

Efeito da implantação e dinâmica do uso do solo sobre parâmetros biofísicos da superfície no assentamento rural

Roseli Nunes em Mato Grosso - Brasil

Effect of implantation and dynamics of soil use on surface biophysic parameters in Roseli Nunes rural settlement in Mato Grosso - Brazil

Thainá Sanches Becker*, Marcelo Sacardi Biudes*, Nadja Gomes Machado**, Israel Oliveira Ivo*,
Altemar Lopes Pedreira Junior*, Luiz Octavio Fabricio dos Santos*

* Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, thaina.becker1@gmail.com, marcelo@fisica.ufmt.br, israel@fisica.ufmt.br, altemarjunior@fisica.ufmt.br, luizoctavio@fisica.ufmt.br

** Instituto Federal do Mato Grosso, nadja.machado@blv.ifmt.edu.br

DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v48i0.69615>

Resumo

A implantação de assentamentos rurais e a avaliação do efeito da dinâmica da mudança da cobertura nesses assentamentos é de extrema importância para determinação de políticas públicas. Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar o impacto da implantação do assentamento rural Roseli Nunes e de sua dinâmica do uso do solo sobre parâmetros biofísicos da superfície. Para tanto, foram calculados o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) e o albedo (α_s), a temperatura (T_s) e o saldo de radiação (R_n) da superfície em áreas de preservação permanente, nativa, urbana, plantio de mandioca, plantio de banana, pastagem e solo exposto a partir de imagens Landsat 5 e Landsat 8. Os dados meteorológicos e as imagens de satélite foram obtidas durante o período seco nos anos 2000, 2010 e 2017. O NDVI e o R_n diminuíram e o α_s e a T_s aumentaram entre 2000 e 2010 em função da substituição da vegetação nativa em pequenas áreas agrícolas e urbanas. No entanto, apresentaram padrão inverso entre 2010 e 2017 no assentamento. As áreas de preservação permanente e nativas apresentaram os maiores valores de NDVI e R_n , e menores valores α_s e T_s , enquanto as áreas com cultivos agrícolas, pastagem e solo exposto apresentaram menores valores de NDVI e R_n , e maiores valores α_s e T_s . Por fim, os parâmetros biofísicos foram alterados significativamente com o desmatamento da área do assentamento entre 2000 e 2010, e a recuperação da vegetação entre 2010 e 2017, quando os valores dos parâmetros biofísicos foram próximos aos encontrados antes da implantação do assentamento.

Palavras-chave: desmatamento, uso do solo, reforma agrária, microclima

Abstract

The establishment of rural settlements and the evaluation of the effect of the dynamics of change in coverage in these settlements is extremely important for determining public policies. Thus, the objective of this study was to evaluate the impact of the Roseli Nunes rural settlement implantation and its land use dynamics on surface biophysical parameters. For this, the normalized difference

vegetation index (NDVI) and surface albedo (α_s), temperature (T_s) and net radiation (R_n) in protected area, native, urban, mandioca and banana planting, pasture and exposed soil areas were calculated from Landsat 5 and Landsat 8 images. Meteorological data and satellite images were obtained during the dry season in 2000, 2010 and 2017. NDVI and R_n decreased and α_s and T_s increased from 2000 to 2010 due to the replacement of native vegetation in small agricultural and urban areas. However, they presented an inverse pattern from 2010 to 2017 in the settlement. Protected and native areas presented the highest values of NDVI and R_n , and the lowest values α_s and T_s , while the areas with agricultural crops, pasture and exposed soil presented the lowest values of NDVI and R_n , and the highest values α_s and T_s . Finally, the biophysical parameters were significantly altered with the deforestation of the settlement area between 2000 and 2010, and the vegetation recovery between 2010 and 2017, when the values of the biophysical parameters were close to those found before the settlement was established.

Keywords: deforestation, use of the soil, agrarian reform, microclimate

I. INTRODUÇÃO

O Brasil possui mais de 5 milhões de assentamentos rurais (MELLO, 2016). Em Mato Grosso a regularização fundiária iniciou através do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). O assentamento rural Roseli Nunes foi fundado em 2001 e está localizado no Sudoeste de Mato Grosso. Sua subsistência e economia são baseadas em cultivo e pecuária de pequena escala. No entanto, assim como os demais assentamentos rurais, o assentamento Roseli Nunes foi implementado sem organização social e desprezando as características biofísicas locais.

A conversão de áreas nativas em áreas antropizadas modifica parâmetros biofísicos e hídricos da superfície (PAVÃO et al., 2017). Como consequência, altera o padrão de trocas radiativas e energéticas entre a superfície e atmosfera em escala local (BIUDES et al., 2015). Além disso, o uso inadequado da terra é o principal fator para diminuição da umidade do solo e da evapotranspiração e aumento da temperatura, e ainda, aumento do comprimento da estação seca e da mudança do clima em escala regional e global (JIANG e WENG, 2017, FIROZJAEI et al., 2019, WENG et al., 2019).

Diante disso, o mapeamento e análise da cobertura da superfície é fundamental para permitir orientar o estabelecimento de políticas sustentáveis (CUNHA et al., 2012). Nesse sentido, o sensoriamento remoto é uma alternativa promissora pois possibilita obter informações de áreas heterogêneas em escala local a global em alta frequência temporal e possui boa acurácia e baixo custo (XIE et al., 2019).

A combinação imagens espectrais obtidas por sensores a bordo de satélites possibilitam obter imagens de parâmetros biofísicos da superfície, os quais permitem obter informações sobre manejo de recursos naturais e avaliar e quantificar o impacto causado pela alteração da superfície (XIAO, 2014). Entre esses parâmetros, destacam-se o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), o albedo da superfície (α_s), a temperatura da superfície (T_s) e o saldo de radiação (R_n) (BORELLA et al., 2018, MOURA et al., 2019).

