ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Análise do uso e ocupação da terra e sua influência na sub-bacia do Ji-Paraná

Suzianny Cristia Salazar da Silva¹, Aline Maria Meiguins de Lima²

¹ Ms. em Sensoriamento Remoto, Laboratório de Sensoriamento Remoto Geológico (UFRGS). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Campus Vale, Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 44202,0 Setor 5, Porto Alegre/RS, CEP 91501970, (51) 33087479. suziannysalazar@gmail.com (autor correspondente). ² Dr^a. em Desenvolvimento Socioambiental, Professora Adjunta III, Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais. Universidade Federal do Pará (UFPA), Faculdade de Meteorologia, Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá, Belém/PA, CEP 66075-110, (91) 32017893. ameiguins@ufpa.br.

Artigo recebido em 10/07/2019 e aceito em 14/12/2018

RESUMO

Este estudo objetivou analisar a influência do uso e ocupação da terra na sub-bacia do Ji-Paraná e a distribuição climatológica e mensal de precipitação. Foram utilizados dados pluviométricos da Agência Nacional de Águas-ANA, dados do projeto TerraClass de 2008, 2010 e 2012, e imagens do satélite LANDSAT 5 e LANDSAT 7. Na análise de precipitação, utilizou-se o método de interpolação Inverso do quadrado da distância-IDW. Na caracterização do uso da terra a técnica de métrica da paisagem, com a ferramenta Vector-based Landscape Analysis Tools Extension-V-LATE 2.0 beta, e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada-NDVI. A região próxima à foz do rio Ji-Paraná apresentou os maiores valores médios de precipitação, ao contrário da região próxima a sua nascente, que obteve os menores valores. As estações Tabajara e Vista Alegre apresentaram maior variabilidade de precipitação, e Seringal 70 e Rolim de Moura, apresentaram menores valores de distribuição de precipitação ao longo da sub-bacia. A variabilidade mensal de precipitação caracterizou o período mais chuvoso entre os meses de dezembro a abril, e menos chuvoso entre maio a agosto. A classe temática vegetação secundária, obteve a maior porcentagem de números de fragmentos para os anos de 2008, 2010 e 2012, e menor valor da média entre as áreas dos fragmentos. O NDVI apresentou valores próximo de -1, em as áreas que desenvolvem a atividade relacionada a pastagem, e valores de -1 para áreas urbanas. Já as regiões que apresentaram valores de 1 ou próximo de 1, foram áreas classificadas como floresta.

Palavras-chave: uso da terra, precipitação, rio Ji-Paraná.

Analysis of land use and occupation and its influence on the Ji-Paraná sub-basin

ABSTRACT

This study aimed to analyze the influence of land use and land cover at the Ji-Paraná's sub-basin along with the climatology and monthly distribution of precipitation. We used data from pluviometric of the National Water Agency - ANA. Furthermore, we used data from TerraClass, for the years 2008, 2010, and 2012; and images from the satellite Landsat 5 and 7. For precipitation analysis, we used the Inverse Distance Weighting - IDW. The TerraClass data were analyzed through the landscape metric technique in the extension tool of the Vector-based Landscape Analysis Tools Extension-V-LATE 2.0 beta, and we calculated Normalized Difference Vegetation Index -NDVI. The distribution of precipitation near the region of the river mouth of the Ji-Paraná presented the highest average values of precipitation, unlike the region close to its source, which obtained the lowest precipitation values. The Tabajara and Vista Alegre stations have showed the higher variability of precipitation values. On the other hand, the Seringal 70 and Rolim de Moura stations had lower precipitation values along the sub-basin. The monthly precipitation variability characterized the wet period between the months of December to April and dry period from May to August. The thematic class of the secondary vegetation obtained higher percentage of numbers of fragments for the years 2008, 2010, and 2012, and a smaller value of the average between fragments areas. The NDVI showed values close to -1 for the areas that develop activities related to grazing and values of -1 for urban areas. Already the regions with values of 1 or close to 1, were areas classified as forest.

Keywords: land use, precipitation, Ji-Paraná river

Introdução

As mudanças que ocorrem devido as atividades antrópicas por uso e ocupação da terra são algo de extrema relevância, na maneira em que os recursos do meio ambiente são explorados, sejam para práticas agropecuárias, mineradoras, ou de expansão urbana. O que implica é a forma como essas atividades serão desenvolvidas, principalmente em determinadas áreas consideradas prioritárias à conservação e/ou preservação nos sistemas amazônicos.

