

EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DE ONDAS – BA ATRAVÉS DO ALGORÍTMO SEBAL E IMAGENS LANDSAT 8

Elvis Bergue Mariz Moreira¹, José Yure Gomes dos Santos², Wilderclay Barreto Machado³, Eberson Pessoa Ribeiro⁴

¹Universidade Federal do Oeste da Bahia, Rua Bertioga, 892, Morada Nobre, Barreiras–BA, elvis.moreira@ufob.edu.br;

²Universidade Federal do Oeste da Bahia, Rua Bertioga, 892, Morada Nobre, Barreiras–BA, joseyure.santos@ufob.edu.br;

³Universidade Federal do Oeste do Pará, Rua Vera Paz, s/n (Unidade Tapajós), Salé, Santarém–PA,

wilderclay@yahoo.com.br; ⁴Instituto Federal de Pernambuco, Av. Prof. Luís Freire, 500, Cidade Universitária, Recife–PE, eberson_pessoa@yahoo.com.br

RESUMO

O conhecimento da evapotranspiração em uma bacia hidrográfica é relevante para gestão de recursos hídricos e sustentabilidade ambiental. Entretanto, os diversos métodos utilizados para mensuração desse parâmetro apresentam custos elevados além de possuir limitações em análise espaciais em áreas com grandes extensões e heterogêneas. Diante disso, essa pesquisa objetivou analisar a distribuição espacial da evapotranspiração real diária – ETr por sensoriamento remoto implementado ao Algoritmo de Balanço de Energia da Superfície (SEBAL) e duas imagens do satélite Landsat 8 OLI/TIR, na bacia hidrográfica do rio de Ondas – BA. A ETr apresentou variação de 0,0 mm d⁻¹ em solo exposto a 6,0 mm d⁻¹, em áreas irrigadas por pivôs e com maior densidade da vegetação nativa. O SEBAL respondeu satisfatoriamente os diversos tipos de coberturas de solo, apresentando valores em conformidade com a literatura pesquisada.

Palavras-chave — Sensoriamento remoto, áreas agrícolas, uso do solo, Cerrado.

ABSTRACT

The knowledge of evapotranspiration in a river basin is relevant for management of water resources and environmental sustainability. However, the different methods used to measure this parameter have high costs and have limitations in spatial analysis in large and heterogeneous areas. The objective of this research was to analyze the spatial distribution of daily real evapotranspiration - ETr by remote sensing implemented to the Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) and two images of the Landsat 8 OLI / TIR satellite, in the watershed of the Ondas river - BA. ETr presented variation from 0,0 to 6,0 mm d⁻¹ in areas irrigated by pivots and higher density of native vegetation. SEBAL responded satisfactorily to the different types of soil cover, presenting values in accordance with the researched literatures.

Key words — Remote sensing, agricultural areas, use of soil, Cerrado.

1. INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é considerada como o indicador de perda da água da superfície terrestre pela interface solo, planta e atmosfera, e destaca-se como uma das principais etapas do ciclo hidrológico e o conhecimento desse indicador em uma bacia hidrográfica apresenta grande relevância na gestão de recursos hídricos e sustentabilidade ambiental, em detrimento do uso e ocupação do solo [1].

Obtenção da evapotranspiração estimada tem sido realizada por diversos métodos em várias regiões do planeta, entretanto, esses métodos apresentam custos elevados além de possuir limitações em análise espaciais que demandem áreas com grandes extensões e heterogêneas. Nesse contexto, métodos baseados em algoritmos implementados em imagens de satélites oferecem vantagens por permitirem a estimativa em grandes áreas e com poucos parâmetros de superfície [2].

A bacia hidrográfica do rio de Ondas, objeto de estudo dessa pesquisa destaca-se com alto potencial hídrico e importante polo agropecuário para região oeste, entretanto ao longo dos anos tem apresentado importantes modificações no uso e ocupação do solo, podendo assim influenciar a redução nas taxas evapotranspirativas.

Dentre os algoritmos utilizados na estimativa e espacialização da evapotranspiração real–ETr, destaca-se o Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) que foi desenvolvido para obtenção do balanço de energia à superfície, por meio de imagens de satélite multispectrais que propiciem a determinação do albedo e a temperatura da superfície complementados com poucos dados meteorológicos de superfície [3].