O NDVI permite identificar a presença de vegetação e avaliar a densidade de biomassa e o vigor da vegetação (DEMARCHI et al., 2011). O α_s expressa a razão entre a radiação solar refletida e a radiação solar recebida, o que permite avaliar a dinâmica da vegetação e a mudança da superfície (QUERINO et al., 2017). A T_s é um importante parâmetro da superfície, pois é resultado da troca de energia entre a superfície e a atmosfera (FIROZJAEI et al., 2019). O R_n representa a energia disponível para os processos na interface biosfera-atmosfera, resultado do balanço de ondas curtas e longas (BIUDES et al., 2015). Assim, o R_n é o resultado das trocas radiativas entre a superfície e a atmosfera que é influenciado pela presença ou quantidade de vegetação e características óticas e térmicas da superfície (FAUSTO et al., 2016; PAVÃO et al., 2017)

Dado a importância da implantação de assentamentos rurais e a necessidade de avaliação do efeito da dinâmica da mudança da cobertura nesses assentamentos, o objetivo desse estudo foi avaliar o impacto da implantação do assentamento rural Roseli Nunes e de sua dinâmica do uso do solo sobre parâmetros biofísicos da superfície.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O assentamento rural Roseli Nunes possui uma área de 101.96 km² e está localizado na região Sudoeste de Mato Grosso (15° 32' 01" S e 58° 01' 26" W), inserido nos municípios de Mirassol D'Oeste (75.84%), São José dos Quatro Marcos (18.47%) e Curvelândia (5.70%) (Figura 1).

O clima da região é Aw (quente e úmido) segundo a classificação de Köppen, com período seco (abril a setembro) e chuvoso (outubro a março). A precipitação média é de 1270 mm ano⁻¹ e a temperatura média anual varia de 20,5°C a 32,6°C (INMET, 2018). O solo é classificado como latossolo vermelho-amarelo distrófico, com cobertura vegetal característica de Cerrado lato sensu, assim como, áreas úmidas do Pantanal e fragmentos de floresta amazônica (CARNIELLO et al, 2010).

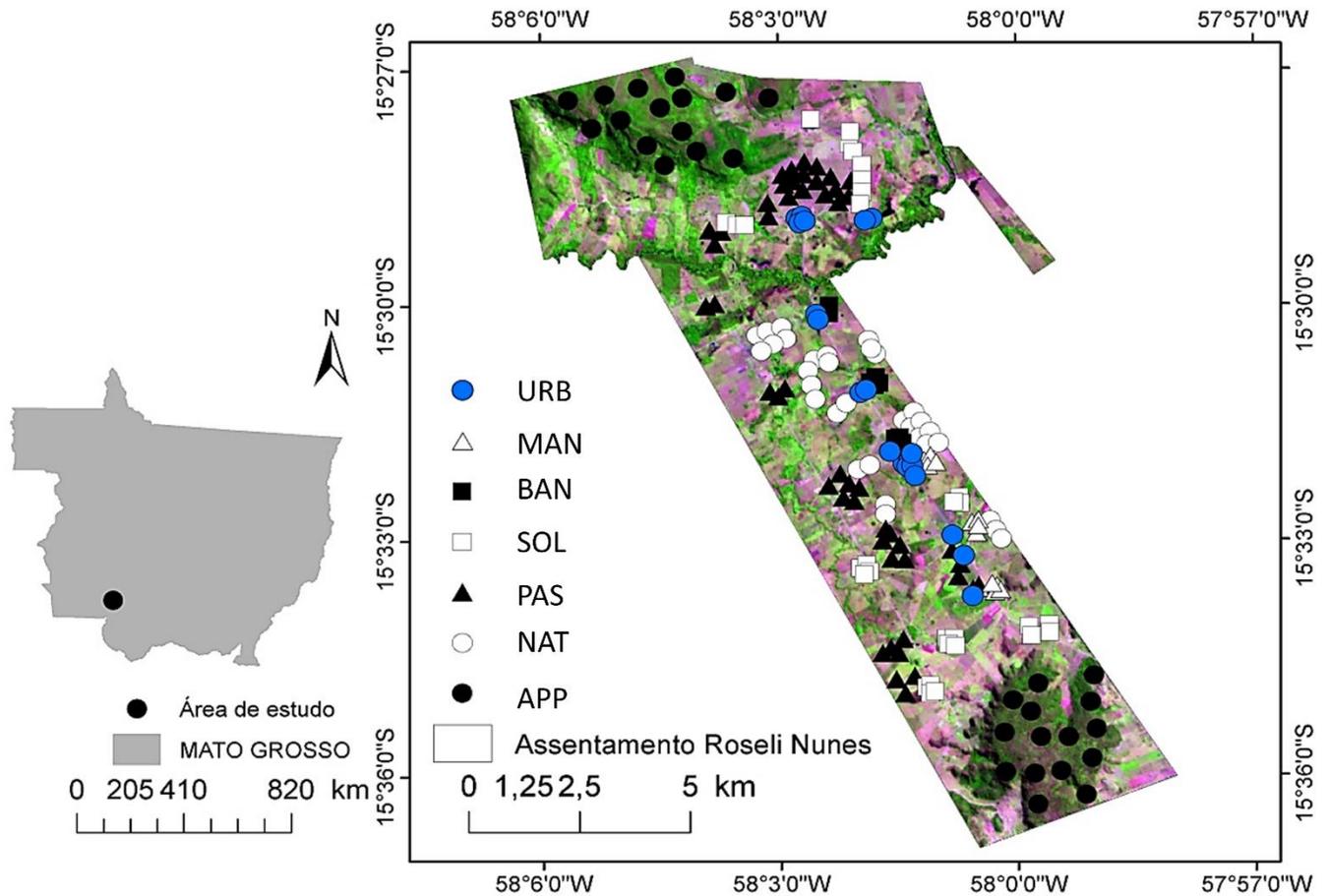


Figura 1- Distribuição espacial dos pontos amostrais nos diferentes usos do solo no assentamento rural Roseli Nunes em Mato Grosso, Brasil.

