

Indicadores biofísicos no Pantanal usando imagem Sentinel-2^a

Janice Freitas Leivas ¹
Antonio Heriberto de Castro Teixeira ¹
Edlene Aparecida Garçon ¹
Celina Takemura ¹

¹Embrapa Territorial - CNPM
Av. Soldado Passarinho, 303 – 13070-115
Campinas - SP, Brasil

{janice.leivas, heriberto.teixeira, edlene.garcon, celina.takemura}@embrapa.br

Resumo. O objetivo do trabalho é obter análises preliminares de parâmetros biofísicos em área do Pantanal utilizando o modelo agrometeorológico espectral SAFER (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving). Para aplicação do modelo são necessários dados meteorológicos e imagem de satélite. Neste estudo foi utilizada imagem do sensor Sentinel-2A com resolução espacial de 10 m e temporal de 5 dias. Foram obtidos indicadores biofísicos como NDVI, albedo, temperatura da superfície, biomassa e evapotranspiração. O albedo médio obtido na cena de maio de 2018 foi de $0,16 \pm 0,01$. O NDVI médio foi de $0,55 \pm 0,13$ e a temperatura da superfície de 300,4 K. A biomassa média analisada foi de $62,8 \pm 45,9$ Kg.ha⁻¹.d⁻¹. A evapotranspiração média diária foi de $1,42 \pm 0,76$ mm. Apesar das análises terem sido realizadas em um único imageamento, os resultados preliminares são animadores, diante da possibilidade de monitoramento das condições hídricas e respostas espectrais da superfície, usando imagens do satélite Sentinel-2A, com boa resolução espacial e temporal. Posteriormente, sugere-se analisar uma série temporal das imagens do bioma, podendo-se verificar o efeito das diferentes condições hídricas.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, evapotranspiração, biomassa, temperatura da superfície, albedo, Pantanal

Abstract. The objective of this work is to obtain preliminary analyzes of biophysical parameters in area of the Pantanal using the SAFER (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving) spectral agrometeorological model. Meteorological data and satellite imagery are required for model application. In this study, the Sentinel-2A sensor image with spatial resolution of 10 m and temporal of 5 days was used. Biophysical indicators such as NDVI, albedo, surface temperature, biomass and evapotranspiration were obtained. The average albedo obtained in the May 2018 scene was 0.16 ± 0.01 . The mean NDVI was 0.55 ± 0.13 and the surface temperature was 300.4 K. The mean biomass analyzed was 62.8 ± 45.9 Kg.ha⁻¹.d⁻¹. The mean daily evapotranspiration was 1.42 ± 0.76 mm. Although the analyzes were performed in a single image, the preliminary results are encouraging, given the possibility of monitoring the water conditions and spectral responses of the surface, using images of the Sentinel-2A satellite, with good spatial and temporal resolution. Afterwards, it is suggested to analyze a time series of the biome images, being able to verify the effect of the different water conditions.

Keywords: remote sensing, evapotranspiration, biomass, surface temperature, albedo, Pantanal

1. Introdução

Diante da extensão do Pantanal e de seu regime hídrico, as imagens de satélite são de grande importância para o monitoramento do bioma. Em áreas de pastagem e agricultura, informações quantitativas de parâmetros biofísicos como albedo, NDVI, evapotranspiração, temperatura da superfície e biomassa são de grande importância para a avaliação das características da cobertura vegetal, possibilitando realizar inferências sobre a dinâmica da cobertura vegetal.

A evapotranspiração (ET) é uma das mais importantes variáveis no ciclo hidrológico, fazendo a ligação entre energia, disponibilidade hídrica e clima. A mudança de cobertura e uso do solo gera impactos na interação biosfera-atmosfera, afetando variáveis climáticas importantes, como o albedo e a ET. A ET apresenta grande variação no espaço e no tempo. Diante disso, as técnicas de sensoriamento remoto vêm sendo aplicadas com eficiência, pois permitem estimar a ET em grandes áreas sem que seja necessário quantificar outros processos hidrológicos (Andrade et al., 2010). Essas estimativas são feitas por meio de imagens de sensoriamento remoto, com a aplicação de algoritmos e modelos (Andrade et al., 2014), com destaque para *Surface Energy Balance Algorithm for Land* – SEBAL – (Bastiaanssen et al., 1998), o *Mapping Evapotranspiration at High Resolution with Internalized Calibration* – METRIC – (Allen et al., 2007a, 2007b) e o *Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving* – SAFER – (Teixeira et al., 2013a).

