



## Variação temporal de parâmetros biofísicos da superfície por imagens Landsat 5 em diferentes coberturas do solo em uma área de transição de Cerrado e Pantanal em Mato Grosso

Israel Oliveira IVO<sup>1</sup>, Marcelo Sacardi BIUDES<sup>1\*</sup>, Rayanna de Oliveira COSTA<sup>1</sup>,  
Nadja Gomes MACHADO<sup>2</sup>, Luiz Octávio Fabrício dos SANTOS<sup>1</sup>,  
Altemar Lopes PEDREIRA JUNIOR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil.  
(Orcid: 000-0002-2766-1592; \*, 0000-0002-0872-5861; 0000-0003-4171-1194; 0000-0001-6852-9224)

<sup>2</sup>Instituto Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil (Orcid: 0000-0003-2113-0448)

\*E-mail: [marcelo@fisica.ufmt.br](mailto:marcelo@fisica.ufmt.br) (Orcid: 000-0002-0795-8946)

Recebido em 27/03/2020; Aceito em 15/09/2020; Publicado em 25/09/2020.

**RESUMO:** A substituição da vegetação nativa e a sazonalidade climática modificam os parâmetros biofísicos da superfície. Como 50% do Cerrado tem sido convertido em lavouras e pastagens, o objetivo desse estudo foi avaliar a variação temporal de parâmetros biofísicos em áreas nativas e convertidas em uma área de transição entre Cerrado e Pantanal no Mato Grosso. O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental da UFMT (15° 51' 15.23" S e 56° 04' 13.50" W) com imagens do sensor TM-Landsat 5 entre abril e setembro de 2011. O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), o albedo da superfície ( $\alpha$ ) e a temperatura da superfície (Ts) foram estimados em áreas de Cerrado *stricto sensu* (CER), pastagem de *Brachiaria brizantha* (PAS) e mangueiral (MAN). Os maiores valores de NDVI e menores valores de  $\alpha$  e Ts foram observados nas áreas mais densamente vegetadas. O Cerrado apresentou menores valores de  $\alpha$  e a MAN apresentou maiores valores de NDVI ao longo de todo experimento. A substituição da cobertura nativa da região de transição de Cerrado e Pantanal por vegetação exótica modificou significativamente os parâmetros biofísicos avaliados, com potencial de modificar os balanços de radiação, energia, carbono da superfície.

**Palavras-chave:** desmatamento; sensoriamento remoto; aquecimento regional.

### Temporal variation of biophysical parameters of the surface by Landsat 5 images in different soil covers in a transitional area of Cerrado and Pantanal in Mato Grosso

**ABSTRACT:** The substitution of native vegetation and climatic seasonality modify the surface biophysical parameters. As 50% of the Cerrado has been converted to crops and pastures, the objective of this study was to evaluate the temporal variation of biophysical parameters in native areas and converted into a transition area between Cerrado and Pantanal in Mato Grosso. The study was conducted at the UFMT Experimental Farm (15° 51' 15.23" S e 56° 04' 13.50" W) with TM Landsat 5 images between April and September 2011. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), and the surface albedo ( $\alpha$ ) and surface temperature (Ts) were obtained from a Cerrado *stricto sensu* (CER), a pasture of *Brachiaria brizantha* (PAS) and a mangrove (MAN). The highest NDVI values and lowest  $\alpha$  and Ts values were observed in the most densely vegetated areas. The replacement of the native cover of the Cerrado and Pantanal transition region with exotic vegetation significantly modified the biophysical parameters evaluated, with the potential to modify the radiation, energy and carbon balances of the surface.

**Keywords:** deforestation; remote sensing; regional warming.

#### 1. INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro ocupa uma área de aproximadamente 1,8 milhões de km<sup>2</sup>, aproximadamente 20% do território nacional, com elevada heterogeneidade espacial, causada pela alta diversidade de solos e relevos, e intensificada pela substituição de áreas nativas por lavouras e pastagens (ANACLETO et al., 2005). Além disso, o clima do Cerrado é caracterizado por uma estação seca e uma chuvosa (BIUDES et al., 2015), que influenciam na sazonalidade das respostas fisiológicas e fenológicas da vegetação nativa e na dinâmica da vegetação exótica (FAUSTO et al., 2014).