Os tipos de cobertura da superfície foram classificados em campo como Área de Preservação Permanente (APP), Área Urbana (URB), Bananal (BAN), Mandiococal (MAN), Mata Nativa (NAT), Pastagem (PAS) e Solo Exposto (SOL) (Figura 1).

Dados de Superfície

Os dados de Temperatura do ar (Tar), Umidade Relativa (UR) e Pressão Atmosférica (Patm) foram coletados em uma estação meteorológica convencional mantida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (Tabela 1), instalada no município de Cáceres - MT (16° 04' 43" S e 57° 40' 51" W), distante 72 km do Assentamento Roseli Nunes. Essa distância está dentro da distância máxima (300 km) determinada pelo manual da Organização Meteorológica Mundial (OMM – nº 544) em regiões de baixa densidade populacional (WMO, 2003).

Tabela 1- Dados de temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (UR) e pressão atmosférica (Patm) durante as datas de passagem dos satélites Landsat 5 e 8 para o assentamento Roseli Nunes em Mato Grosso, Brasil.

DATA	Tar (°C)	UR (%)	Patm
28/09/2000	21,6	93	998,8
08/09/2010	32,5	62	998,0
26/08/2017	27,2	61	996,7

Dados Orbitais

As imagens dos satélites Landsat 5 (órbita 228, ponto 071) provenientes do sensor Thematic Mapper (TM), e Landsat 8 dos sensores Operational Land Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS) foram obtidas da plataforma Center Science Processing Architecture (ESPA, espa.cr.usgs.gov) do United States Geological Survey (USGS). As datas do imageamento foram 28/09/2000, 08/09/2010 (Landsat 5) e 26/08/2017 (Landsat 8). Somente imagens sem a presença de nuvens foram utilizadas. As imagens baixadas possuem correções radiométrica, geométrica sistemática e de precisão, e erro paralaxe pelo modelo digital de elevação. As imagens de refletância da superfície foram baixadas já corrigidas para efeito da atmosfera, e as imagens de temperatura da superfície foi corrigida a partir da temperatura de brilho.

A correção atmosférica da temperatura da superfície foi realizada segundo Barsi et al., (2005), utilizado parâmetros (Tabela 2) obtidos da plataforma Atmospheric Correction Parameter Calculator (atmcorr.gsfc.nasa.gov), pertencente a North National Aeronautics and Space Administration (NASA).

Tabela 2- Dados de radiância recebida pela superfície (Ld), radiância emitida pela superfície (Lu) e transmissividade atmosférica à banda termal (τ) obtidos da plataforma Atmospheric Correction Parameter Calculator para o assentamento Roseli Nunes em Mato Grosso, Brasil.

DATA	Ld (W m ⁻²)	Lu (W m ⁻²)	τ
28/09/2000	5,97	4,16	0,45
08/09/2010	3,79	2,44	0,69
26/08/2017	4,78	3,08	0,63

Estimativa de Parâmetros Biofísicos

O saldo de radiação (Rn; W m⁻²) foi estimado a partir da Equação (1).

$$Rn = R_g (1 - \alpha_s) - \epsilon_0 \sigma T_s^4 + \epsilon_a \sigma T_a^4 - (1 - \epsilon_0) \epsilon_a \sigma T_a^4 \quad (1)$$

em que, R_g é a radiação global (ALLEN, 2007), α_s é o albedo da superfície (SILVA et al., 2016), ϵ_0 é a emissividade da superfície (VALOR e CASELLES, 1996), ϵ_a é a emissividade da atmosfera (DUARTE et al., 2006), T_a é a temperatura do ar, T_s é temperatura da superfície (Equação 4) e σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$).

O albedo da superfície (α_s) foi estimado utilizando a Equação (2) (SILVA et al., 2016).

$$\alpha_s = \frac{\alpha_{\text{toa}} - 0,03}{T_{\text{sw}}^2} \quad (2)$$

em que, α_{toa} é o albedo no topo da atmosfera (SILVA et al., 2016), T_{sw} é a transmissividade atmosférica (ALLEN et al., 2007) e 0,03 é o valor do albedo atmosférico (BASTIAANSEN, 2000).

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) foi estimado através da Equação (3).

$$\text{NDVI} = \frac{\alpha_{\text{iv}} - \alpha_{\text{v}}}{\alpha_{\text{iv}} + \alpha_{\text{v}}} \quad (3)$$

em que, α_{iv} e α_{v} são as refletâncias das bandas do infravermelho e vermelho, respectivamente.

A temperatura da superfície (T_s ; K) foi estimada utilizando a Equação (4).

$$T_s = \frac{k_2}{\ln\left(\frac{k_1}{L_T} + 1\right)} \quad (4)$$

em que, L_T é a radiância espectral da banda termal já corrigida para efeito da atmosfera e da emissividade da superfície (BARSÍ, 2003), k_1 e k_2 são constantes que dependem do sensor ($k_{1\text{TM}} = 607,76 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ e $k_{2\text{TM}} = 1260,56 \text{ K}$) e ($k_{1\text{OLI}} = 774,8853 \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ e $k_{2\text{OLI}} = 1321,0789 \text{ K}$).