Como resposta à problemática do desflorestamento na Amazônia, surgiu em 1988, para atender uma demanda do Ministério do Meio Ambiente em associação com o Ministério de Ciência e Tecnologia, o Programa de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal (PRODES), desenvolvido e executado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com o intuito de produzir a estimativa da taxa anual do desflorestamento, a partir de levantamentos sistemáticos utilizando imagens de satélite (Almeida et al., 2016; Coelho et al., 2018).

Em 2008, passados vinte anos de monitoramento do desflorestamento e considerando o desenvolvimento de novas tecnologias e sistemas orbitais, surge a possibilidade de mapear, compreender e monitorar a dinâmica de uso e cobertura da terra das áreas desflorestadas da Amazônia (Amaral e Rios, 2012; Coutinho et al., 2013).

Os mapas de cobertura da terra se configuram em instrumentos que auxiliam no ordenamento do território e no planejamento ambiental (Araújo Filho et al., 2007) e, por sua vez, estão relacionados com o relevo (Couto Júnior et al., 2007) que é um importante aspecto para a compreensão da distribuição espacial da paisagem.

Os parâmetros de composição dão uma ideia de quais unidades estão presentes na paisagem, da riqueza dessas unidades e da área ocupada por elas (o que permite inferir sobre o grau de dominância espacial). Os parâmetros de disposição vão quantificar o arranjo espacial dessas unidades em termo de grau de fragmentação e frequência de contato entre as diferentes unidades; grau de isolamento e conectividade de manchas de unidades semelhantes e, finalmente, a área, formato e complexidade de formas das manchas que compõem o mosaico da paisagem (Silva e Peroni, 2015).

Segundo Bezerra et al. (2011), as métricas da paisagem são a ponte entre planejamento e ecologia, portanto, identificar os principais

elementos estruturais da paisagem, e seus fluxos principais de paisagem ou processos são tarefas essenciais para a compreensão das funções das paisagens. A partir destes elementos, este estudo objetivou analisar a distribuição climatológica e mensal de precipitação na sub-bacia do Ji-Paraná, afluente da bacia do rio Madeira, considerando a influência do uso e ocupação da terra.

Material e métodos

A sub-bacia do Ji-Paraná, abrange uma área de aproximadamente 63.887,0 km². Está inserida dentro do território brasileiro, agregada apenas pelo Estado de Rondônia-RO (Figura 1).

A série de dados trabalhada foi de 1987 a 2014, totalizando 27 anos de dados. As estações pluviométricas (Agência Nacional de Águas – ANA) selecionadas foram: Fazenda Flor do Campo; Jaru; Fábio (boliche); Mineração Oriente Novo; Marco Rondon; Mirante da Serra; Pimenta Bueno; Parecis; Rolim de Moura; Rondominas (barrocas); Seringal 70; Tabajara; Theobroma e Vista Alegre, total de 14 estações pluviométricas.

Também foram utilizados os dados do projeto TerraClass (no formato vetorial), onde são divididos em cenas espaciais que recobrem o território brasileiro da Amazônia Legal, ao todo escolheu-se 15 cenas de influência para a área da sub-bacia.

Foram utilizadas imagens de satélites Landsat 5 sensor Thematic Mapper (TM) e Landsat 7 sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), através da plataforma United States Geological Survey (USGS), onde são disponibilizadas gratuitamente. O período escolhido para utilizar as imagens, esteve entre o intervalo de 01 a 28 de junho.

Para a distribuição de precipitação, calculou-se a média anual acumulada, e as médias mensais de precipitação, seguindo com a construção de gráficos, e com a espacialização desses resultados pelo método de interpolação Inverso do Quadrado da Distância (IDW).

Este método tende a realizar uma média ponderada, a partir dos valores de amostragem (pontos referências), distribuídos e delimitados em uma circunferência vizinha de menor distância entre esses pontos, eliminando aqueles de maior distância da sua região de influência. Outros métodos de interpolação foram testados no decorrer do processo, mais o IDW foi o que melhor representou a distribuição de precipitação.

Figura 1. Localização da sub-bacia do Ji-Paraná.