Estima-se que, até a última década, aproximadamente 50% do Cerrado foi convertido em lavouras e pastagens

(MMA, 2011). Essa mudança pode provocar diversos efeitos climáticos em escala regional, devido à mudança na dinâmica de troca de energia e massa no sistema solo-planta-atmosfera (ANGELINI et al., 2017). Consequentemente, a conversão de áreas nativas em lavouras e pastagens modifica a dinâmica da umidade do ar, precipitação e a estabilidade da camada limite da atmosfera (COSTA; PIRES, 2010).

A mudança na cobertura da superfície pode ser avaliada por meio de imagens de satélite, possibilitando detectar mudanças em parâmetros biofísicos da superfície, como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI) e o albedo ( $\alpha$ ) e temperatura da superfície (Ts) (IVO et al., 2018). O NDVI,

cujos valores variam entre -1 e 1, está relacionado com a atividade fotossintética da vegetação, o que possibilita identificar e caracterizar os arranjos dos diferentes tipos vegetacionais e determinar seu estado fisiológico, além de identificar corpos d'água em locais cujo NDVI é negativo (DEMARCHI et al., 2011; BEZERRA et al., 2014).

O  $\alpha$  expressa a capacidade que os elementos que compõem a superfície têm de refletir a radiação solar (FAUSTO et al., 2016). Conseqüentemente, mudanças na cobertura da superfície alteram suas propriedades espectrais, modificando os intercâmbios energéticos entre a superfície e a atmosfera (ANGELINI et al., 2017). O  $\alpha$  em área de vegetação densa, geralmente é menor que em vegetação rasteira ou solo exposto, devido à maior densidade dos pigmentos fotossintetizantes e a capacidade de absorção da radiação solar pelas múltiplas reflexões no interior do dossel da vegetação (QUERINO et al., 2016).

A  $T_s$  também, derivada de imagens de satélite, contribui em estudos sobre a mudança da cobertura do solo, uma vez que o balanço energético da superfície depende da sua temperatura (FAUSTO et al., 2016). Áreas com elevada densidade de biomassa vegetal utilizam a energia proveniente do balanço de radiação prioritariamente na forma de calor latente, que não altera a  $T_s$ , enquanto áreas com menor densidade de biomassa vegetal a usam na forma de calor sensível, que aumenta a  $T_s$  (BIUDES et al., 2015; ANGELINI et al., 2017).

Considerando que a substituição da vegetação nativa e a sazonalidade climática modificam os parâmetros biofísicos da superfície, o objetivo desse estudo foi avaliar a variação temporal de parâmetros biofísicos em áreas nativa e convertidas em uma área de transição de Cerrado e Pantanal em Mato Grosso.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

A área de estudo está localizada na Fazenda Experimental (FEX) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) (15°47'11" S; 56°04'47" O), no município de Santo Antônio

do Leverger, à 33 km de Cuiabá, Mato Grosso (Figura 1-A). O clima da área de estudo segundo Köppen é Aw, com precipitação anual de 1320 mm e temperatura média 25,7 °C (Biudes et al., 2015). Na FEX existe uma variedade de coberturas vegetais, desde fragmentos naturais a áreas de monoculturas agrícolas e pastagens. As áreas amostradas foram um Cerrado *stricto sensu* (CER), uma pastagem de *Brachiaria brizantha* (PAS) e um mangueiral (MAN) (Figura 1-B).

### 2.2. Dados de Precipitação e Imagens de Satélite Utilizados

Os dados de precipitação (PPT) foram obtidos do satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission), fornecidos pela Agência Nacional Aeroespacial Americana e disponibilizados na plataforma [http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/TRMM]. O tamanho do pixel do TRMM é 25 km<sup>2</sup>.

As imagens de refletância da superfície e a temperatura de brilho utilizadas neste estudo são do sensor TM do satélite Landsat 5, órbita 226 e ponto 071, dos dias julianos (DJ) 112 (22/04/2011), 192 (11/07/2011), 224 (12/08/2011) e 272 (29/09/2011). As imagens de satélite foram obtidas do ESPA-USGS (Center Science Processing Architecture - United States Geological Survey, disponível em <espa.cr.usgs.gov>, Acesso em 10/07/2019). Os valores do NDVI,  $T_s$  e  $\alpha$  de cada área amostral (CER, PAS e MAN) foram obtidos em uma matrix de 3x3 pixels (9 pixels, com resolução espacial de 30 x 30 m) em cada imagem. As imagens de refletância da superfície passaram por correções radiométrica, atmosférica, geométrica sistemática e de precisão, e erro paralaxe pelo modelo digital na plataforma ESPA (CLAVERIE et al., 2015).