Análise Estatística

Os dados foram analisados a partir do método de amostragem com coordenadas definidas para cada tipo de cobertura do solo e pelo método de reamostragem “bootstrapping” (mil reamostragens de cem pontos aleatórios) proposto por Efron e Tibshirani (1993).

Ressalta-se que em 2000 não foram realizadas amostragens dos parâmetros biofísicos nas classes URB, BAN e MAN devido ainda não existir essas coberturas da superfície na data de imageamento.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O NDVI diminuiu 59% entre 2000 e 2010 e aumentou 64% entre 2010 e 2017 (Figura 2A; Figura 3). Antes da implementação do assentamento, os valores de NDVI maiores que 0,50 representavam 84% da área total, enquanto os valores de NDVI menores que 0,50 correspondia a 16%. A partir da criação do assentamento em 2001, a área com valores de NDVI maiores que 0,50 diminuiu para 20% em 2010, assim como, as áreas com NDVI menores que 0,50 aumentaram para 80%. Em 2017, a área do assentamento com valores de NDVI maiores que 0,50 aumentou para 92% e a área com valores de NDVI menores que 0,50 reduziu para 8%.

O aumento do NDVI no assentamento em 2017 está associado à promulgação da Lei nº 12.651 de 2012, que estabeleceu o limite mínimo de 2,77% de área de preservação em cada propriedade do assentamento (BRASIL, 2012). Diante disso, houve uma interrupção do uso e exploração em aproximadamente 141 ha (1,37%), favorecendo a recuperação da vegetação em 2017 (CARNIELLO et al., 2010).

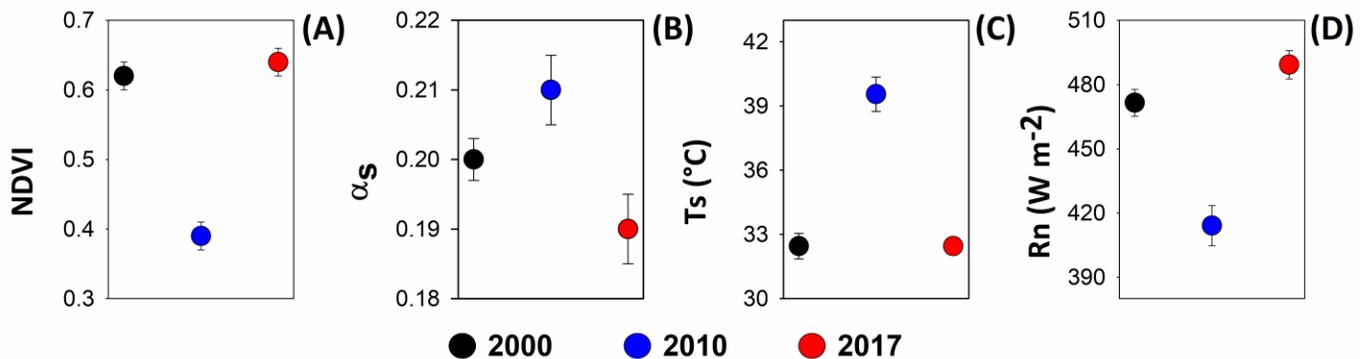


Figura 2- Média (± intervalo de confiança de 95%) do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), albedo da superfície (α_s), Temperatura de Superfície (T_s) e saldo de radiação (R_n) durante os anos de 2000, 2010 e 2017 no assentamento Roseli Nunes em Mato Grosso, Brasil.

O α_s aumentou 8% entre 2000 e 2010, e diminuiu 9% entre 2010 e 2017 (Figura 2B; Figura 3). O α_s correlacionou negativamente com o NDVI (Figura 4). Nesse período houve uma redução das produções agrícolas pelos assentados e a recuperação das áreas degradadas. A substituição da vegetação densa por área agrícola, modifica a geometria e coloração da superfície e aumenta a sua capacidade de reflexão, pois as áreas com vegetação densa capturam a radiação solar com mais eficiência do que as áreas de solo exposto ou vegetação rasteira (FAUSTO et al. 2016).

