

Artigo

Análise do Albedo de Superfície da Palma de Óleo e Diferentes Usos e Coberturas do Solo no Leste da Amazônia

Mayara Soares Campos¹ , Marcos Adami², Alessandro Carioca de Araújo³¹*Universidade Federal do Pará, UFPA, Belém, PA, Brasil.*²*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, Belém, PA, Brasil.*³*Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, Brasil.*

Recebido em: 12 de Dezembro de 2018 - Aceito em: 19 de Julho de 2020

Resumo

Nos últimos anos tem-se verificado um contínuo avanço da fronteira agrícola da palma de óleo na região amazônica, o que provoca alterações na cobertura do solo nessa região. Diante da necessidade de se compreender a influência deste cultivo no albedo de superfície, o presente estudo visa comparar as flutuações do albedo de superfície em área de cultura de palma de óleo com os de pastagem, floresta e de vegetação secundária. Para fazer esta comparação foi utilizado dados orbitais, com base no produto MCD43A3 do satélite Terra/MODIS para os anos de 2015 e 2016. As amostras selecionadas para área de estudo mostrou que a palma de óleo obteve pouca variação, estimando valores médios $\alpha = 0.14$, sendo estatisticamente distinto dos outros usos e coberturas, com o albedo: Pastagem > Palma de Óleo > Vegetação Secundária > Floresta. Demonstrando que possíveis conversões de uma cobertura para outra podem influenciar no balanço de radiação na superfície, ou seja, caso o cultivo da palma de óleo continue avançando sobre as áreas de pastagem, isto diminuiria o albedo de superfície e conseqüentemente teria mudanças no microclima, todavia, se a expansão ocorrer sobre áreas de Vegetação Secundária ou Floresta ocorrerá uma inversão, e poderá contribuir para alterações climáticas.

Palavras-chave: cobertura e uso do solo, palma de óleo, sensoriamento remoto, albedo de superfície, Amazônia.

Analysis of Surface Albedo in Oil Palm and Different Land Use and Land Cover in The Eastern Amazon

Abstract

In recent years there has been a continuous advance of the agricultural frontier of oil palm in the Amazon region, which causes changes in soil cover in this region. Given the need to understand the influence of this crop on surface albedo, the present study aims to compare the fluctuations of surface albedo in oil palm culture area with those of pasture, forest and secondary vegetation. To make this comparison, orbital data based on Terra / MODIS satellite product MCD43A3 for the years 2015 and 2016 were used. The samples selected for the study area showed that the oil palm showed little variation, estimating values medium $\alpha = 0.14$, being statistically distinct from other uses and coverings, with the albedo: Pasture > Palm Oil > Secondary Vegetation > Forest. Demonstrating that possible conversions from one cover to another can influence the surface radiation balance, ie if oil palm cultivation continues to advance over pasture areas, this would decrease surface albedo and consequently have microclimate changes, however. If expansion occurs over areas of Secondary Vegetation or Forest an inversion will occur and may contribute to climate change.

Keywords: land cover and land use, oil palm, remote sensing, surface albedo, Amazon.

1. Introdução

Os distintos processos de transformação da paisagem na região amazônica, tanto temporal quanto espacial no uso do solo podem ser observados por diferentes meios, entre eles o Sensoriamento Remoto (SR) que utiliza técnicas

capazes de detectar a variação da radiação eletromagnética (REM) refletida de um objeto (alvo) a nível orbital, sendo capaz de avaliar e monitorar as mudanças de uso e cobertura do solo, promovidas por processos naturais e/ou antrópicos (Lorenzetti, 2015).

O SR tem sido usualmente utilizado na avaliação de reflectância das interações entre a REM e as coberturas do solo (Lorenzetti, 2015). Pois, dependendo da cobertura a radiação disseminada que retornará para atmosfera será distinta. E, um indicador biofísico importante nessa avaliação é o albedo de superfície (α) definido pela razão dos fluxos de radiação solar refletido e incidente que cada superfície é capaz de refletir (Oke, 1987). Por exemplo, em áreas mais abertas, com menor presença de vegetação tendem a ter valores de α mais próximos a 1, enquanto, áreas com maior presença de vegetação, em geral mais escuras, valores mais próximos a 0 (Oke, 1987).

Diante das diferentes transformações ocorridas na cobertura do solo, principalmente na Amazônia, experimentos meteorológicos são realizados na região de modo a analisar o α em diferentes uso e cobertura do solo (Culf *et al.*, 1995; Querino *et al.*, 2006; Querino *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2014; Von Randow *et al.*, 2004), para uma compreensão dos efeitos dessas transformações em relação as mudanças climáticas (Culf *et al.*, 1996; Kirschbaum *et al.*, 2011; Oliveira, *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2005; Yanagi, 2006).