A partir de 2015, a Agência Espacial (ESA) tem disponibilizado imagens multiespectrais do satélite Sentinel, com alta resolução espacial (10 m na faixa do visível e infravermelho próximo) e temporal (revisita em 5 dias). As cenas são disponibilizadas em projeção UTM/WGS84, ortorretificadas e em grade de 100 Km.

2. Objetivo

O objetivo deste estudo foi obter parâmetros biofísicos em área do bioma Pantanal, utilizando o modelo SAFER, sem utilizar a banda termal, visando aumento da resolução espacial e obter maior detalhamento da superfície.

3. Material e Métodos

A área de estudo abrange parte do bioma Pantanal, na área do município de Aquidauana, estado de Mato Grosso do Sul. O município de Aquidauana está em área de transição entre os biomas Pantanal e Cerrado. Segundo dados do IBGE, a agricultura ocupa uma área de lavoura temporária de 9.492 ha do município, destacando-se o cultivo de milho, mandioca e olerícolas. A área ocupada pela pecuária, com destaque para a de corte, ocupa área de 949.694 ha de pastagem natural, e 810.790 cabeças de bovinos. Outros ramos de pecuária importantes são a pecuária extensiva de cria e recria sustentada pelas pastagens naturais.

Foram utilizados dados diários de temperatura do ar máxima (Tmax) e mínima do ar (Tmin), umidade relativa máxima do ar (URmax) e mínima do ar (URmin), velocidade do vento e radiação solar global (Rs), disponibilizados no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A imagem do satélite Sentinel refere-se ao dia 29 de maio de 2018, tile T21KXT. Foram usadas as bandas do visível (VIS) e infravermelho próximo (NIR). Para o processamento das imagens foi utilizado o software livre ILWIS e o ArcGis 10.5.

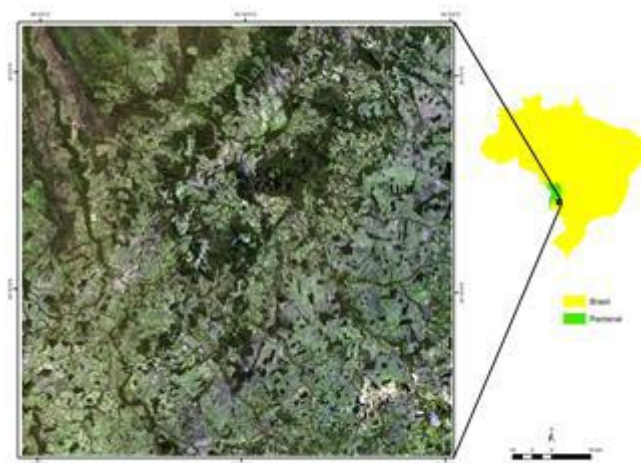


Figura 1. Localização do bioma Pantanal e imagem composta (RGB) da área do município de Aquidauana/MS.

Para a estimativa dos parâmetros, foi processada imagem do sensor Sentinel-2A, disponibilizada pela ESA (Agência Espacial Europeia), juntamente com dados da estação meteorológica de Aquidauana, disponibilizados pelo INMET.

O algoritmo SAFER (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving), o albedo de superfície (α_0) foi estimado a partir das bandas 2,3,4 e 8, com resolução espacial de 10 m:

$$\alpha_0 = a. \alpha_2 + b. \alpha_3 + c. \alpha_4 + d. \alpha_8$$

Em que α_2 , α_3 , α_4 e α_8 são reflectâncias nas faixas espectrais das bandas 2, 3, 4 e 8 do sensor Sentinel-2A e a, b, c e d são coeficientes de regressão que apresentam, respectivamente, os valores de 0,32, 0,26, 0,25 e 0,17. Na obtenção da temperatura da superfície (T_s), esta foi estimada pelo resíduo no balanço de radiação diário (Teixeira et al., 2014b):

$$T_s = \frac{R_G - \alpha_0 R_G + \epsilon_A \sigma T_a^4 - R_n}{\epsilon_S \sigma}$$

onde R_G e T_a são, respectivamente, os valores diários da radiação solar global e temperatura média do ar medidas na estação meteorológica de Aquidauana; R_n é o saldo de radiação diário; ϵ_S e ϵ_A são, respectivamente, as emissividades da superfície e da atmosfera; e σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$).