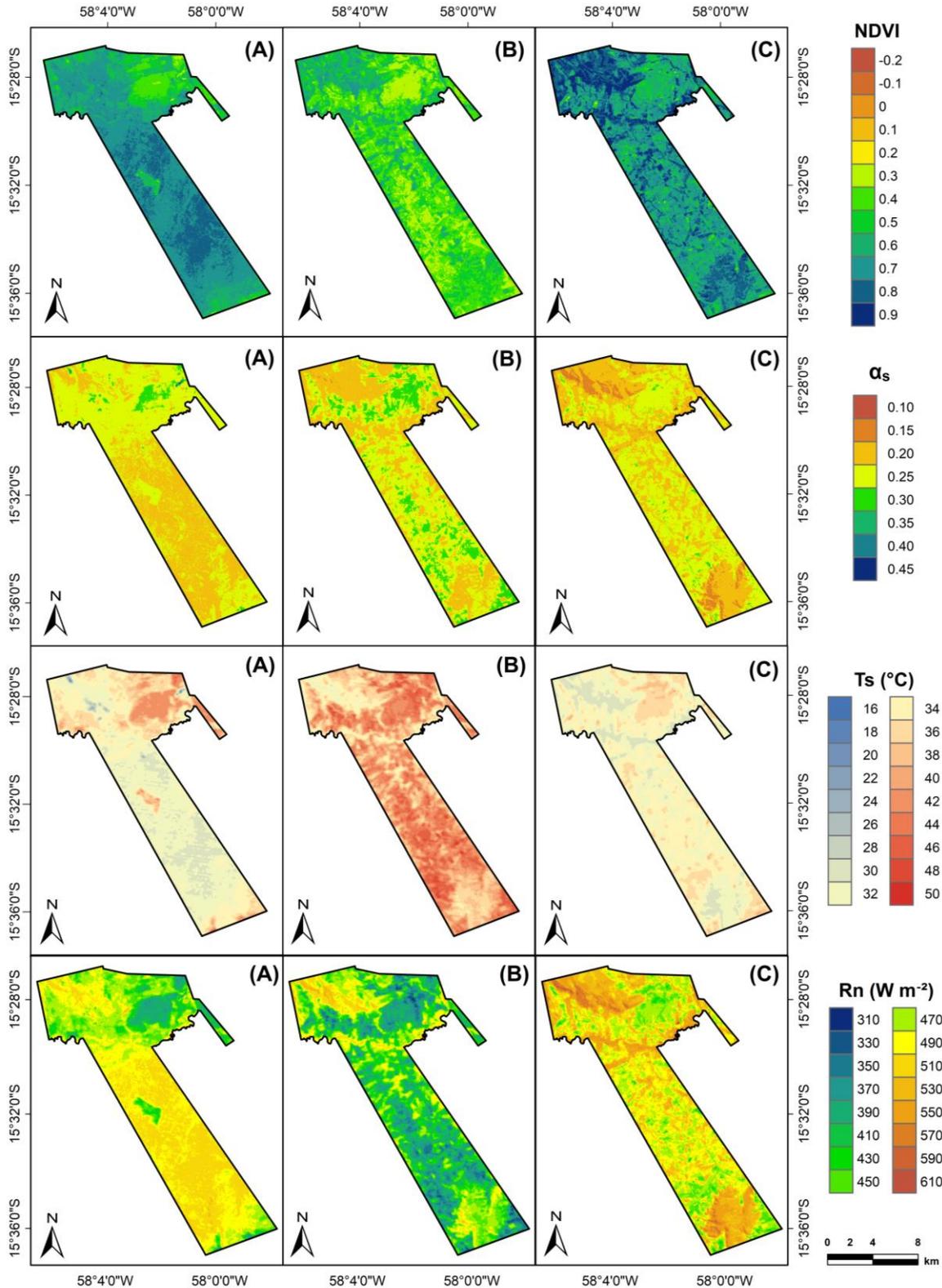


Figura 3- Distribuição espacial do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), albedo da superfície (α_s), Temperatura de Superfície (T_s) e saldo de radiação (R_n) durante os anos de 2000 (A), 2010 (B) e 2017 (C) no assentamento Roseli Nunes em Mato Grosso, Brasil.

A Ts aumentou 21% entre 2000 e 2010 (7,1 °C), e diminuiu 21% entre 2000 e 2010 (7,1 °C) (Figura 2C; Figura 3). Esse aumento da Ts entre 2000 e 2010 ocorreu principalmente pela implantação do assentamento em 2001. A Ts correlacionou negativamente com o NDVI (Figura 4). A ocupação da área do assentamento entre 2000 e 2010 contribuiu para redução da vegetação nativa. Assim, a energia disponível à superfície foi utilizada prioritariamente na forma de calor sensível, responsável por aquecer o ar e a superfície (MARTINS et al., 2015).

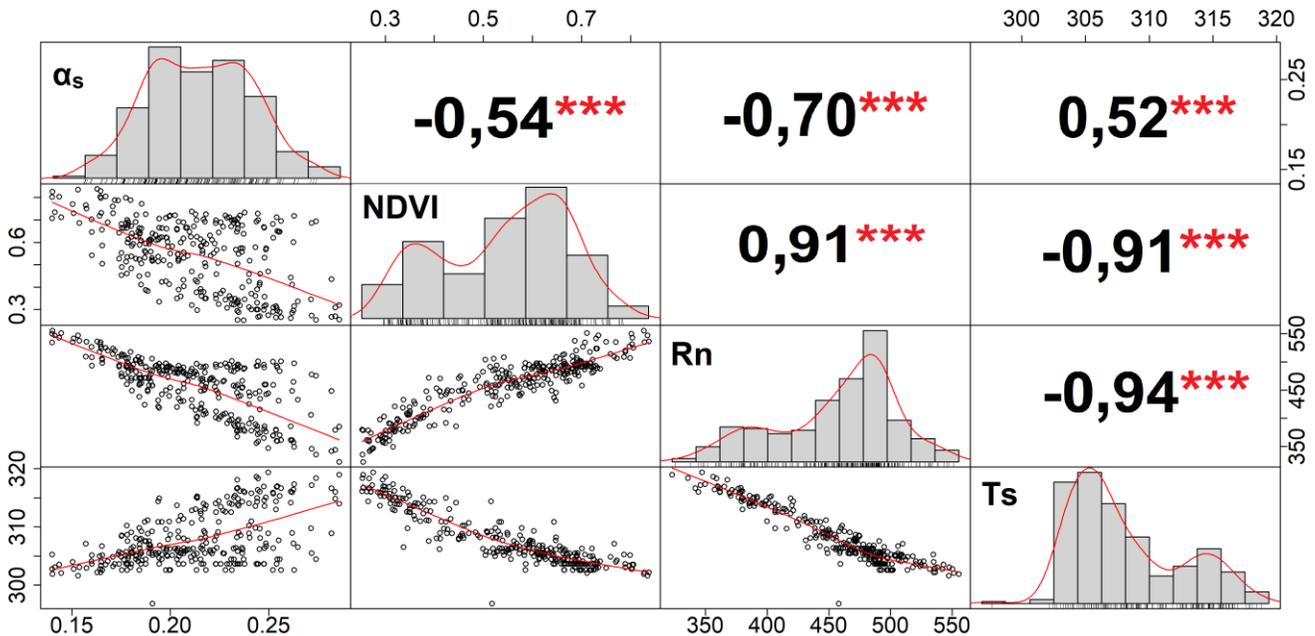


Figura 4- Correlograma utilizando o método de pontos aleatórios do albedo da superfície (α_s), Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), Temperatura da Superfície (Ts) e saldo de radiação (Rn) para o assentamento Roseli Nunes em Mato Grosso, Brasil. ***, $p < 0,001$.