Para determinação dos valores de α nas diferentes coberturas do solo, diversos estudos utilizam dados de SR orbital, em diferentes escalas espaciais e temporais (Giongo *et al.*, 2009; Ke *et al.*, 2016; Liberato, 2011; Oliveira e Moraes, 2013; Qu *et al.*, 2015; Querino *et al.*, 2016). Essa ferramenta permite a análise das variações do α tanto no espaço quanto no tempo, assim como oferece ao estudo um indicador dos regimes radiativos que os diferentes usos e coberturas na Amazônia terão para executar os processos físicos-químicos e biológicos que podem influenciar as mudanças climáticas.

Atualmente, quase 20% da área florestal da Amazônia Brasileira foi desflorestada (Nobre *et al.*, 2016). Da porção desflorestada da Amazônia Legal Brasileira até 2008, 62% foi substituída por pastagem, 21% por vegetação secundária e aproximadamente 5% por agricultura anual, além dos 12% restantes estarem distribuídas em outras seis classes de uso e cobertura do solo (Almeida *et al.*, 2016).

Estudos de Adami *et al.* (2015) comprovaram através de análises de SR que a dinâmica da cobertura e do uso no Pará está baseado na consolidação da agricultura e da pecuária extensiva, como uma das variáveis na matriz econômica deste estado. E o efeito dessas mudanças espaciais e temporais da cobertura do solo na Amazônia alteram o balanço de radiação e o sistema climático terrestre, principalmente pela conversão de florestas em usos agropecuários (Artaxo *et al.*, 2014; Querino *et al.*, 2006; Querino *et al.*, 2016).

A região nordeste da Amazônia nos últimos dez anos ganhou altos investimentos e incentivos para expansão da palma de óleo, principalmente no estado do Pará, um dos maiores produtores nacionais dessa cultura (Benami *et al.*, 2018; Lameira *et al.*, 2015).

A palma de óleo é uma oleaginosa de grande importância para a economia dos países exportadores de óleo vegetal, muito utilizada nas indústrias alimentícia e de cosméticos (Becker, 2011). Entre os benefícios gerados por esta cultura está a capacidade de fixação de carbono atmosférico, a possibilidade de recuperação de áreas degradadas, por ser uma cultura com ciclo de vida comercial de 25 anos, a versatilidade do uso comercial no mercado consumidor e possíveis contribuições nas reduções dos impactos ambientais nas escalas locais e global, originados pelo desmatamento (Becker, 2010; Benami *et al.*, 2018; Homma e Furlam, 2000; Silva, 2016; Fonseca *et al.*, 2018).

Na Amazônia, por exemplo, se as plantações de palma de óleo forem estabelecidas a partir da conversão de pastagem ao invés da conversão da vegetação natural, podem representar uma alternativa viável quanto à ocupação de uma fração dos milhões de hectares de áreas desmatadas na Amazônia para aproveitamento agrícola (Benami *et al.*, 2018).

Diante dos incentivos para expansão do cultivo da palma de óleo em até 30 Mha nos últimos anos, e com estimativas de até 238 Mha de terra adequadas na Amazônia (Benami *et al.*, 2018; Silva, 2016). O presente estudo visa comparar o comportamento dos valores de α do cultivo da palma de óleo em relação aos diferentes tipos de uso e coberturas do solo na região.

2. Material e Métodos

Esta pesquisa foi desenvolvida na região leste da Amazônia, que apresenta grande expansão da palma de óleo, sobretudo, na mesorregião do Nordeste Paraense, onde a expansão da cultura da palma de óleo toma forma e ganha espaço na paisagem (Becker, 2010; Benami *et al.*, 2018, Silva, 2016), devido principalmente às boas adaptações da espécie as condições edafoclimáticas da região (Bastos *et al.*, 2001; Ramalho-Filho *et al.*, 2010), com destaque para os municípios de Concórdia do Pará, Acará, Bonito e Moju, como municípios com expansão desta cultura (Lameira *et al.*, 2015).

A órbita/ponto estudada foi a Landsat 223/61 (Fig. 1), que abrange cerca de 50 municípios nessa região. Dentro da cena foram selecionadas áreas das seguintes classes de usos e coberturas do solo: pastagem, floresta, vegetação secundária e de palma de óleo, seguindo critério de interpretação do projeto TerraClass (Almeida *et al.*, 2016).

Para cada classe de uso e cobertura foram selecionados nas imagens 400 pontos com ausência de nuvens e suas sombras, correspondente a um pixel de 500 x 500 metros para o sensor MODIS.