### 2.3 Cálculo dos Parâmetros Biofísicos da Superfície

O NDVI foi calculado pela diferença entre as bandas do infravermelho próximo (NIR) e vermelho (RED) normalizada pela soma dessas bandas (Equação 1).

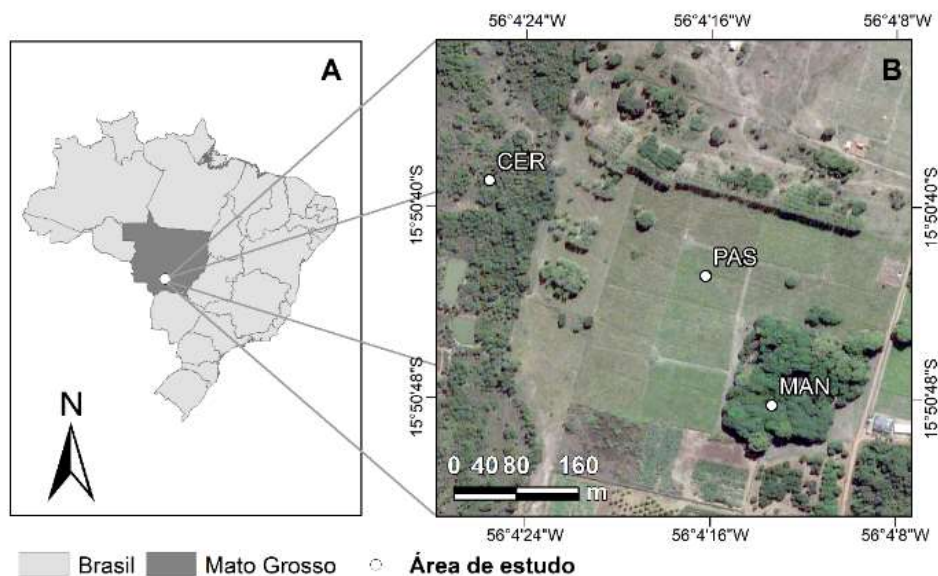


Figura 1. Localização da área de estudo na Fazenda Experimental da UFMT, Santo Antônio do Leverger, Mato Grosso.  
Figure 2. Location of the study area at UFMT Experimental Farm, Santo Antônio do Leverger, Mato Grosso.

$$NDVI = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3} \quad (1)$$

em que:  $\rho_3$  e  $\rho_4$  correspondem as refletâncias espectrais das bandas 3 (RED) e 4 (NIR) do TM, respectivamente.

O  $\alpha$  foi estimado pela Equação (2), proposta por Liang et al. (2000).

$$\alpha = 0,356\rho_1 + 0,130\rho_3 + 0,373\rho_4 + 0,085\rho_5 + 0,072\rho_7 - 0,0018 \quad (2)$$

em que:  $\rho_1, \rho_3, \rho_4, \rho_5$  e  $\rho_7$  correspondem as reflectâncias das bandas 1, 3, 4, 5 e 7, respectivamente.

A  $T_s$  foi estimada por meio da Equação (3).

$$T_{sup} = \frac{k_2}{\ln\left(\frac{k_1}{L_T} + 1\right)} \quad (3)$$

em que:  $k_1 = 774,8853 \text{ W m}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$  e  $k_2 = 1321,0789 \text{ K}$  são constantes e  $L_T$  é a radiância espectral da banda 6 corrigida para os efeitos da atmosfera (Equação 4).

$$L_T = \frac{L_{TOA} - \tau(1 - \varepsilon_0)L_d - L_u}{\tau\varepsilon_0} \quad (4)$$

em que:  $L_{TOA}$  é a radiância térmica emitida pela superfície (Equação 5),  $\tau$  a transmitância atmosférica à banda 6,  $L_d$  a radiância de ressonância da banda 6 recebida pela superfície na banda termal e  $L_u$  é a radiância de ressonância da banda 6 emitida pela superfície. Os valores de  $\tau$ ,  $L_d$  e  $L_u$  foram obtidos na plataforma *Atmospheric Correction Parameter Calculator* (atmcorr.gsfc.nasa.gov, Acesso em 11/07/2019), desenvolvido pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) (BARSÍ et al., 2005).