O Rn aumentou 12% entre 2000 e 2010 e diminuiu 15% entre 2010 e 2017 (Figura 2D; Figura 3). O Rn correlacionou positivamente com o NDVI e negativamente com o α_s e a Ts (Figura 4). O Rn é o resultado da interação da radiação solar incidente com a superfície e o balanço de onda longa entre a superfície e a atmosfera. Os maiores valores de α_s e Ts aumentam a radiação de onda curta refletida e a radiação de onda longa reemitida pela superfície, respectivamente. Conseqüentemente, diminui os valores de Rn (PAVÃO et al., 2016).

O NDVI foi maior nas áreas de APP e NAT em todos os anos (Figura 5A). Isso indica que essas vegetações estavam saudáveis e em pleno crescimento (MOURA et al., 2019). O NDVI da área de APP foi 28%, 27% e 31% superior às áreas de PAS, SOL e BAN (Figura 4A), respectivamente. Essa variação do NDVI está relacionada à

distribuição de biomassa vegetal e cobertura foliar em razão das distintas espécies agrônômicas e estágios de desenvolvimento ao longo dos anos (BORELLA et al., 2018).

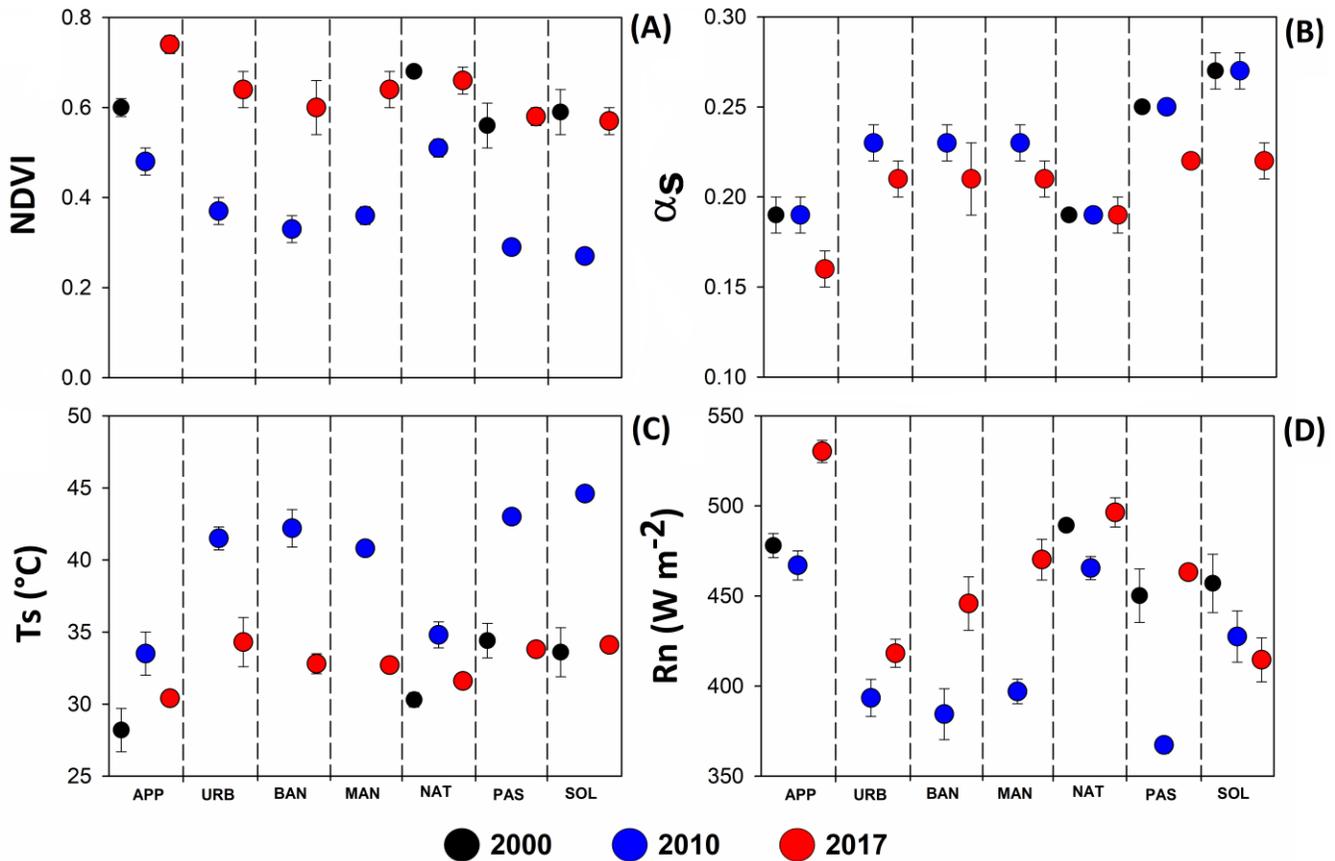


Figura 5- Média (\pm intervalo de confiança de 95%) do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), albedo da superfície (α_s), Temperatura de Superfície (T_s) e saldo de radiação (R_n) para os diferentes tipos de cobertura do solo no assentamento Roseli Nunes em Mato Grosso, Brasil.