A análise do α foram realizadas através do produto MODIS (MCD43A3) do satélite Terra, disponíveis no banco de dados do *Google Earth Engine* (GEE) que é uma

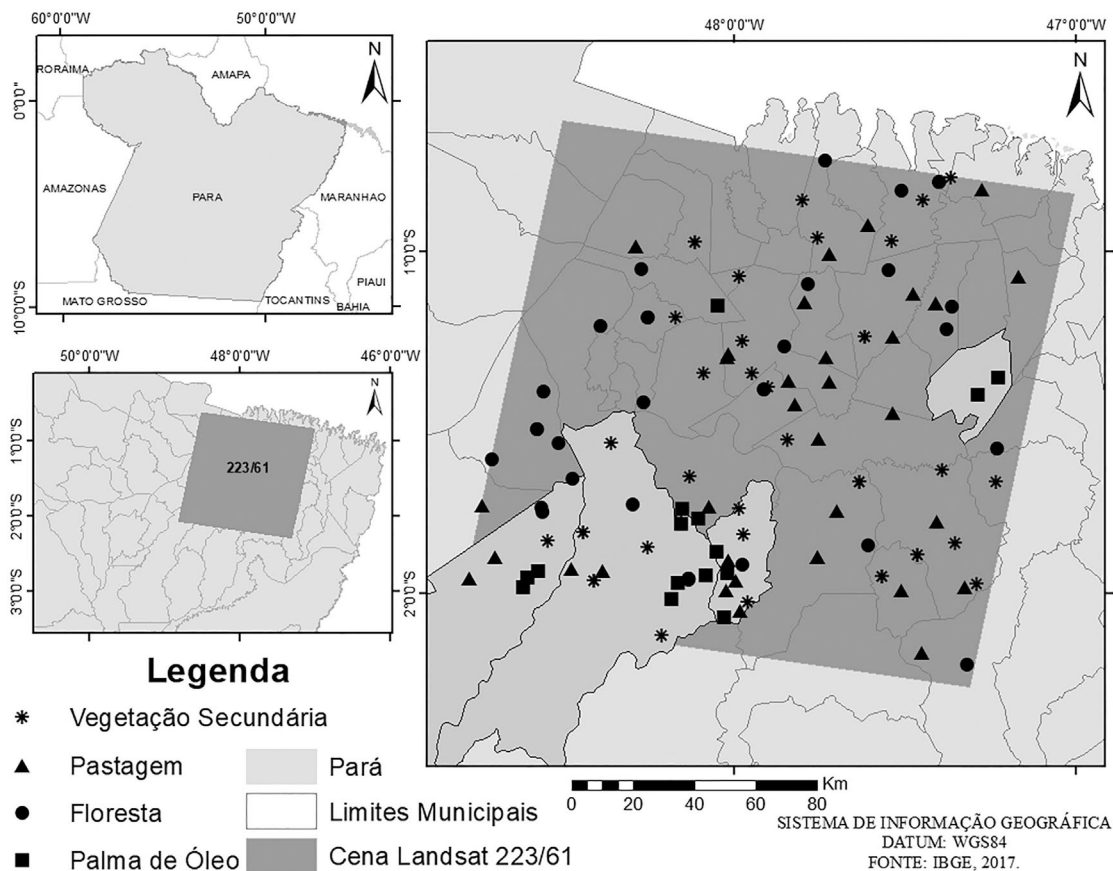


Fig. 1 - Localização das áreas selecionadas por classe uso e cobertura do solo na cena de estudo.

plataforma de análise geospaciais em escala planetária, que realiza o processamento em nuvem através de uma linguagem de programação *JavaScript*, denominada Code Editor (Gorelick *et al.*, 2017). O produto utiliza informações das bandas multiespectrais de Onda Curta (OC) do *Black Sky Albedo* (BSA), correspondendo à banda 10 (0,25-4,0 μm) com correção do fator de escala de 0.001 e no horário de imageamento do sensor às 10h:30 (Schaaf *et al.*, 2015). O produto também possui sistema de referência geográfica (latitude/longitude), com projeção WGS84 e com correção geométrica, radiométrica e atmosféricas disponíveis nos anos de 2015 e 2016.

Para a comparação dos valores de α observados na palma de óleo com as áreas de pastagem, floresta e vegetação secundária foram selecionadas 89 imagens do produto MCD43A3 correspondente a 31 imagens para o ano de 2015 e 58 para 2016, obtendo melhores informações nas datas referentes aos meses de junho a agosto, período que a região nordeste Paraense possui menor cobertura de nuvem (Asner, 2001).