A aplicação deste algoritmo em diferentes países tem alcançado resultados significativos com precisão e praticidade, constituindo-se em importante instrumento na estimativa da ETr em áreas de grandes extensões heterogêneas [4,5,6].

Nesse contexto essa pesquisa objetivou estimar a evapotranspiração real diária por meio do algoritmo SEBAL e imagens do Satélite Landsat 8 OLI/TIR na Bacia Hidrográfica do Rio de Ondas–BA.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica do Rio de Ondas – BA situada na região Oeste do Estado da Bahia, entre as coordenadas 11°55' e 12°34' de latitude sul e 46°23' e 45°0' de longitude oeste, (Figura 1). O limite da bacia compreende os municípios de Barreiras e Luís Eduardo Magalhães, regiões em destaque no cenário nacional no setor do agropecuário e importante polos econômicos.

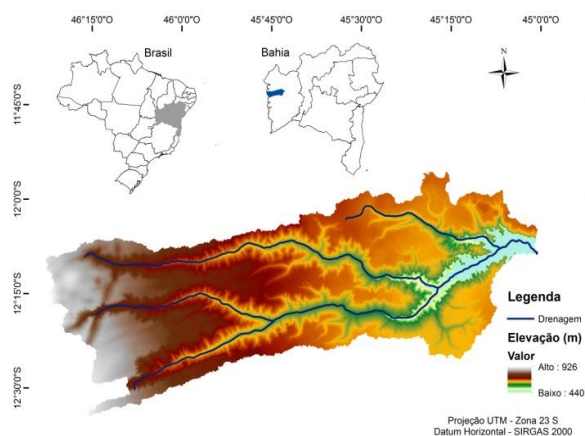


Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio de Ondas – BA.

A região da bacia apresenta clima com variação de úmido a sub-úmido e de seco a sub-úmido, conforme classificação [7], com estações chuvosa concentrando-se entre os meses de outubro a abril e volumes de precipitações anuais entre 600mm a 1200mm, destacando a região oeste da bacia com os maiores volumes acumulados. O período seco inicia entre os meses de abril a outubro onde o registro de precipitação fica próximo de 0,0 mm.

O período em que foi obtida as imagens para estimativa da evapotranspiração não contemplou acumulado de precipitação, assim como nos três últimos meses que correspondem a data da passagem do satélite na região.

2.1 Processamento das imagens de satélites e dados meteorológicos

Foram utilizadas duas imagens digitais gerada pelo sensores OLI/TIR a bordo do satélite Landsat 8, nos dias sequenciais do ano 211/2016 correspondendo a 30 de julho de 2016 e 294/2017 em 21 de outubro de 2017, obtidas gratuitamente no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos.

O recorte da bacia compreende duas imagens referentes a órbita e pontos 220/68 e 69, essas imagens foram empilhadas e posteriormente mosaicadas. Na fase do processamento da imagem e cálculo dos parâmetros do balanço de energia e elaboração dos mapas temáticos foram

realizados utilizando os softwares Erdas Imagine versão 9.3 e o ArcGIS versão 10.3 (Licença da Universidade Federal do Oeste da Bahia).

A seleção das imagens baseou-se na disponibilidade da cobertura espacial da área e no menor percentual de nebulosidade. As datas das imagens escolhidas não houve registro de precipitação assim como nos três meses que antecederam a passagem do satélite na área em estudo. Os dados meteorológicos para obtenção dos componentes do balanço de energia através do SEBAL e a evapotranspiração foram obtidos da plataforma de coleta de dados do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, localizada na cidade de Barreiras-BA (Lat -12.124715°; Log -45.027049°), altitude de 473 metros.

As etapas iniciais relacionadas a calibração e o parâmetros do balanço de radiação e energia: Saldo de radiação (R_n), Fluxo de calor no solo (G) e Fluxo de calor sensível, são descritas em [8,9].