As áreas de APP e NAT apresentaram menores valores de α_s , enquanto os maiores valores de α_s foram observados nas áreas de PAS e SOL (Figura 5B). O α_s não teve diferença significativa entre 2000 e 2010 nas áreas de APP, NAT, SOL e PAS. Isso significa que não ocorreu mudança no balanço de onda curta dessas áreas durante esse período (QUERINO et al., 2016). No entanto, o α_s diminuiu 19%, 23% e 15% nas áreas de APP, SOL e PAS entre 2010 e 2017. Essa mudança no α_s foi influenciada pela variação na cobertura vegetal, observadas pela mudança do NDVI (ZHAO e JACKSON, 2014, QUERINO et al., 2016).

As áreas de PAS e SOL tiveram maiores valores de T_s , enquanto as áreas de APP e NAT tiveram os menores valores de T_s (Figura 5C). As áreas de APP e NAT apresentam vegetação mais densamente agrupadas

e atuam como termorregulador, pois a energia disponível é utilizada prioritariamente para evapotranspiração, resfriando a superfície (BIUDES et al., 2015, MARTINS et al., 2015). A T_s nas áreas de APP, NAT, PAS e SOL aumentou 16%, 12%, 20% e 24% entre 2000 e 2010 (Figura 5C), respectivamente. Essa mudança foi devido à diminuição da cobertura vegetal no assentamento como um todo, o que permite que o solo receba diretamente a radiação solar e a energia disponível ao ambiente seja utilizada principalmente para o aquecimento do ar e do solo (BIUDES et al., 2009, QUERINO et al., 2016). Além disso, ressalta-se que a umidade do solo é maior em áreas de dossel fechado, o que também contribui para a diminuição da T_s (FAUSTO et al., 2016). Vale destacar que a T_s pode atuar como indicador de áreas propícias à ocorrência de incêndios, que ocorre em condições de estresse hídrico, baixa umidade e elevada insolação (BEZERRA et al., 2014).

O R_n foi maior nas áreas de APP e NAT e menor nas áreas de PAS e SOL (Figura 5D). O R_n não variou nas áreas de APP e SOL entre 2000 e 2010, mas diminuiu 5% e 18% nas áreas de NAT e PAS, respectivamente. Entretanto, o R_n aumentou entre 2010 e 2017 em todas as áreas. A mudança no R_n está associada às diferentes respostas espectrais e características térmicas da superfície. As áreas com vegetação densa capturam a radiação solar e atuam na regulação da temperatura por utilizar prioritariamente a radiação na forma de calor latente. Consequentemente, possui maior R_n devido à menor saída de radiação de onda curta e longa (FAUSTO et al., 2016).

Visto a importância do R_n nos processos de evapotranspiração e aquecimento do ar e do solo nos diferentes tipos de cobertura da superfície do assentamento, os resultados mostram que a conversão de áreas com vegetação nativa em diferentes culturas agrícolas influencia diretamente nas condições ambientais locais, diminuindo a quantidade de energia disponível para os processos naturais, promovido pelo aumento da energia refletida e emitida (BIUDES et al., 2015, BORELLA et al., 2018).

IV. CONCLUSÃO

Este estudo permitiu avaliar que os parâmetros biofísicos foram sensíveis às mudanças da cobertura do solo no assentamento Roseli Nunes. O desmatamento da área do assentamento logo após a sua implantação reduziu o NDVI e o R_n e aumentou o α_s e T_s . Entretanto, essas variáveis inverteram a tendência entre 2010 e 2017, favorecido pela promulgação da Lei nº 12.651 de 2012.

Esses resultados são importantes por demonstrarem o impacto da implantação e pela conversão de vegetação nativa em agricultura de subsistência em um assentamento rural no estado de Mato Grosso.

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), pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey - USGS), pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 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).

V. REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; 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. 4, p.380 – 394, 2007.
- BASTIAANSEN, W. G. M. Sebal based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. *Journal of Hydrology*, v. 229, p.87-100, 2000.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília*, 28 de maio de 2012. Seção 1, p.1.
- BARSI, J. A.; BARKER, J. L.; SCHOTT, J. R. An Atmospheric Correction Parameter Calculator for a Single Thermal Band Earth-Sensing Instrument, IGARSS03, Centre de Congres Pierre Baudis, Toulouse, p.21-25, 2003.
- 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. International Society for Optics and Photonics*, v. 5882, p.58820E, 2005.
- 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*, v. 18, n. 1, p.73 – 84, 2014.
- BIUDES, M. S., CAMPELO JÚNIOR, J. H., NOGUEIRA, J. S., SANCHES. L. Estimativa do balanço de energia em cambarazal e pastagem no norte do Pantanal pelo método da razão de Bowen. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 24, n. 2, p.135 - 143, 2009.
- BIUDES, M. S.; MACHADO, N. G.; DANELICHEN, V. H. M.; SOUZA, M. C.; VOURLITIS, G. L. NOGUEIRA, J. S. Ground and remote sensing-based measurements of leaf area index in a transitional forest and seasonal flooded forest in Brazil. *International Journal of Biometeorology*, v. 56, p.1181 - 1193, 2014.
- BIUDES, M. S.; VOURLITIS, G.L.; MACHADO, N.G.; ARRUDA, P.H.Z.; NEVES, G.A.R. et al. Patterns of energy exchange for tropical ecosystems across a climate gradient in Mato Grosso, Brazil. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 202, n. 15, p.112 - 124, 2015.