2.1. Análise Estatística

A técnica do *Bootstrap* foi empregada para ter maior consistência nos resultados, demonstrando o intervalo de

confiança das amostras para reduzir a influência de valores anômalos nos parâmetros estimados (Efron, 1982). Essa técnica possibilita escolhas das amostras de forma aleatória, fazendo com que cada nova amostra possua a probabilidade de $1/n$ de ser obtida, e suas estimativas recalculadas, permitindo estabelecer o intervalo de confiança que permitem a intercomparação dos resultados obtidos. Nesse procedimento foi utilizado 1.000 repetições com reposição.

A partir das amostras geradas dos valores de α resultantes da técnica de *Bootstrap*, foi utilizado o teste Shapiro-Wilk ($P > 0,05$), com intuito de testar a normalidade das amostras, no qual, não apresentaram normalidade. Com a não normalidade dos dados, foi realizado o teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov para testar se há diferença significativa entre os usos e coberturas, com a hipótese nula- H_0 de que não há diferença entre as amostras, enquanto a hipótese alternativa- H_1 rejeita a hipótese nula, no nível de 5% de significância.

3. Resultados e Discussão

Uma análise comparativa do α no cultivo da palma de óleo com áreas de pastagem, floresta e vegetação secundária é apresentada na Fig. 2, compreendendo os

anos de 2015 e 2016, nas datas com predomínio nos meses de junho a agosto, período menos chuvoso (Jiménez-Muñoz *et al.*, 2016).

O α estimado para palma de óleo mostram valores que variaram na faixa entre $\alpha = 0.138$ a $\alpha = 0.144$ (Fig. 2). De maneira similar, os obtidos a partir do sensor MODIS na Ásia demonstraram valor máximo estimado para palma de óleo de $\alpha = 0.130$ (Caiazza *et al.*, 2014). Evidenciando pouca variação nos valores quando comparado a outras áreas agrícolas que podem variar de $\alpha = 0.130$ a $\alpha = 0.190$ (Giongo *et al.*, 2009).

A Fig. 2 mostram valores estimados para floresta de $\alpha = 0.113$ a $\alpha = 0.120$. Essa variação está dentro do esperado ao contrastar com a literatura, por exemplo, de Oliveira e Moraes (2013) que encontraram valores α em áreas de floresta na Amazônia na faixa de $\alpha = 0.100$ a $\alpha = 0.140$ na estação menos chuvosa, estimados com sensor MODIS.

Em áreas de vegetação secundária os valores estimados possuem variações entre $\alpha = 0.129$ a $\alpha = 0.137$ (Fig. 2). Os valores estimados de α em áreas de sucessão secundária na Amazônia variaram de $\alpha = 0.140$ e $\alpha = 0.160$ (Oliveira e Moraes, 2013).

O α em pastagem obteve valores de $\alpha = 0.145$ a $\alpha = 0.156$ (Fig. 2). O intervalo encontrado nesse estudo está em conformidade com os de Giongo (2009) de $\alpha = 0.140$ a $\alpha = 0.160$, e dentro do intervalo do α apresentado por Martins e Rosa (2016) de $\alpha = 0.150$ a $\alpha = 0.250$ em áreas de vegetação rasteira, incluindo pastagens e áreas agrícolas.

No ano de 2016 os valores de α tiveram um aumento nas áreas de floresta, vegetação secundária e pastagem do que em 2015 (Fig. 2). Estudos já constataram que mecanismos que levem à diminuição da precipitação envolvem o aumento nos valores do α (Avissar *et al.*, 2004; Yanagi, 2006). E, esse aumento tem como consequência provável as condições de seca devido a anomalia climática extre-

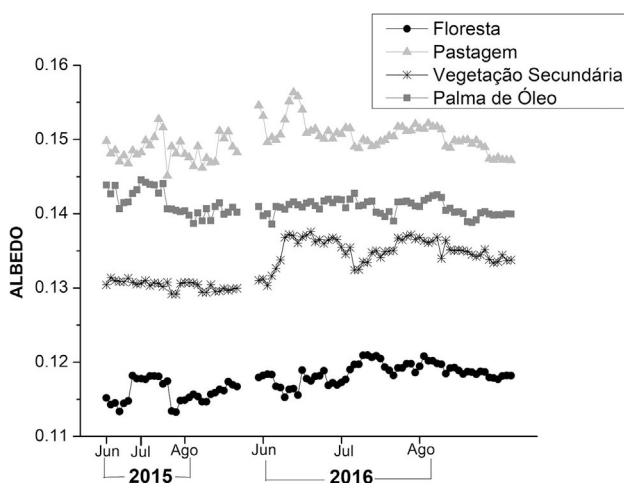


Fig. 2 - Valores médios do α para diferentes uso e cobertura do solo em dias de imageamento no ano de 2015 e 2016 estimado do sensor MODIS.