ϵ_S e ϵ_A foram calculadas como segue (Teixeira, 2010; Teixeira et al., 2014):

$$\epsilon_S = a_s \ln \text{NDVI} + b_s \qquad \epsilon_A = a_A (-\ln \tau)^{b_A}$$

onde τ a transmissividade atmosférica calculada como a razão de R_G para a radiação incidente no topo da atmosfera; NDVI é o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada; e a_s , b_s , a_A e b_A são coeficientes de regressão considerados sendo 0,06, 1,00, 0,94 e 0,10 de acordo com Teixeira (2010) e Teixeira et al. (2014a).

R_n foi obtido pelos valores diários do saldo de radiação de ondas curtas através da equação de Slob (Teixeira et al, 2013, 2014a):

$$R_n = (1 - \alpha_0)R_G - a_L \tau$$

onde o coeficiente de regressão a_L foi distribuído espacialmente através da sua relação com a temperatura do ar (Teixeira et al., 2013; 2014a).

Com o modelo SAFER, obteve-se a ET, a qual foi transformada em fluxo de calor latente (λE) (Teixeira et al., 2013, 2014a,b):

$$\frac{ET}{ET_0} = \left\{ \exp \left[a_s + b_s \left(\frac{T_0}{\alpha_0 NDVI} \right) \right] \right\} \frac{ET_{0\text{ano}}}{5}$$

onde os coeficientes originas a_s e b_s de 1,9 e -0,008 foram utilizados, porém utilizando-se o fator de correção $ET_{0\text{ano}}/5$, em que a $ET_{0\text{ano}}$ é a grade de ET de referência anual no ano de 2012 pelas estações meteorológicas no Pantanal e, 5 é o valor anual da ET0 no período de elaboração do modelo na região de origem.

A produção de biomassa foi quantificada como:

$$BIO = \sum (\epsilon_{\max} (ET/ET_0) * ARAF 0,864),$$

onde ARAF é a radiação fotossinteticamente ativa obtida pela combinação de RG e NDVI, ϵ_{\max} é eficiência máxima de uso da luz, a qual depende se as espécies são c3 ou c4 e 0,864 é um fator de conversão.

A metodologia proposta acima, com a utilização de dados diários de estações meteorológicas juntamente com imagens de satélite pode ser aplicada para todo o bioma Pantanal, obtendo parâmetros acima expostos, em larga escala. A partir do balanço de energia e água, é possível monitorar as condições termo-hídricas da região, assim como a expansão e dinâmica das áreas inundáveis no período das cheias.

Para análise dos resultados do modelo para obtenção dos parâmetros biofísicos, foram calculadas estatísticas da cena analisada.

4. Resultados e Discussão

As **Figuras 2, 3 e 4** a mostra a distribuição espacial dos indicadores biofísicos como o albedo (a), NDVI (b), temperatura da superfície (c), biomassa (d) e evapotranspiração diária (e) em área do município de Aquidauana/MS. Com base na análise dos resultados, o albedo médio foi de 9% e desvio padrão de 0,01. A biomassa média foi 62,79 Kg.ha⁻¹.d⁻¹ e desvio padrão de 45,9. A evapotranspiração média diária foi de 1,42 ± 0,76mm, alcançando valores de 4,3 mm.

Os resultados obtidos corroboram com estudo realizado com análise multitemporal com imagens de menor resolução espacial, sensor MODIS (250 m), em que foram analisadas as classes de uso e cobertura disponibilizada no Probio (Leivas et al., 2016). Em estudo realizado com modelo SEBAL, para estimativa de evapotranspiração e outros parâmetros biofísicos (Andrade et al. (2012), foram obtidos valores de ET diária média de 2,4 mm dia⁻¹, na savana estépica/chaco. Nas áreas que se estendem pelas classes de savana (cerrado), pecuária (pastagem plantada) e áreas antropizadas, a ET diária variou de 1,3 a 1,9 mm dia⁻¹. Resultados obtidos por Sanches et al. (2011), observaram valores médios e ET de 2,5 mm.dia⁻¹, na estação seca e de 4,1 mm.dia⁻¹, na chuvosa. Antunes & Esquerdo (2007) e Goltz et al. (2007) realizaram estudos em áreas inundáveis com métodos diferentes.