2.2 Modelo SEBAL

A estimativa da evapotranspiração no modelo SEBAL é alcançada após a conversão do valor instantâneo do fluxo de calor latente LE ($W \cdot m^{-2}$) em ET ($mm \cdot d^{-1}$) total das 24h. O LE é obtido como resíduo da equação clássica do balanço de energia à superfície:

$$LE = R_n - H - G \quad (1)$$

Após a obtenção do LE , a ET foi calculada com base na fração evaporativa instantânea (FE_i), definida como o fluxo de calor latente dividido pela soma entre o fluxo de calor latente e o fluxo de calor sensível [10]. Diversos estudos apontam que a FE_i é igual a FE_{24h} , e que a mesma é relativamente constante em todo o período diurno. Portanto, tem-se a equação:

$$FE_i = \left(\frac{LE}{R_n - G} \right) = \frac{LE_{24h}}{R_n_{24h}} = FE_{24h} \quad (2)$$

LE_{24h} e R_n_{24h} correspondem aos valores diários dos fluxos supracitados conforme [11]:

$$R_n_{24h} = (1 - \alpha) R_{s,24h \text{ medida}} - 110 \tau_{24h} \quad (3)$$

R_s , 24h medida é a radiação solar global diária (integral) obtida na estação meteorológica localizada na área em estudo. A transmissividade atmosférica diária (τ) τ_{24h} foi calculada conforme [12]:

$$\tau_{24h} = R_{oc,24h \text{ medida}} / R_{TOA,24h} \quad (4)$$

$R_{TOA,24h}$ é a radiação solar incidente no topo da atmosfera, sendo calculada a partir da latitude da estação e do número sequencial do ano. Diante destes dados foi

possível realizar a conversão da LE_{24h} em ET_{24h} ($mm\ d^{-1}$), conforme:

$$ET_{24h} = LE_{24h} \cdot 0,86,4/2450 \quad (5)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A (Figura 2) apresenta a distribuição espacial da ETr mediante algoritmo SEBAL em 30/07/2016 e 20/10/2017, respectivamente. Os maiores intervalos $5,0-6,0\ mm\ d^{-1}$ foram encontrados nas feições com predominância de agricultura irrigada por pivôs (Figura 3) e feições com predominância da vegetação do Cerrado, representadas nas cores verde claro e, e com maior distribuição espacial in imagem de 2016.

As feições em vermelho destacaram os menores valores nas classes entre $0\ a\ 1,00\ mm\ d^{-1}$ representadas por solo exposto. As classes entre $2,0\ a\ 4,0\ mm\ d^{-1}$ representadas nas tonalidades amarelo claro e escuro foram mais intensas na porção oeste da imagem. As áreas com intenso uso do solo e desprovidas de vegetação, representadas nas cores laranja e vermelho apresentaram os menores valores, $0\ a\ 2,0\ mm\ d^{-1}$.

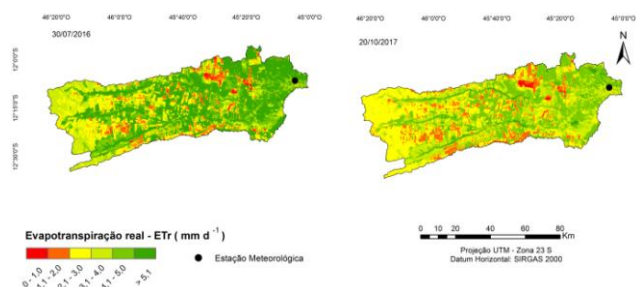


Figura 2. Imagens da ETr na bacia hidrográfica do Rio de Ondas-BA em 30/07/2016 e 20/10/2017, respectivamente.

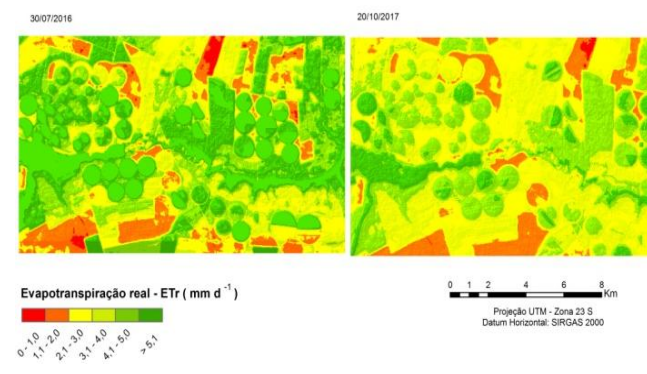


Figura 3. Imagens da ETr destacando a distribuição espacial das áreas irrigadas por pivôs em 30/07/2016 e 20/10/2017, respectivamente.