$$L_{TOA} = \frac{C_1}{\lambda^5(e^{\lambda(\rho_6 \times 0,1)} - 1)} \quad (5)$$

A  $\varepsilon_0$  foi calculada por meio da Equação (6) com base no modelo de cobertura da vegetação (VALOR; CASELLES, 1996).

$$\varepsilon_0 = \begin{cases} 0,99 \text{ se } NDVI < 0,05 \\ 0,96 \text{ se } NDVI < 0,02 \\ 0,985 \text{ se } NDVI > 0,5 \\ \varepsilon_v P_v + \varepsilon_g (1 - P_v)(1 - 1,74P_v) + 1,7372P_v(1 - P_v) \end{cases} \quad (6)$$

em que  $\varepsilon_v = 0,985$  e  $\varepsilon_g = 0,960$  são as emissividades da vegetação e do solo puro, respectivamente.  $P_v$  é a fração de cobertura da vegetação, calculada pela Equação (7) em função do NDVI.

$$P_v = \left[ \frac{(NDVI - NDVI_{min})}{(NDVI_{max} - NDVI_{min})} \right]^2 \quad (7)$$

em que:  $NDVI_{max}$  e  $NDVI_{min}$  são os valores de NDVI máximo e mínimo de cada imagem, respectivamente.

## 2.4 Análise dos Dados

Os dados foram analisados a partir de médias entre os nove pixels em cada tipo de cobertura do solo. As relações entre os parâmetros biofísicos e a precipitação foi avaliada pela correlação de Spearman (Spearman, 1904). Este método foi utilizado devido as análises preliminares indicarem que a distribuição dos dados não apresentou normalidade, desse modo optou-se pelo método não paramétrico de Spearman.

## 3. RESULTADOS

A PPT anual foi 1.728 mm em 2011 (Figura 2) 86,1% ocorrido no período chuvoso. No período seco os meses de maio e julho não tiveram eventos de chuva registrados. Os meses com maior volume de PPT foram janeiro (22,5%), fevereiro (22,6%) e março (23,0%).

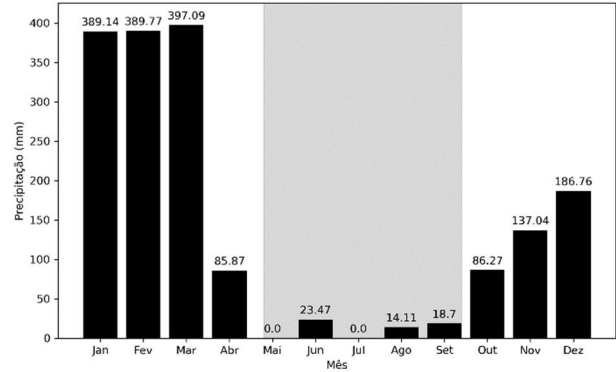


Figura 2. Precipitação acumulada mensal para Fazenda Experimental da UFMT, obtida do TRMM em 2011. A área sombreada representa o período seco para a região.

Figure 3. Accumulated monthly precipitation for UFMT's Experimental Farm, obtained from TRMM in 2011. The shaded area represents the dry period for the region.

Em geral, o NDVI variou entre 0,25 e 0,83,  $\alpha$  variou entre 0,10 e 0,22 e a  $T_s$  variou entre 29,7°C e 51,1°C nas áreas de estudo na Fazenda Experimental da UFMT (FEX) entre abril e setembro de 2011. O NDVI variou significativamente entre as áreas amostradas e ao longo do período de experimento (Figura 3). A MAN teve menor variação de NDVI entre os meses com médias de 0,74, enquanto o NDVI das demais áreas amostradas diminuíram ao longo do experimento. O  $\alpha$  e a  $T_s$  variaram significativamente entre as áreas em abril e novembro, geralmente com maiores valores na PAS. No entanto, o  $\alpha$  na MAN e PAS e a  $T_s$  no CER e MAN não diferiram em julho e agosto.