mamente quente de 2015 a 2016 na região. Segundo Jiménez-Muñoz *et al.* (2016) e Erfanian *et al.* (2017), essa anomalia climática, chamada de El Niño Oscilação Sul (ENOS) provocou um aquecimento anormal no leste da Amazônia, desenvolvendo condições de seca para o primeiro semestre de 2016, em estações consideradas chuvosas na Amazônia. Jiménez-Muñoz *et al.* (2016) descrevem que até 13% das florestas tropicais foram afetadas, e Vale (2016) que houve pico na queda de folhas nesse período.

A redução da precipitação no período de 2015 a 2016 na região favoreceu o estresse fisiológico (Vale, 2016), uma vez que, o estresse hídrico prolongado acelera a taxa de degradação da clorofila, estimulando a desidratação das folhas, o que propicia aumento de refletância (Marengo *et al.*, 2014), logo, apresentando valores de α maiores. Além disso, Erfanian *et al.* (2017) observaram diminuições substanciais no verde da vegetação durante o evento do El Niño nesse período sobre o Nordeste da Amazônia.

Na Fig. 2 não se observa um aumento nos valores de α em 2016 na palma de óleo, provavelmente, pelos manejos culturais aplicados nas plantações, principalmente através das irrigações com efluentes da produção. Outras características fisiológicas da palma de óleo também podem ser uma justificativa, tais como: certas características morfológicas do sistema radicular e da fenologia do dendezeiro. Carvalho, (2000) cita que em períodos de seca prolongada, os teores relativos de água das folhas permanecem entre 96% e 90%, e mesmo nesses períodos permanece com grande área foliares ainda verdes e funcionais.

A Fig. 3 apresenta um diagrama de caixa comparando os valores de α entre os usos e coberturas agrupando os dois anos do estudo (Fig. 3 A) e as classes das áreas para ano 2015 e 2016 (Fig. 3B).

A Fig. 3 (A) mostra que as classes foram significativamente diferentes entre si ($P \leq 0.05$), demonstrando o seguinte padrão: Pastagem > Palma de Óleo > Vegetação Secundária > Floresta. Os entalhes indicam que não foram observadas áreas cuja mediana podem ser iguais ($P \geq 0.95$), pois não há intersecção entre os mesmos.

Ao se comparar os valores da mediana entre os dois anos de estudo (Fig. 3 B), todas as classes foram significativamente diferentes entre si e entre os anos, com intersecção dos valores de a maiores para o ano de 2016 com exceção da palma de óleo. A palma de óleo mesmo apresentando diferença significativamente, obteve intersecção dos valores adjacentes entre os anos (Fig. 3 B).

Cada cobertura vegetal estudada confere um valor de α que retornará para atmosfera. Por exemplo, a palma de óleo retorna 3% mais que a floresta, e 1% menos que nas áreas de pastagem. Demonstrando que possíveis conversões de uma cobertura para outra podem influenciar no balanço de radiação na superfície, e com isso, ocasionar alterações no clima.