A percentagem de pixels em cada classe da evapotranspiração é representada na (Figura 4). A classe

com intervalos entre $2-3,0\ mm\ d^{-1}$ apresenta a maior representatividade em 2016 com 29,02%, enquanto a classe com os maiores valores evapotranspirativos, $5,0 - 6,0\ mm\ d^{-1}$ apresenta a menor representação, 2,9 % da área em 2017, e com 16,3% em 2016.

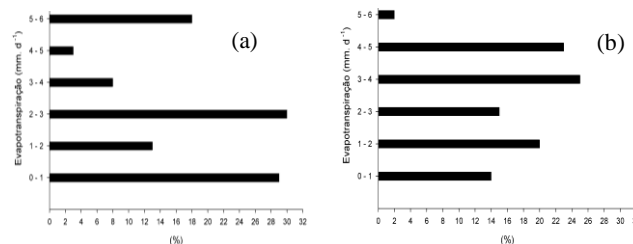


Figura 4. Percentual das classes de pixels da ETr em 30/07/2016 (a) e 20/10/2017(b), respectivamente.

A (Figura 5) apresenta a correlação entre o NDVI e a ETr para seis alvos que representam o uso do solo na bacia, destacando: Cerrado, Solo exposto, Sequeiro, Pivô, Solo em preparação e Área urbana nos anos 2016 e 2017, respectivamente. Os alvos situados em Cerrado e Pivô apresentaram NDVI superiores a 0,5 e valores de ETr entre $5,5\ a\ 6,0\ mm\ d^{-1}$, essas feições destacaram-se com maior potencial evapotranspirativo. Nas feições de área urbana, solo exposto e sequeiro foram evidenciados os menores valores do NDVI, 0,1 e com $Etr < 2,5\ mm\ d^{-1}$. Foi obtido correlação de $R^2 = 0,8642$ em 2016 e $R^2 = 0,8647$ no ano de 2017, demonstrando que a resposta de altos valores da ETr em períodos distintos estão relacionados com o maior percentual do NDVI.

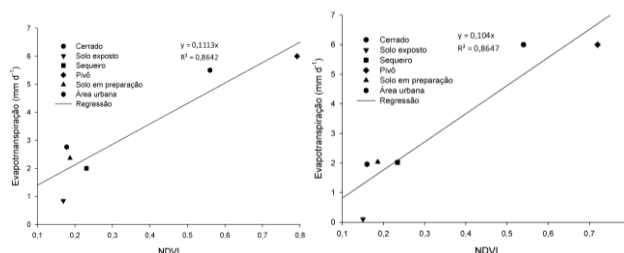


Figura 5. Correlação de alvos entre a ETr e o NDVI em 30/07/2016 e 20/10/2017, respectivamente.

Os valores da Etr encontrados na Bacia Hidrográfica do Rio de Ondas – BA apresentou variação de $0\ a\ 6,0\ mm\ d^{-1}$, resultados semelhantes foram obtidos por [1], com a utilização de produtos MODIS na Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá – PE, onde a menor magnitude da ETr ($0,5\ a\ 0,5\ mm\ d^{-1}$) foi obtida na área urbana enquanto as áreas vegetadas evidenciaram ETr até $6,0\ mm\ d^{-1}$ e no reservatório Tapacurá $4,7\ a\ 6,0\ mm\ d^{-1}$.

[13] na análise da ETr em diferentes usos e coberturas do solo da bacia do rio Negrinho (SC), através do modelo

SEBAL e imagens ASTER. As menores taxas de ETr foram encontradas nas feições que correspondem à intensa interferência antrópica (áreas urbanas e solo exposto), com valores entre zero a $2,7 \text{ mm d}^{-1}$, enquanto nas feições com vegetação densa e corpos hídricos representaram os maiores percentuais, destacando intervalos entre $4,0$ a $5,0 \text{ mm d}^{-1}$.

[14] obtiveram valores mínimos de zero e máximo de $6,92 \text{ mm d}^{-1}$ de ETr na bacia do Paractu – MG, utilizando o algoritmo SEBAL e produtos MODIS. Com o uso de metodologia semelhante na região norte Fluminense, RJ, [15], obtiveram ETr entre $0,0$ e $7,39 \text{ mm d}^{-1}$.