Na caracterização do uso e ocupação da terra, aplicou-se as métricas de paisagem, através da ferramenta de extensão Vector-based Landscape Analysis Tools Extension (V-LATE 2.0 beta), esta ferramenta é um script que foi desenvolvido pela Universidade de Salzburgo - Áustria.

Segundo Silva e Peroni (2015) esta ferramenta fornece um conjunto selecionado de métricas mais comuns para investigações ecológicas relacionadas com a estrutura básica da paisagem; estas são organizadas de acordo com os principais aspectos da análise do padrão estrutural da paisagem e consistem em métricas de sete categorias diferentes (área, forma, núcleo, borda, proximidade, diversidade, e análise de subdivisão).

Para a análise métrica de paisagem na sub-bacia do Ji-Paraná, foi escolhido as métricas de área especificadas no Quadro 01, que tem por finalidade representar a capacidade presente no fragmento da paisagem.

Na realização do cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (Jacquin et al., 2010; Pettorelli et al., 2011; Fensholt e Proud, 2012; Raper et al., 2013), com o intuito de avaliar a mudança espacial e temporal, selecionou-se duas bandas espectrais 3 (red) e a 4 (infra red) do satélite LANDSAT 5 e 7; estas foram aplicadas a equação

01 (Esau et al., 2016; Robinson et al., 2017), onde também foram trabalhadas primeiramente em escala de níveis de cinzas para os anos de 2008, 2010 e 2012.

Quadro 01: Métricas da paisagem adotadas.

Abreviação	Descrição das Métricas utilizadas
NP	Número de Fragmentos existentes na Classe
CA	Área de todos os Fragmentos da Classe
MPS	Média entre as áreas de todos os Fragmentos da Classe
PSSD	Desvio Padrão do tamanho dos Fragmentos

$$NDVI = \frac{(IVP - Ver)}{(IVP + Ver)} \quad \text{eq. 01}$$

Onde: NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada; IVP = Energia refletida pela região do Infravermelho Próximo; Ver = Energia refletida pela região do vermelho.

Resultados e discussão

Distribuição de precipitação

A Figura 2 ilustra a distribuição média acumulada de precipitação na sub-bacia do Ji-Paraná, durante os 27 anos. Observa-se que na área próximo a sua foz apresenta o maior valor de precipitação com 2.230,3 a 2.276,6 mm, e a área próximo a nascente de menor valor com 1.739,0 a 1.819,1 mm de precipitação, já na região central da sub-bacia apresenta valores entre 1.977,3 a 2.194,4 mm.

Figura 2. Distribuição de precipitação na sub-bacia do Ji-Paraná.

A climatologia da precipitação média, referente a cada estação pluviométrica localizada na sub-bacia, pode ser observada nas Figuras 3 e 4. A caracterização do período mais chuvoso define-se entre os meses de novembro a março, e menos chuvoso de abril a outubro. A Figura 5 apresenta a distribuição espacial da precipitação mensal.

As estações Tabajara e Vista Alegre apresentam os maiores valores distribuição de precipitação para o período mais chuvoso. Tabajara se destaca entre essas estações, devido a sua localização de influência próximo a área da foz da sub-bacia, que tem a maior região de valor climatológico de precipitação.

Figura 3. Variação mensal da precipitação.

Figura 4. Variação mensal da precipitação: estações pluviométricas da sub-bacia do Ji-Paraná.

Já as estações Seringal 70 e Rolim de Moura, se destacam por apresentar menor valor de distribuição mensal entre as outras estações pluviométricas, seus respectivos valores de menor distribuição está no mês de julho com 7,8mm e 10,8mm e ficando abaixo de 300,0 mm, em comparação a estação de maior distribuição que fica acima de 350,0 mm.

Observando a distribuição espacial da precipitação mensal (Figura 5), o período que se caracteriza como sendo o mais chuvoso está entre os meses de dezembro a abril, com destaque para o mês de janeiro, pois apresenta a maior distribuição média do volume de precipitação, principalmente na sua foz e na região sudeste da sub-bacia, tendo

seu valor máximo de 353,5 a 367,4 e valor mínimo de 280,3 a 293,6 mm.

Para esse período, os principais sistemas meteorológicos responsáveis pela precipitação, são devido a ação convectiva da região (Franca, 2015), que ocorre em função do fortalecimento e expansão da Massa de Ar Equatorial Continental sobre a América do Sul, da oscilação para sul da Zona de Convergência Intertropical e atuação mais frequente de outros sistemas produtores de chuva na Amazônia.