Em média, o NDVI da FEX diminuiu de 0,8 para 0,2 entre abril e setembro de 2011 (Figura 4). Áreas em tons de verde azulado representam maiores valores de NDVI e as áreas em tons de amarelo avermelhado representam os menores valores de NDVI. Enquanto o  $\alpha$  aumentou de 0,12 para 0,24 e a  $T_s$  aumentou de 26°C para 48°C na FEX entre abril e setembro de 2011. As áreas de verde escuro representam menores valores de  $\alpha$  e as áreas em tons de amarelo avermelhado representam os maiores valores. Áreas em tons de azul representam menores valores de  $T_s$  e áreas em tons de vermelho apresentam valores acima de 42°C. A redução no NDVI da FEX foi devido à diminuição da precipitação ( $r = 0,22$ ; valor-p < 0,01), que também aumentou o  $\alpha$  ( $r = -0,39$ ; valor-p < 0,01) e a  $T_s$  ( $r = -0,51$ ; valor-p < 0,01). A  $T_s$  também aumentou com o  $\alpha$  ( $r = 0,60$ ; valor-p < 0,01).

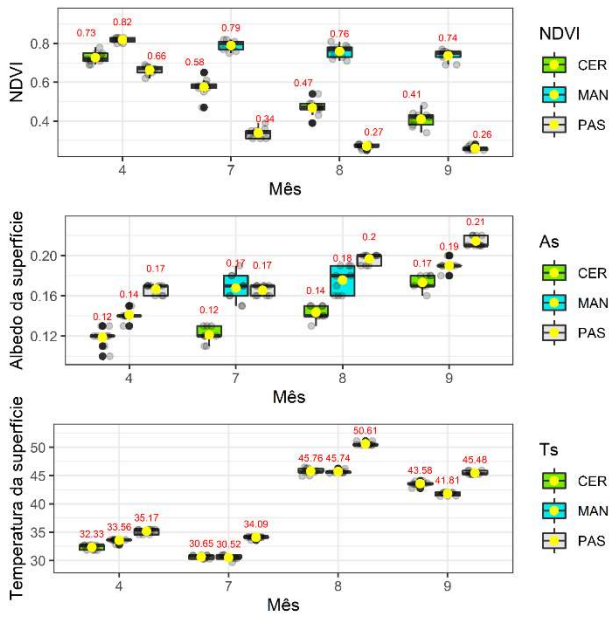


Figura 4. Variação mensal de NDVI, albedo e temperatura da superfície de áreas de um Cerrado (CER), uma pastagem mista (PAS) e um mangueiral (MAN) na Fazenda Experimental da UFMT, Santo Antônio do Leverger, Mato Grosso. O círculo amarelo representa a média (valor em vermelho).

Figure 2. Monthly variation of NDVI, albedo and surface temperature of areas of a Cerrado (CER), a mixed pasture (PAS) and a mangrove (MAN) at UFMT Experimental Farm, Santo Antônio do Leverger, Mato Grosso. The yellow circle represents the average (value in red).

#### 4. DISCUSSÃO

O padrão de precipitação encontrado por este estudo é consistente com a climatologia da região (BIUDES et al., 2012; BIUDES et al., 2015).

As diferenças encontradas nos valores de NDVI estão relacionadas com a estrutura do dossel, o espaçamento entre árvores e arbustos e espécies predominantes (ESTEVES et al., 2012). O NDVI é um indicador de verdor da superfície, então maiores valores em abril foram devido a maior biomassa e atividade fotossintética (FAUSTO et al., 2014). Menores valores de NDVI e maior variação temporal é indicativo de limitação por água da vegetação (BUCCI et al., 2008). Os resultados obtidos nesse estudo estão condizentes com os encontrados por Fausto et al. (2014) que encontraram valores de NDVI de 0,71 em mata ciliar, 0,47 em pastagem e 0,63 em Cerrado Stricto Sensu na Bacia do Alto Paraguai em Mato Grosso. Martins et al. (2015) encontraram valores de NDVI de 0,17 em área desmatada, 0,53 na borda de floresta e 0,62 em área de reserva legal no município de Campo Novo do Parecis/MT. Fausto et al. (2016) encontraram valores de NDVI de 0,53 em Cerrado, 0,68 em mata ciliar, 0,45 em cana-de-açúcar, 0,29 em cultivo de soja, 0,38 em pastagem e 0,17 em solo exposto no município de Barra do Bugres/MT. Os resultados encontrados nesse estudo demonstram que o NDVI foi sensível à mudança da atividade fotossintética da vegetação e redução de folhas ao longo da estação seca e foi sensível à mudança da cobertura. Esse estudo corrobora com o estudo de Tartari et al. (2015) que demonstraram a sensibilidade do NDVI em identificar vegetação menos densa ou desmatadas.