5. CONCLUSÕES

A metodologia utilizada com uso do algoritmo SEBAL e imagens do satélite Landsat 8, possibilitaram obter valores espacializados da ETr em diferentes tipos de coberturas da bacia hidrográfica do rio de ondas. As áreas onde o solo é utilizado para práticas agrícolas com pivôs de irrigação, apresentaram potencial evapotranspirativos semelhantes às feições com presença de vegetação nativa. As estimativas da ETr analisadas nessa pesquisa estão em concordância com a literatura consultada.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Oliveira, L. M. M.; Montenegro, S. M. G. L.; Silva, B. B. da.; Antonino, A. C. D.; Moura, A. E. S. S. Evapotranspiração real em bacia hidrográfica do Nordeste brasileiro por meio do SEBAL e produtos MODIS, v.18, n.10, p.1039–1046, 2014.
- [2] Silva, B. B. da.; Galvêncio, J. D.; Montenegro, S. M. G. L.; Machado, C. C. C.; Oliveira, L. M. M. de; Moura, M. S. B. de. Determinação por sensoriamento remoto da produtividade primária bruta do perímetro irrigado São Gonçalo, PB. Revista Brasileira de Meteorologia, v.28, p.57–64, 2013.
- [3] Bastiaanssen, W. G. M.; Menenti, M.; Feddes, R. A.; Holtslag, A. A. M. The surface energy balance algorithm for land (SEBAL). Part 1, formulation, Journal of Hydrology, v.212–213, p.198–212, 1998.
- [4] Bastiaanssen, W. G. M.; Noordman, E. J. M.; Pelgrum, H.; Davids, G.; Thoreson, B. P.; Allen, R. G. SEBAL model with remotely sensed data to improve water resources management under actual field conditions. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.131, p.85–89, 2000.
- [5] Mu, Q.; Zhao, M.; Running, S.W. Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm. Remote Sensing of Environment, v.115, p.1781–1800, 2011.
- [6] Silva, B. B. da.; Braga, A. C.; Braga, C. C.; Oliveira, L. M. M. de, Galvêncio, J. D.; Montenegro, S. M. G. L. Evapotranspiração e estimativa da água consumida em perímetro irrigado do semiárido brasileiro por sensoriamento remoto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.47, p.1218–1226, 2012.
- [7] Ayoade, J. Introdução à climatologia para os trópicos. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos, 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 322p. 2007.
- [8] Moreira, E. B. M.; Nóbrega, R. S.; Silva, B. B. da.; Ribeiro, E. P. O modelo SEBAL para estudos de clima intraurbano: aplicação em Recife, Pernambuco, v. 39, p.247–265, 2017.
- [9] Machado, C. C.; Silva, B. B. da.; Albuquerque, M. B.; Galvêncio, J. D. Estimativa do balanço de energia utilizando imagens TM – Landsat 5 e o algoritmo SEBAL no litoral Sul de Pernambuco, v.29, n.1, 55–67, 2014
- [10] Shuttleworth, W. J.; Gurney, R. J.; HSU, A. Y. & Ormsby, J. P. Fife: the variation in energy partition at surface flux sites. IAHS Publ. n. 186, 1989.
- [11] DE Bruin, H. A. R.; Stricker, J. N. M. Evaporation of grass under non-restricted soil moisture conditions, Hydrology Science Journal, n. 45(2), p. 391–406, 20005.
- [12] Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and Drainage paper 56. Rome, Italy, 1998.
- [13] Uda, P. K.; Corseuil, C. W.; Kobiyama, M.; Silva, F. V. Análise da evapotranspiração real diária para diferentes usos e coberturas do solo da bacia do rio Negrinho – SC por meio do modelo SEBAL e imagens ASTER. In anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 323–332, 2013.
- [14] Lima, E. P.; Sedyama, G. C.; Andrade, R. G.; Lopes, V. D.; Silva, B. B. da. Revista Ceres, Viçosa, v. 61, n.1, p. 017–027, 2014.
- [15] Mendonça, J. C. Estimativa da evapotranspiração regional utilizando imagens digitais orbitais na região Norte Fluminense, RJ. Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes. 145p, 2007.