Já o período menos chuvoso caracterizado pelos meses de maio a agosto, sendo julho o mês que apresenta menores valores de precipitação, variando com média de 7,8mm a 25,5mm. A maior parte das chuvas que atuam nesse período da região

da sub-bacia, está ligada principalmente com a queda de temperatura denominado friagem, devido as altas subtropicais localizadas no sul do Oceano Atlântico Sul estarem mais forte e favorecer o deslocamento dos sistemas frontais sobre Amazônia, e influenciando principalmente na temperatura e consequentemente na precipitação. Segundo Marengo et al. (1997), as friagens são

mais comuns no Acre, Rondônia, Mato Grosso e sul do Amazonas. Sua ocorrência é responsável pela ocorrência de chuvas frontais sobre essa parte da Amazônia durante a estação seca. Fisch (1999) também verificou que entre abril e setembro há uma frequência de 6-7 eventos de friagem na bacia Amazônica.

Figura 5. Distribuição de precipitação Mensal para a sub-bacia do Ji-Paraná.

Análise da paisagem na sub-bacia do Ji-Paraná

A análise da evolução do uso e ocupação da terra realizada na sub-bacia do Ji-Paraná, pode ser observada na Figura 6. Espacialmente observa-se que a diferença entre o ano de 2008 a 2012 é perceptível principalmente na região sudeste, em que áreas classificadas como não floresta e pasto limpo no ano de 2008 sofreu uma mudança significativa para um intervalo de apenas dois anos correspondente ao ano de 2010.

A classe pasto limpo é o que predomina espacialmente está distribuição, seguindo com áreas do tipo floresta ao longo de todo o período analisado, e o aumento e diminuição de algumas classes temáticas como mosaico de ocupações. O crescimento urbano é destacado em pontos isolados na distribuição da sub-bacia, significando pouca influência espacial sobre a dinâmica do uso da terra por ocupação urbana.

A Figura 7 ilustra a evolução das classes temáticas a partir do ano de 2008 a 2012 expressa em porcentagem, por áreas de mesma identificação temática. Algumas classes mantiveram-se com poucas ou sem nenhuma alteração, entre essas classes está pasto limpo, pasto com solo exposto, pasto sujo, floresta e não floresta, sendo áreas de pastagem predominante sobre as áreas que se

encontram desflorestadas. Já para as classes que sofreram grandes alterações está desflorestamento, que obteve uma diminuição significativa em 2012.

Segundo o relatório Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia para 2010 do projeto PRODES, essas áreas foram substituídas pelo avanço da vegetação secundária e agricultura anual ao longo de todo o território da Amazônia Legal. A classe temática de reflorestamento inclusa a partir do ano de 2010, foi uma resposta para os resultados alcançados em 2012, devido a iniciativa do governo brasileiro em 2008 assumir o papel de diminuição das áreas desflorestadas.

Áreas definidas como mosaico de ocupação obtiveram um salto maior em relação a 2008, e diminuindo em dois anos posteriores; essas áreas apresentam características por ocupação de atividades relacionadas a agricultura familiar e desenvolvimento de gado.

Para o ano de 2008, a vegetação secundária apesar de não apresentar espacialmente uma grande extensão de área na sub-bacia, apresentou o maior NP com 51,73%, seguindo regeneração com pasto 14,62%, pasto sujo 12,53% 10,16%, pasto limpo 7,01% e desmatamento com 1,41%.

Figura 6. Análise espacial das classes temáticas do projeto PRODES para os anos de 2008 a 2012.

Figura 7. Distribuição das classes temáticas para os anos de 2009 a 2012 em termos de porcentagem.

No ano de 2010 a vegetação secundária apesar de ter um pequeno decréscimo em seu resultado, continuou representando a maior porcentagem de NP com 48,64%. A classe que também obteve uma redução foi pasto sujo ficando com 9,83%, e floresta com 4,72%. Os que tiveram um aumento de NP em comparação ao ano de 2008 foram: pasto limpo com 18,26% e regeneração com pasto 15,97% sendo este último pouco significativo, e as outras classes permaneceram abaixo de 1%.

Já para o ano de 2012 o NP da vegetação secundária volta a aumentar em comparação ao ano de 2010 com 50,43%, juntamente com a classe floresta que teve uma escala de crescimento de aproximadamente 7% totalizando 11,86% do NP, outras classes que não foram citadas pelo fato de apresentar valores muito pequenos de NP.