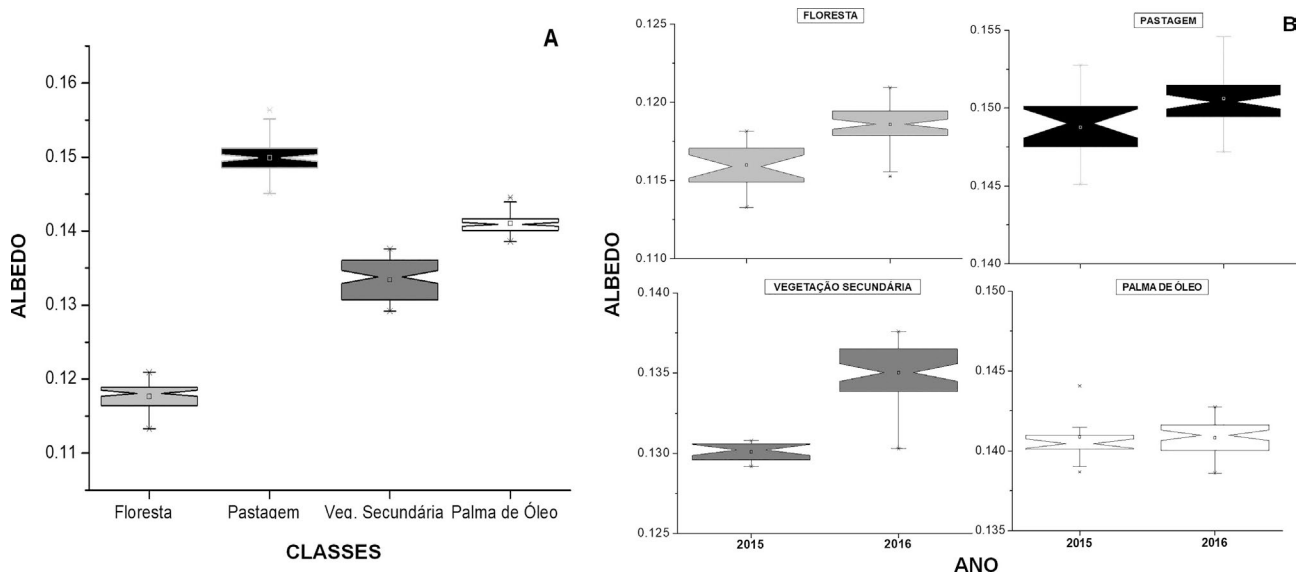


Fig. 3 - Diagrama de caixa do α para diferentes usos e coberturas do solo estimado com sensor MODIS pelo teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov ($P \leq 0.05$). A) Uso e coberturas do solo com diferença significativa ao comparar as médias dos dois anos de estudo. B) Médias dos valores de α para cada uso e cobertura do solo nos anos de 2015 e 2016.

4. Considerações Finais

Os resultados apresentados neste trabalho mostraram que o SR orbital através do produto MCD43A3 do sensor MODIS são adequados para avaliar o α em diferentes usos e coberturas do solo.

Ao comparar o α em áreas de palma de óleo com as coberturas de floresta, vegetação secundária e pastagem observa-se que os valores α de palma possuem um considerável aumento do α de 0.11 para 0.14 se houver conversão de floresta para palma, de 0.13 para 0.14 de vegetação secundária para palma, e uma diminuição de 0.15 para 0.14 se a palma for cultivada, por exemplo, em parcelas de áreas de pastagem. Sugerindo que em larga escala a conversão de uma cobertura à outra ocasionaria mudanças no α refletindo diretamente nos resultados do saldo de radiação, consequentemente mudanças no microclima.

Diante desses resultados da estimativa do α ressalta-se que é imperativo criar estratégias para oferecer subsídios na implementação de instrumentos de gestão e planejamento ambiental frente à expansão de lavouras de palma de óleo na Amazônia.

Agradecimentos

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado da Pós-Graduação em Ciências Ambientais da primeira autora e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, por ceder a estrutura física para o desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- ADAMI, M.; GOMES, A.R.; COUTINHO, A.C.; ESQUERDO, J.C.D.M.; VENTURIERI, A. Dinâmica do uso e cobertura da terra no estado do Pará entre os anos de 2008 e 2012. **Anais do 17º Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto**, João Pessoa: SBSR, p. 7029-7035, 2015.
- ALMEIDA, C.A.; COUTINHO, A.C.; ESQUERDO, J.C.D.M.; ADAMI, M.; VENTURIERI, A.; DINIZ, C.G.; DESSAY, N.; DURIEUX, L.; GOMES, A.R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. **Revista Acta Amazonica**, v. 46, n. 3, p. 291-302, 2016.
- ARTAXO, P.; DIAS, M.A.F.S.; NAGY, L.; LUIZÃO, F.J.; CUNHA, H.B.; QUESADA, C.A.N.; MARENGO, J.A.; KRUSCHE, A. Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da floresta Amazônica. **Revista Ciência e Cultura**, v. 66, n. 3, p. 41-46, 2014.
- ASNER, G.P. Cloud cover in landsat observation of the Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, v. 22, n. 18, p. 3855-3862, 2001.
- AVISSAR, R.; RAMOS DA SILVA, R.; WERTH, D. Implications of tropical deforestation for regional and global hydroclimate. In: DEFRIES, R.; ASNER, G.; HOUGHTON, R. (orgs). **Ecosystems and Land Use Change**. Washington, DC: American Geophysical Union, p. 73-83, 2004.
- BECKER, B.K. Recuperação de áreas desflorestadas da Amazônia: será pertinente o cultivo da palma de óleo (dendê)? **Revista Confins**, 2010. Disponível em <https://confins.revues.org/6609?lang=pt>, acesso em 29 out. 2016.
- BASTOS, T.X.; MULLER, A.A.; PACHECO, N.A.; SAMPAIO, S.M.N.; ASSAD, E.D.; MARQUES, A.F.S. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do dendezeiro no estado do Pará. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 564-570, 2001.