- BORELLA, D. R.; SIQUEIRA, F. R. P. S.; FARIA, T. O.; BIUDES, M. S.; MACHADO, N. G. Effect of conversion of native vegetation on agricultural areas on biophysical variables in the transition region of Cerrado-Amazonia. *Ciência e Natura*, p.12, 2018.
- CARNIELLO, M. A.; SILVA, R. S.; CRUZ, M. B.; GUARIM N. G. Quintais urbanos de Mirassol D'Oeste-MT, Brasil: uma abordagem etnobotânica. *Acta Amazonica*, v. 40, n. 3, p.451 - 470, 2010.
- CUNHA, J. E. B. L.; RUFINO, I. A. A.; SILVA, B. B.; CHAVES, I. de B. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, p.539 - 548, 2012.
- 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 - O Espaço Geogr. em Anal.*, v. 21, p.234 – 271, 2011.
- DUARTE, H. F., DIAS, N. L., MAGGIOTTO, S. R. Assessing daytime downward longwave radiation estimates for clear and cloudy skies in Southern Brazil. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 139, p.171 – 181, 2006.
- EFRON, B., TIBSHIRANI, R. An introduction to the bootstrap. Chapman and Hall, 1993.
- FAUSTO, M. A.; ANGELINI, L. P.; MARQUES, H. O.; FILHO, A. S.; 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*, v. 11, n. 2, p.350 – 361, 2016.
- FIROZJAEI, M. K.; ALAVIPANAH, S. K.; LIU, H.; SEDIGHI, A.; MIJANI, N.; KIAVARZ, M.; WENG, Q. A PCA–OLS Model for Assessing the Impact of Surface Biophysical Parameters on Land Surface Temperature Variations. *Remote Sens.*, v. 11, p.2094, 2019.
- GARRISON, J. D.; ADLER, G. P. Estimation of precipitable water over the United States for application to the division of solar radiation into its direct and diffuse components. *Solar Energy*, v. 44, n. 4, p.225 - 241, 1990.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010. Brasília, DF. 2018.
- JIANG, Y.; WENG, Q. Estimation of hourly and daily evapotranspiration and soil moisture using downscaled 1st over various urban surfaces. *GISci. Remote Sens.*, v. 54, p.95 – 117, 2017.
- 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. Changes in Biophysical Indices Due to The Change of Land Cover in Native Cerrado Area in Mato Grosso State. *Ciência e Natura*, v. 37, n. 3, p.152 - 159, 2015.
- MELLO, P. F. Assentamentos rurais no Brasil: uma releitura. Brasília, DF: Embrapa, 2016. v. 278 p.1677 - 5473.
- MOURA, A. R. M.; QUERINO, C. A. S.; QUERINO, J. K. A. S.; PEDREIRA JUNIOR, A. L.; SANTOS, L. O. F.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Impact of a dam construction on the surface biophysical parameters in Amazonia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, v. 15, p.2352 - 9385, 2019.
- PAVÃO, V. M.; NASSARDEN, D. C. S.; PAVÃO, L. L.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Impacto da Conversão da Cobertura Natural em Pastagem e Área Urbana sobre Variáveis Biofísicas no Sul do Amazonas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 32, n. 3, p.343 - 351, 2017.
- QUERINO, C. A. S.; BENEDITTI, C. A.; MACHADO, N. G.; DA SILVA, M. J. G.; QUERINO, J. K. A. S.; SANTOS NETO, L. A.; BIUDES, M. S.; Spatiotemporal NDVI, LAI, albedo, and surface temperature dynamics in the southwest of the

Brazilian Amazon forest. *J. Appl. Rem. Sens.*, v. 10, n. 2, 2016.

QUERINO, C. A. S.; BIUDES, M. S.; MACHADO, N. G.; QUERINO, J. K. A. S.; SANTOS NETO, L. A.; SILVA, M. J. G.; ARRUDA, P. H. Z.; NOGUEIRA, J. S. Balanço de ondas curtas sobre floresta sazonalmente alagável do Pantanal Mato-Grossense. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 20, p.250 – 264, 2017.

ROTHMUND, L. D.; ALMEIDA JUNIOR, E. S.; LIMA, L. P. A.; MASSAD, H. A. B.; PALÁCIOS, R. S.; BIUDES, M. S.; MACHADO, N. G.; NOGUEIRA, J. S. Impacto da Alteração da Cobertura do Solo nos Parâmetros Biofísicos no Sul da Floresta Amazônica por Sensoriamento Remoto. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 25, 2019.

SILVA, B. B.; BRAGA, A. C.; BRAGA, C. C.; OLIVEIRA, L. M. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; BARBOSA JUNIOR, B. Procedures for calculation of the albedo with OLI-Landsat 8 images: Application to the Brazilian semi-arid. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. V. 20, n. 1, p.3 – 8, 2016.

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.

WENG, Q.; FIROZJAEI, M. K.; SEDIGHI, A.; KIAVARZ, M.; ALAVIPANAH, S. K. Statistical analysis of surface urban heat island intensity variations: A case study of babol city, iran. *GISci. Remote Sens.*, v. 56, p.576 – 604. 2019.

WMO. Manual on the Global Observing System. World Meteorological Organization. Geneva, p.50. 2003.

XIAO, J. Satellite evidence for significant biophysical consequences of the “Grain for green” Program on the Loess Plateau in China. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, v. 119, p. 2261 - 2275, 2014.

XIE, Q.; DASH, J.; HUETE, A.; JIANG, A.; YIN, G.; DING, Y.; PENG, D.; HALL, C. C.; BROWN, L.; SHI, Y.; YE, H.; DONG, Y.; HUANG, W. Retrieval of crop biophysical parameters from Sentinel-2 remote sensing imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 80, p. 187-195, 2019.

ZHAO, K.; JACKSON, R. B. Biophysical forcings of land-use changes from potential forestry activities in North America. *Ecological Monograph*