A relação da área de todos os fragmentos da classe (CA) expressa em unidades de km², as vezes não corresponde a uma relação direta com os resultados de cada NP, ou seja, as classes analisadas podem corresponder a grandes regiões espacial e pouca fragmentada, como se observa na classe temática floresta que apresentou valores menores de NP em comparação a outras classes temáticas, possuindo a maior área de extensão em quilômetro quadrado com 25.010,68 km² para o ano de 2008, diminuindo em 2010 quando seu NP também diminuiu totalizando 24.735,78 km², e continuando a diminuir em 2012 com 24.450,13

km² quando seu NP tinha alcançado uma taxa maior em relação a 2010. Neste mesmo caso também se encontra a classe temática de pasto limpo, com valores de NP menores em relação as outras classes e CA bastante elevado para o período de 2008 a 2012.

Os resultados analisados através da técnica métrica de paisagem, são demonstrados através das Figuras 8 (ano 2008), 9 (ano 2010) e 10 (ano 2012). A média entre as áreas de todos os fragmentos da classe (MPS) e o desvio padrão do tamanho dos fragmentos (PSSD), para os anos de 2008 a 2012, apresentaram valores menores que 25,00 km². Tanto o MPS quanto o PSSD obtiveram valores aproximados entre si, o que caracteriza quase nenhuma variação. Este resultado significa uma boa validação para o processamento de análise métrica.

Avaliação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI

A relação do NDVI com o uso e ocupação da terra ao longo da sub-bacia, ilustrada pela Figura 11, serviu de parâmetro para a análise das áreas verdes e ausentes de vegetação. A variação do NDVI conforme proposto por Rouse et al. (1973), diz que o resultado normaliza a razão entre o intervalo de -1 a +1, e que as áreas com vegetação tendem a ser mais próximo dos valores superiores (positivo) e que os próximos dos valores inferiores (negativo) são para áreas ausente de vegetação.

Figura 8. Resultado de análise métrica para a Sub-Bacia do Ji-Paraná: ano 2008.

NP - Número de Fragmentos existentes na Classe; CA - Área de todos os Fragmentos da Classe; MPS - Média entre as áreas de todos os Fragmentos da Classe; PSSD - Desvio Padrão do tamanho dos Fragmentos.

Figura 9. Resultado de análise métrica para a Sub-Bacia do Ji-Paraná: ano 2010.

NP - Número de Fragmentos existentes na Classe; CA - Área de todos os Fragmentos da Classe; MPS - Média entre as áreas de todos os Fragmentos da Classe; PSSD - Desvio Padrão do tamanho dos Fragmentos.

Figura 10. Resultado de análise métrica para a Sub-Bacia do Ji-Paraná: ano 2012. NP - Número de Fragmentos existentes na Classe; CA - Área de todos os Fragmentos da Classe; MPS - Média entre as áreas de todos os Fragmentos da Classe; PSSD - Desvio Padrão do tamanho dos Fragmentos.

Figura 11. Mapa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

A evolução do NDVI de 2008 a 2012 é notável na região sudeste e norte da sub-bacia, pois apresentam destaque em áreas de vegetação e ausentes de vegetação. Essas áreas por apresentar características de uso e ocupação da terra já discutidas em parágrafos anteriores, demonstraram que a predominância de áreas com pouca vegetação, em geral está associada a atividades de pastagem para todo os anos analisados.

As regiões que se destacam em áreas isoladas representada pela cor vermelha, corresponde a um intervalo próximo ou igual a -1, que em sua maioria está associada por ocupação urbana, significa áreas de maior ausência de vegetação, sendo o ano de 2012 o que obteve maior evolução espacial, devido ao crescimento urbano na sub-bacia.

O intervalo próximo ou igual a 1, demonstraram as regiões que maior apresentaram áreas verdes destacadas na parte norte e nordeste da sub-bacia principalmente para o ano de 2008, sendo essas regiões classificadas como floresta. É importante ressaltar que as regiões acerca da drenagem principal da sub-bacia, encontra-se em sua maioria com pouca vegetação.

