A. H. de C.; HERNANDEZ, F. B. T.; LOPES, H. L.; SHERER-WARREN, M.; BASSOI, L. H. A comparative study of techniques for modeling the spatiotemporal distribution of heat and moisture fluxes at different agroecosystems in Brazil. In: PETROPOULOS, G. P. (Ed.). **Remote sensing of energy fluxes and soil moisture content**. Boca Raton: CRC, 2014. p. 165 - 188.