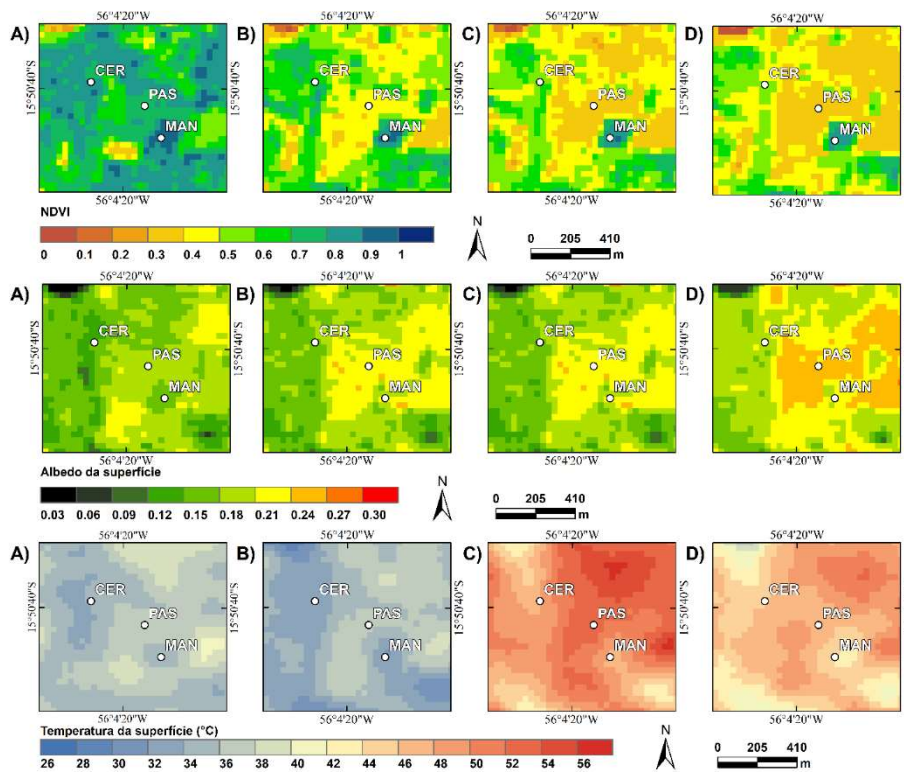


Figura 4. Variação espacial do NDVI, albedo e temperatura da superfície de áreas de Cerrado (CER), pastagem mista (PAS) e um mangueiral (MAN), na Fazenda Experimental da UFMT, Santo Antônio do Leverger, Mato Grosso, nos dias 22/04/2011 (A), 11/07/2011 (B), 12/08/2011 (C) e 29/09/2011 (D).

Figure 4. Spatial variation of NDVI, albedo and surface temperature at Cerrado (CER), mixed pasture (PAS) and a mangrove (MAN) areas, at UFMT Experimental Farm, Santo Antônio do Leverger, Mato Grosso, on 04/22 / 2011 (A), 11/07/2011 (B), 12/08/2011 (C) and 29/09/2011 (D).

Valores altos de  $\alpha$  estão relacionados a superfícies mais lisas, secas e de coloração clara, e valores mais baixos são associados a superfícies rugosas, úmidas e de coloração escura (SILVA et al., 2011). Maiores valores em áreas com baixo valor de NDVI e menores de  $\alpha$  em área com vegetação densa também foram encontrados por outros autores. Querino et al. (2006) encontraram valores médios anuais de  $\alpha$  de 0,09 para regiões de floresta e de 0,18 para pastagens em região de Floresta Amazônica. Fausto et al. (2014) encontraram valores de  $\alpha$  de 0,17 em mata ciliar, 0,23 em pastagem e 0,17 para área de Cerrado nativo em áreas da Bacia do Alto Paraguai em Mato Grosso. Martins et al. (2015) encontraram valores de  $\alpha$  de 0,13 em área desmatada, 0,09 em borda de floresta e 0,08 em área de reserva legal no município de Campo Novo do Parecis/MT. Fausto et al. (2016) encontraram valores de  $\alpha$  de 0,15 em Cerrado, 0,13 em mata ciliar, 0,22 em cana-de-açúcar, 0,23 em cultivo de soja, 0,20 em pastagem e de 0,24 em solo exposto no município de Barra do Bugres/MT.