Na análise integrada com a distribuição da precipitação observa-se que as áreas de maior pressão no processo de uso e ocupação da terra coincidem com as que apresentam os valores de maior variabilidade entre o período chuvoso e o menos chuvoso, indicando que as cabeceiras da

bacia é a região de maior relação entre a ação antrópica e a recarga da bacia. Esse é o padrão geral observado para a bacia Amazônica, onde as áreas de cabeceiras estão sendo mais intensamente ocupadas, principalmente aquelas que estão na faixa de maior intensificação do desflorestamento, como é o caso do estado de Rondônia (Tourneau e Bursztyn, 2010).

Bacias de relevante importância como o caso da bacia do rio Madeira (onde se localiza a Sub-Bacia do Ji-Paraná), tem tido seu regime alterado por diversas intervenções, sendo que estes não são corretamente aferidos pela insuficiência de monitoramento hidrológico local (Fearnside, 2010; Piontekowski et al., 2011; Godar et al., 2012). Destaca-se que a abertura de vias de acesso e a expansão do setor agropecuário, sem o suporte de ações de ordenamento territorial tem contribuído para a degradação dos sistemas hídricos locais (Kirby et al., 2006).

Conclusões

A sub-bacia do Ji-Paraná, possui uma distribuição de precipitação de maior volume nas áreas próximo a sua foz, e na região sudeste da sub-bacia. Em relação a variabilidade mensal da precipitação, o período menos chuvoso da região caracterizado pelos meses de maio a agosto, é influenciado pelo deslocamento de sistema frontais em direção a parte sul e sudeste da Amazônia,

especialmente de junho a agosto, ocasionando precipitações do tipo frontal através do evento friagem.

A caracterização do uso e ocupação da terra, a partir dos dados do PRODES, mostrou que a classe temática que predomina espacialmente a sub-bacia, é a atividade de pastagem, que também está relacionada com a maioria das áreas que se encontram desflorestadas ao longo da drenagem principal, isso pode influenciar de certa forma no contexto de preservação e manutenção dessas áreas.

Os parâmetros analisados pelo método de métrica de paisagem, serviu como ferramenta principal para o detalhamento do uso da terra, através da classificação das classes temáticas. Para evolução das métricas de área dos anos de 2008 a 2012, a classe que obteve maior número de fragmentos foi vegetação secundária, e maior área por km² entre as classes foi pasto limpo e floresta. Os resultados entre as medias e desvio padrão mostraram-se bastante consistentes e com pouca variação entre si.

A avaliação do índice de vegetação por diferença normalizada foi fundamental na compreensão das áreas que se encontravam com ou sem vegetação e sua relação com as atividades desenvolvidas. De forma geral toda a análise realizada dá suporte para compreensão da dinâmica do uso e ocupação da terra dentro da sub-bacia, servindo como instrumento para o desenvolvimento e planejamento de conservação hídrica e ambiental da região.