- BENAMI, E.; CURRAN, L.M.; COCHRANE, M.; VENTURIERI, A.; FRANCO, R.; KNEIPP, J.; SWARTOS, A. Oil palm land conversion in Pará, Brazil, from 2006-2014: evaluating the 2010 Brazilian sustainable palm oil production program. **Revista Environmental Research Letters**, v. 13, n. 3, 2018.
- CAIAZZO, F.; MALINA, R.; STAPLES, M.D.; WOLFE, P.J.; YIM, S.H.L.; BARRETT, S.R.H. Quantifying the climate impacts of albedo changes due to biofuel production: A comparison with biogeochemical effects. **Revista Environment Research Letters**, v. 9, n. 2, p. 1748-9326, 2014.
- CARVALHO, C.J.R. Ecofisiologia do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.). In: VIÉGAS, I.J.M; MULLER, A.A. (eds). **A Cultura Do Dendezeiro Na Amazônia Brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental; Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, p. 89-124, 2000.
- CULF, A.D.; FISCH, G.; HODNETT, M.G. The albedo of Amazonian forest and ranch land. **Revista Journal of Climate**, v. 8, n. 6, p. 1544-1554, 1995.
- CULF, A.D.; ESTEVES, J.L.; MARQUES FILHO, A.O.; ROCHA, H.R. Radiation, temperature and humidity over forest and pasture in Amazonia. In: GASH, J.H.C.; NOBRE, C.A.; ROBERTS, J.; VICTORIA, R.L. (eds). **Amazonian Deforestation And Climate**. Chichester: John Wiley, p. 175-191, 1996.
- ERFANIAN, A.; WANG, G.; FOMENKO, L. Unprecedented drought over tropical South America in 2016: Significantly under-predicted by tropical SST. **Revista Scientific Reports**, v.7, p. 5811, 2017.
- EFRON, B. **The jackknife, the bootstrap, and other resampling plans**. Philadelphia: Society for Industrial Mathematics, p. 92, 1982.
- FONSECA, L.C.N.; ARAÚJO, A.C.; MANZI, A.O.; CARVALHO, C.J.R.; OLIVEIRA, L.R. Fluxos de CO₂ em plantio de palma de óleo no leste da Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 1, p. 181-192, 2018.
- GIONGO, P.R.; PADOVANI, C.R.; VETTORAZZI, C.A. Variabilidade espacial e temporal do albedo obtido a partir de imagens MODIS na região do Pantanal. **Anais 14º Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto**, 14, 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: SBSR, p. 4715-4722, 2009.
- GORELICK, N. Google Earth Engine. In: EGU General Assembly Conference Abstracts, p. 11997, 2013.
- HOMMA, A.K.O.; FURLAM-JUNIOR, J.A. Dendeicultura como um sistema sustentável na Amazônia In: **Anais Do Seminário Internacional Agronegócio Do Dendê: Uma Alternativa Social, Econômica E Ambiental Para O Desenvolvimento Sustentável Da Amazônia**. Belém: Embrapa, p. 53-54, 2000.
- JIMÉNEZ-MUÑOZ, J.C.; MATTAR, C.; BARICHIVICH, J.; SANTAMARÍAARTIGAS, A.; TAKAHASHI, K.; MAHLI, Y.; SOBRINO, J.A.; VAN DER SCHRIER, G. Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015-2016. **Revista Scientific Reports**, v. 6, p. 33130, 2016.
- KE, Y.; IM, J.; PARK, S.; GONG, H. Downscaling of MODIS one kilometer evapotranspiration using landsat-8 data and machine learning approaches. **Revista Remote Sensing**, v. 8, n. 3, p. 215, 2016.
- KIRSCHBAUM, M.U.F.; WHITEHEAD, D.; DEAN, S.M.; BEETS, P.N.; SHEPHERD, J.D.; AUSSEIL, A.G.E. Implications of albedo changes following afforestation on the benefits of forests as carbon sinks. **Revista Biogeosciences**, v. 8, n. 12, p. 3687-3696, 2011.
- LAMEIRA, W.J.M.; VIEIRA, I.C.G.; TOLEDO, P.M. Análise da expansão do cultivo da palma de óleo no Nordeste do Pará. **Novos Cadernos NAEA**, v. 18, n. 2, p. 185-197, 2015.
- LIBERATO, A.M. Albedo à superfície a partir de imagens Landsat 5 - TM em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. **Revista de Geografia**, v. 28, n. 1, p. 10, 2011.
- MARENCO, R.A.; VERA-ANTEZANA, S.A.; GOUVÊA, P.R.S.; CAMARGO, M.B.; OLIVEIRA, M.F.; SANTOS, J.K.S.S. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, v. 61, (suppl), p.786-799, 2014.
- MARTINS, A.P.; ROSA, R. Estimativa do albedo de superfície utilizando imagens MODIS/Aqua e o algoritmo sebal na bacia do Rio Paranaíba-Brasil. **Actas 17º Simposio Internacional en Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica**. Puerto Iguazú: SELPER, p. 3045-3058, 2016.
- NOBRE, C.A.; SAMPAIO, G.; BORMA, L.S. CASTILLARUBIO, J.C.; SILVA, J.S.; CARDOSO, M. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. **Revista Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 39, p. 10759-10768, 2016.
- OLIVEIRA, G.; MORAES, E.C. Validação do balanço de radiação obtido a partir de dados MODIS/TERRA na Amazônia com medidas de superfície do LBA. **Revista Acta Amazonica**, v. 43, n. 3, p. 353-364, 2013.
- OLIVEIRA, B.S.; MORAES, E.C.; BENAVIDES, M.C.; BERTANI, G.; MATAVELI, G.A.V. Improved albedo estimates implemented in the METRIC model for modeling energy balance fluxes and evapotranspiration over agricultural and natural areas in the Brazilian cerrado. **Revista Remote Sensing**, v. 10, n. 1181, p. 2-27, 2018.
- QU, Y.; LIANG, S.; LIU, Q.; HE, T.; LIU, S.; LI, X. Mapping surface broadband albedo from satellite observations: a review of literatures on algorithms and products. **Revista Remote Sensing**, v. 7, n. 1, p. 990-1020, 2015.
- QUERINO, C.A.S.; MOURA, M.A.L.; LYRA, R.F.F.; MARIANO, G.P. Avaliação e comparação de radiação solar global e albedo com ângulo zenital na região Amazônica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 21, n. 3a, p. 42-49, 2006.
- QUERINO, C. A.S.; MOURA, M.A.L.; QUERINO, J.K.A.S. Impacto do desmatamento de uma área de mangue no albedo superficial. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 4, p. 401-408, 2013.
- 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. **Revista Journal of Applied Remote Sensing**, v. 10, n. 2, p. 026007.1-026007-12, 2016.
- SANTOS, J.Y.G.; SILVA, R.M.; CARVALHO NETO, J.G.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; SANTOS, C.A.G.; SILVA,