A  $T_s$  atua como indicador de áreas propícias à ocorrência de incêndios por causa do desmatamento que aumenta as condições de estresse hídrico com baixa umidade e elevada insolação (BEZERRA et al., 2014). Os maiores valores da temperatura da superfície nas áreas desmatadas se devem à menor biomassa, com isso, a energia disponível ao ambiente é utilizada prioritariamente para o aquecimento do ar e do solo (MARTINS et al., 2015). Vale destacar que áreas com vegetação arbórea e mais densamente agrupada atuam como termorregulador, pois a energia disponível ao ambiente é utilizada prioritariamente para evapotranspiração, resfriando a superfície vegetada (BIUDES et al., 2015). MARTINS et al. (2015) encontraram valores de  $T_s$  de 27,4°C em área desmatada, 20,1°C em borda de floresta e 19,7°C em área de reserva legal no município de Campo Novo do Parecis/MT. Fausto et al. (2016) encontraram valores de  $T_s$  de 26,2°C em Cerrado, 24,1°C em mata ciliar, 28,9°C em cana-de-açúcar, 32,3°C em cultivo de soja, 27,7°C em pastagem e 33,6°C em solo exposto no município de Barra do Bugres/MT.

## 5. CONCLUSÕES

Os parâmetros biofísicos foram sensíveis à mudança da cobertura do solo e à dinâmica meteorológica. Os maiores valores de NDVI e menores valores de  $\alpha$  e  $T_s$  foram observados nas áreas mais densamente vegetadas. A área CER apresentou os menores valores de  $\alpha$ , enquanto a área MAN apresentou os maiores valores de NDVI.

Este estudo permitiu analisar a variação temporal de parâmetros biofísicos em áreas nativa e convertidas no Cerrado Mato-Grossense e suas interações e interferências físico-química. Espera-se que estes resultados sirvam como auxílio a pesquisas que demandem este tipo de informação. Enfim, para estudos futuros é importante avaliar outros parâmetros biofísicos, assim como, outros tipos de cobertura da superfície.

## 6. AGRADECIMENTOS

A pesquisa foi apoiada pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental (PPGFA/IF/UFMT), Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq,

processos nº 310879/2017-5 e 305761/2018-8; Edital Universal 01/2016, processo nº 407463/2016-0) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT – PRONEM 2014, processo nº 561397/2014).

## 7. REFERÊNCIAS

- ANACLETO, T. C. S.; FERREIRA, A. A.; DINIZ FILHO, J. A. F.; FERREIRA, L. G. Seleção de áreas de interesse ecológico através de sensoriamento remoto e de otimização matemática: um estudo de caso no município de Cocalinho, MT. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 35, n. 4, p. 437-443, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000400008>
- ANGELINI, L. P.; SILVA, P. C. B.; FAUSTO, M. A.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Balanço de energia nas condições de mudanças de uso do solo na região sul do estado de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São José dos Campos, v. 32, n. 3, p. 353-363, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-77863230003>
- BARSI, J. A.; SCHOTT, J. R.; PALLUCONI, F. D.; HOOK, S. J. Validation of a web-based atmospheric correction tool for single thermal band instruments. *Earth Observing Systems X. Proc. SPIE...* Bellingham, WA, 2005, p. 1-7. DOI: 10.1117/12.619990
- BEZERRA, J. M.; MOURA, G. B. A.; SILVA, B. B.; LOPES, P. M. O.; SILVA, E. F. F. Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 73-84, 2014.
- BIUDES, M. S.; VOURLITIS, G. L.; MACHADO, N. G.; ARRUDA, P. H. Z.; NEVES, G. A. R.; LOBO, F. A.; NEALE, C. M. U.; NOGUEIRA, J. S. Patterns of energy exchange for tropical ecosystems across a climate gradient in Mato Grosso, Brazil. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 202, p. 112-124, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.12.008>
- BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S.; DALMAGRO, H. J.; MACHADO, N. G.; DANELICHEN, V. H. M.; SOUZA, M. C. Mudança no microclima provocada pela conversão de uma floresta de cambará em pastagem no norte do Pantanal. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, Alta Floresta, v. 10, n. 1, p. 61-68, 2012.
- BUCCI, S. J.; SCHOLZ, F. G.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. C.; FRANCO, A. C.; ZHANG, Y.; HAO, G. Water relations and hydraulic architecture in Cerrado trees: adjustments to seasonal changes in water availability and evaporative demand. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, Campos dos Goytacazes, v. 20, n. 3, p. 233-245, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202008000300007>
- COSTA, M. H.; PIRES, G. F. Effects of Amazon and Central Brazil deforestation scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation. *International Journal of Climatology*, v. 30, n. 13, p. 1970-1979, 2010. DOI: 10.1002/joc.2048
- DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP usando imagens LANDSAT-5. *RA'E GA*, Curitiba, v. 21, p. 234-271, 2011.