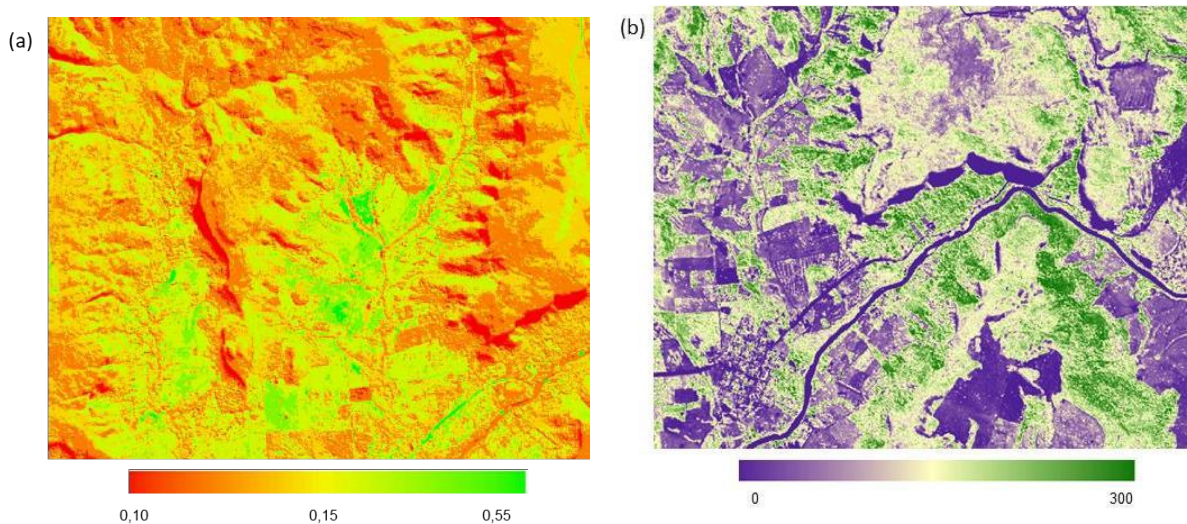


Figura 2. Mapa do albedo (a) e biomassa ($\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) (b), a partir da cena de 29 de maio de 2018, satélite Sentinel-2A.

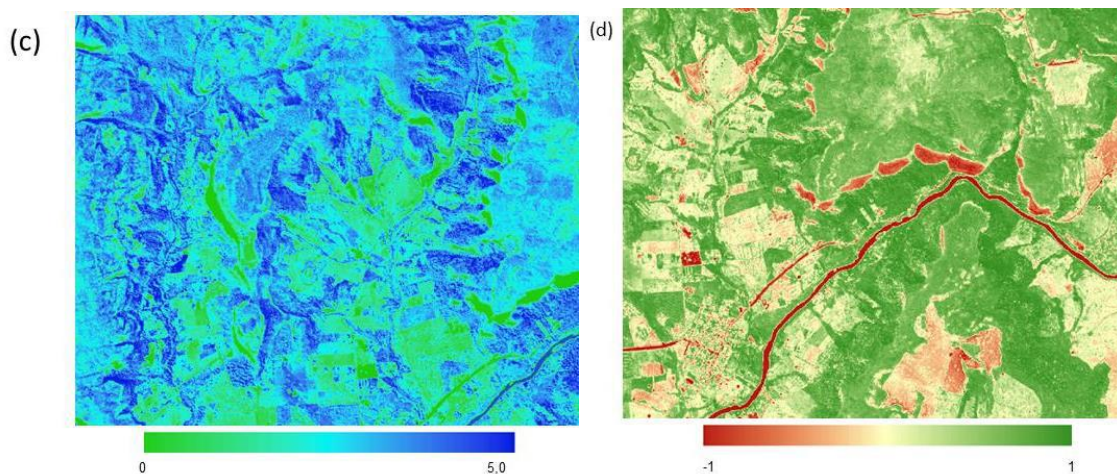


Figura 3. Mapa da estimativa da evapotranspiração ($\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$) e NDVI (d), da cena de 29 de maio de 2018, satélite Sentinel-2A.

Com os resultados obtidos, ressalta-se que a metodologia proposta pode ser aplicada com imagens Sentinel-2A, com boa resolução espacial, podendo-se expandir as análises para uma série temporal. Com uma série temporal de imagens, juntamente com dados interpolados de estações meteorológicas, é possível obter os parâmetros ao longo do ciclo de cheia e seca, e obter resultados de dinâmica dos parâmetros hídrico-térmicos.