Referências

- Amaral, A.B., Rios, A.S., 2012. Geoprocessamento: mapeamento do uso e ocupação do solo no alto curso do rio Piedade. *Revista de Geografia* 2, 1-8. doi:10.5902/2179460X18243
- Almeida, C.A., Coutinho, A.C., Esquerdo, J.D.M., Adami, M., Venturieri, A., Diniz, C.G., Dessay, N., Durieux, L., Gomes, A. R., 2016. High spatial resolution land use and land cover mapping wf the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. *Acta Amazonica* 46, 291-302. doi:10.1590/1809-4392201505504
- ANA. Agência Nacional de Águas, 2016. Sistema de Informação - Hidroweb. Disponível: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb>. Acesso: 10 de Janeiro de 2016.
- Araújo filho, M., Meneses, P.R., Sano, E.E., 2007. Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. *Revista Brasileira de Cartografia* 59, 171-179.
- Bezerra, C.G., Santos, A.R., Pirovani, D.B., Pimentel, L.B.P., Eugenio, F.C.E., 2011. Estudo da fragmentação florestal e ecologia da paisagem na sub-bacia do Córrego Horizonte Alegre, ES. *Espaço e Geografia* 14, 257-277.
- Coelho, A.S., Toledo, P.M., Vieira, I.C.G., Canto, O., Adami, M., Gomes, A.R., Narvaes, I.S., 2018. Impactos das mudanças de uso da terra nas áreas prioritárias para conservação da biodiversidade no nordeste do estado do Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeld Ciências Naturais* 13, 107-120, 2018.
- Coutinho, A.C., Almeida, C., Venturieri, A., Esquerdo, J.C.D.M., Silva, M., 2013. Uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal. *TerraClass* 2008, INPE/EMBRAPA, Brasília.
- Couto Júnior, A.F., Carvalho Júnior, O.A., Martins, E.S., Souza, V.V., Farias, M.F., Encinas, J.M., 2007. Relação entre uso e ocupação do solo e os aspectos geomorfológicos no município de águas lindas de Goiás. *Espaço e Geografia*, 10, 125-141.
- Esau, I., Miles, V.V., Davy, R., Miles, M.W., Kurchatova, A., 2016. Trends in normalized difference vegetation index (NDVI) associated with urban development in northern West Siberia. *Atmos. Chem. Phys.* 16, 9563-9577. doi:10.5194/acp-16-9563-2016
- Fearnside, P.M., 2010. Consequências do desmatamento da Amazônia. *Scientific American Brasil. Especial Biodiversidade*, 54-59.
- Fensholt, R., Proud, S. R., 2012. Evaluation of Earth Observation based global long term vegetation trends: Comparing GIMMS and MODIS global NDVI time series. *Remote Sensing of Environment* 119, 131-147. doi:10.1016/j.rse.2011.12.015
- Fisch, G., 1999. Camada limite amazônica: aspectos observacionais e de modelagem. *Revista Brasileira de Geografia Física* 17, 84-99.
- Franca, R. R., 2015. Climatologia das chuvas em Rondônia, período 1981-2011. *Revista Geografias* 11, 1, 44-58.
- Godar, J., Tizado, E.J., Pokorny, B., 2012. Who is responsible for deforestation in the Amazon? a spatially explicit analysis along the transamazon Highway in Brazil. *Forest Ecology and Management* 267, 56-73. doi:10.1016/j.foreco.2011.11.046
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2016. Banco de dados do TerraClass. Disponível: <http://www.inpe.br/cra>. Acesso 12 de Janeiro de 2016.

- Jacquín, A., Sheeren, D., Lacombe, J.P., 2010. Vegetation cover degradation assessment in Madagascar savanna based on trend analysis of MODIS NDVI time series. *Int. Jour. of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12, S3-S10. doi: 10.1016/j.jag.2009.11.004
- Kirby, K.R., Laurance, W.F., Albernaz, A.K., Schoroth, G., Fearnside, P.M., Bergen, S., 2006. The future of deforestation in the Brazilian Amazon. *Futures* 38, 432-453. doi:10.1016/j.futures.2005.07.011
- Marengo, J.A., Nobre, C.A., Culf, A.D., 1997. Climatic impacts of friagens. *Journal of Applied Meteorology* 36, 1553-1556.
- Pettorelli, N., Ryan, S., Mueller, T., Bunnefeld, N., Jedrzejewska, B., Lima, M., Kausrud, K., 2011. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): unforeseen successes in animal ecology. *Climate Research* 46, 15-27. doi: 10.3354/cr00936
- Piontekowski, V.J., Matricardi, E.A.T., Pedlowski, M.A., Fernandes, L.C., 2014. Avaliação do desmatamento no estado de Rondônia entre 2001 e 2011. *Floresta e Ambiente* 21, 297-306. doi:10.1590/2179-8087.068213.
- Raper, T.B., Varco, J.J., Hubbard, K.J., 2013. Canopy-Based Normalized Difference Vegetation Index Sensors for Monitoring Cotton Nitrogen Status. *Agronomy Journal* 105, 1345-1354. doi:10.2134/agronj2013.0080
- Robinson, N.P., Allred, B.W., Jones, M.O., Moreno, A., Kimball, J.S., Naugle, D.E., Erickson, T.A., Richardson, A.D., 2017. A Dynamic Landsat Derived Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Product for the Conterminous United States. *Remote Sensing* 9, 1-14. doi:10.3390/rs9080863
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W., 1973. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium* 1, 309-317.
- Silva, F.V., Peroni, R., 2015. Proposal of an environmental sustainability index for open-pit mines using landscape fragmentation indicators. *Revista Escola de Minas* 68, 115-122. doi:10.1590/0370-44672015680160
- Tourneau, F.M.L., Bursztyn, M., 2010. Assentamentos rurais na Amazônia: contradições entre a política agrária e a política ambiental. *Ambiente e Sociedade* 13, 111-130.
- USGS. United States Geological Survey, 2016. Disponível: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.