- A.M. Assessment of land use change on the streamflow using GIS, remote sensing and physically-based model. **IAHS-AISH Publication**, v. 368, p. 232-239, 2014.
- SCHAAF, C.; WANG, Z. **MCD43A3 MODIS/Terra+Aqua BRDF/Albedo Daily L3 Global - 500m V006** [Data set]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. doi: 10.5067/MODIS/MCD43A3.006, 2015. Disponível em https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/MODIS/MODIS_products_table/mcd43a3_v006, acesso em 15 dez de 2017.
- SCIENCE FOR A CHANGING WORLD - USGS. **MODIS Overview**. Disponível em https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/MODIS, acesso em 15 jun. 2017.
- SILVA, B.B.; LOPES, G.M.; AZEVEDO, P.V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens LANDSAT5 - TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 13, n. 2, p. 201-211, 2005.
- SILVA, A.K.L. **Impacto Da Expansão Da Palma De Óleo Sobre O Escoamento Superficial E Produção De Sedimentos Nas Sub-Bacias Hidrográficas Não Monitoradas Dos Rios Bujaru E Mariquita No Nordeste Do Estado Do Pará, Amazônia Oriental**. Tese de Doutorado em Ciência da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, p. 287, 2016.
- VALLE, D. F. **Sazonalidade Da Renovação De Folhas No Dossel Ao Longo De Uma Toposequência E Em Ano De Seca Severa Em Floresta De Terra Firme Na Amazônia Central**. Dissertação de Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais- Instituto de Pesquisas da Amazônia, INPA, Manaus, p. 46, 2016.
- VON RANDOW, C.; MANZI, A.O.; KRUIJT, B.; OLIVEIRA, P.J.; ZANCHI, F.B.; SILVA, R.L.; HODNETT, M.G.; GASH, J.H.C.; ELBERS, J.A.; WATERLOO, M.J.; CARDOSO, F.L.; KABAT, P. Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon exchange over forest and pasture in south west Amazonia. **Revista Theoretical and Applied Climatology**, v. 78, n. 1-3, p. 5-26, 2004.
- YANAGI, S.N.M. **Albedo Of An Amazon Tropical Rainforest: Field Measurements, Remote Sensing, Modeling, and its Influence on the Regional Climate**. Tese de Doutorado em Meteorologia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, p. 128, 2006.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (type CC-BY), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original article is properly cited.