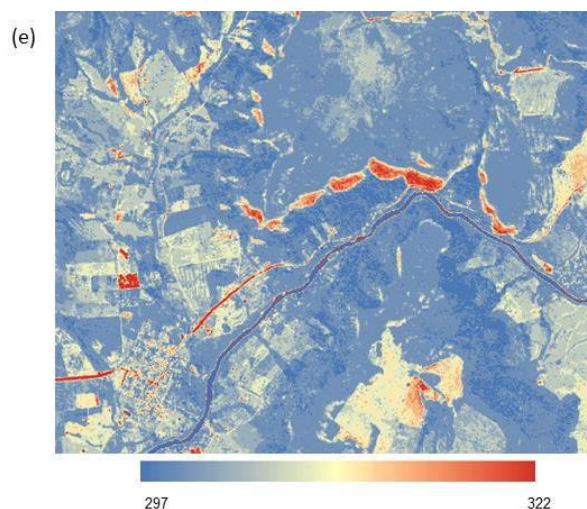


Figura 4. Mapa da estimativa da temperatura da superfície (K), satélite Sentinel-2A.

Apesar das análises terem sido realizadas em um único imageamento, os resultados preliminares são animadores, diante da possibilidade de monitoramento das condições hídricas e respostas espectrais da superfície, usando imagens do satélite Sentinel-2A, com boa resolução espacial e temporal. Posteriormente, sugere-se analisar uma série temporal das imagens do bioma, podendo-se verificar o efeito das diferentes condições hídricas.

5. Conclusões e Sugestões

Conforme os resultados apresentados conclui-se que o modelo agrometeorológico-espectral apresentou estimativas dos parâmetros biofísicos coerentes com resultados obtidos com outros sensores, com diferentes resoluções espaciais e temporais. Com isso, o sensor Sentinel-2A, pode ser uma alternativa de imagens com boa resolução espacial, disponibilizadas gratuitamente pela Agência Espacial Europeia (ESA), preenchendo lacunas de disponibilização de imagens de outros sensores.

6. Referências

- Allen, R.; Tasumi, M.; Trezza, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 133, n. 04, p. 380-394, 2007a.
- Allen, R.; Tasumi, M.; Trezza, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) applications. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 133, n. 04, p. 395-405, 2007b.
- Andrade, R. G.; Paz, A. R. da; Victoria, D. de C.; Delgado, R. C.; Lima, E. de P. Análise da evapotranspiração real diária em diferentes classes de uso e cobertura da terra na região do Pantanal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010. Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: SBMET, 2010.
- Andrade, R. G.; Teixeira, A. H. DE C.; Sano, E. E.; Leivas, J. F.; Victoria, D. C.; Nogueira, S. F. Evapotranspiração em pastagens com indicativos de degradação na bacia hidrográfica do Alto Tocantins. In INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2., Fortaleza, 2014. **Anais...** Fortaleza: INOVAGRI, 2014.
- Antunes, J.F.G.; Esquerdo, J.C.D.M. Geração automática de produtos derivados de imagens AVHRR-NOAA para monitoramento de áreas inundáveis do Pantanal. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.59, p.115-122, 2007.

Bastiaanssen, W. G. M.; Menenti, M.; Feddes, R. A.; Holtslag, A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212/213, p. 198-212, 1998.

Goltz, E.; Brandão, D.; Tomás, L.; Mantelli, L.R.; Adami, M.; Shimabukuro, Y.E.; Formaggio, A.R. Utilização de índices espectrais de vegetação do sensor MODIS na determinação de áreas suscetíveis a alagamento no Pantanal sulmatogrossense. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.59, p.35-44, 2007.

Teixeira, A. H. de C. Determining regional actual evapotranspiration of irrigated and natural vegetation in the São Francisco river basin (Brazil) using remote sensing and Penman-Monteith equation. **Remote Sensing**, v. 2, 1287-1319, 2010.

Teixeira, A. H. de C.; Hernandez, F. B. T.; Lopes, H. L.; Scherer-Warren, M.; Basso, L. H. A Comparative Study of Techniques for Modeling the Spatiotemporal Distribution of Heat and Moisture Fluxes in Different Agroecosystems in Brazil. **In: George G. Petropoulos. (Org.). Remote Sensing of Energy Fluxes and Soil Moisture Content**. 1ed. Boca Raton, Florida: CRC Group, Taylor and Francis, p. 169-191, 2014a.

Teixeira, A. H. de C.; Scherer-Warren, M.; Hernandez, F. B. T.; Andrade, R. G.; Leivas, J. F.; Large-Scale Water Productivity Assessments with MODIS Images in a Changing Semi-Arid Environment: A Brazilian Case Study. **Remote Sensing**, v. 11, 5783-5804, 2013.