- ESTEVES, B. S.; SOUSA, E. F.; MENDONÇA, J. C.; LOUSADA, L. L.; MUNIZ, R. A.; SILVA, R. M. Variações do albedo, NDVI e SAVI durante um ciclo da cana-de-açúcar no Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 4, p. 663–670, 2012.
- FAUSTO, M. A.; MACHADO, N. G.; NOGUEIRA, J. S.; BIUDES, M. S. Net radiation estimated by remote sensing in Cerrado areas in the Upper Paraguay River Basin. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1117/1.JRS.8.083541>
- FAUSTO, M. A.; ANGELINI, L. P.; MARQUES, H. O.; SILVA FILHO, A.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Impacto da alteração do uso do solo no saldo de radiação no Cerrado do sul de Mato Grosso. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n. 2, p. 350-361, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1843>
- IVO, I. O.; BIUDES, M. S.; MACHADO, N. G.; PAVÃO, V. M. Influência do desmatamento no índice de área foliar e temperatura da superfície no Cerrado mato-grossense. **Nativa**, Sinop, v. 6, n. 4, p. 364-369, 2018. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i4.5367>
- LIANG, S.; SHUEY, C. J.; RUSS, A. L.; FANG, H.; CHEN, M.; WALTHALL, C. L.; DAUGHTRY, C. S. T.; HUNT JR., R. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo: I. Algorithms. **Remote Sensing of Environment**, v. 85, p. 25-44, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(00\)00205-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(00)00205-4)
- MARTINS, A. L.; CUNHA, C. R.; PEREIRA, V. M. R.; DANELICHEN, V. H. M.; MACHADO, N. G.; LOBO, F. A.; MUSIS, C. R.; BIUDES, M. S. Mudanças em índices biofísicos devido à alteração da cobertura do solo em área nativa de Cerrado em Mato Grosso. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 152-159, 2015.
- MMA\_MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE [Internet]. **Relatório Técnico de Monitoramento de Desmatamento do Bioma Cerrado ocorrido no período de 2009 a 2010**. 2011. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf\\_chm\\_rbbio/\\_arquivos/relatoriofinal\\_cerrado\\_2010\\_final\\_72\\_1.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatoriofinal_cerrado_2010_final_72_1.pdf). Acessado em: 25 jul. 2019.
- QUERINO C. A. S.; BENEDITTI, C. A.; MACHADO, N. G.; SILVA, M. J. G.; QUERINO, J. K. A. S.; SANTOS NETO, L. A.; BIUDES, M. S. B. Spatiotemporal NDVI, LAI, albedo, and surface temperature dynamics in the southwest of the Brazilian Amazon forest. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 10, n. 2, e026007, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1117/1.JRS.10.0260074>
- QUERINO, C. A. S.; MOURA, M. A. L.; LYRA, R. F. F.; MARIANO, G. L. Avaliação e comparação da radiação solar global e albedo com ângulo zenital na região amazônica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 21, n. 3<sup>a</sup>, p. 42-49, 2006.
- SILVA, B. B.; BRAGA, A. C.; BRAGA, C. C. Balanço de radiação no perímetro irrigado São Gonçalo – PB mediante imagens orbitais. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 145-152, 2011.
- SPEARMAN, C. E. The proof and measurement of association between two things. **American Journal of Psychology**, v. 100, n. 3/4, p. 441-471, 1987. DOI: [10.2307/1422689](https://doi.org/10.2307/1422689).
- TARTARI, R.; MACHADO, N. G.; ANJOS, M. R.; CUNHA, J. M.; MUSIS, C. R.; NOGUEIRA, J. S.; BIUDES, M. S. Análise de índices biofísicos a partir de imagens TM Landsat 5 em paisagem heterogênea no Sudoeste da Amazônia. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 10, n. 4, p. 943-953, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1663>.
- VALOR, E.; CASELLES, V. Mapping land surface emissivity from NDVI: Application to European, African, and South American areas. **Remote Sensing of Environment**, v. 57, n. 3, p. 167-184, 1996. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(96\)00039-9](https://doi.org/10.1016/0034-4257(96)00039-9)