

Análise das intervenções antrópicas no entorno da APA da Serra de Aratanha/Ce, a partir de imagem OLI/Landsat-8 e SRTM

Eduardo Viana Freires¹
Cynthia Romariz Duarte²
Daniel Dantas Moreira Gomes³

¹ Programa de Pós-Graduação em Geologia – Universidade Federal do Ceará, UFC
Campus do Pici, Bloco 912, Cep: 60455-760, Fortaleza – Ce, Brasil
eduardovgeo@gmail.com

² Departamento de Geologia - Universidade Federal do Ceará, UFC
Campus do Pici, Bloco 912, Cep: 60455-760, Fortaleza – Ce, Brasil
cynthia.duarte@ufc.br

³ Universidade de Pernambuco – UPE
Campus Garanhuns, Rua Cap. Pedro Rodrigues, 105, cep 55294-902 - Garanhuns, PE –
Brasil.
daniel.gomes@upe.br

Abstract: The Aratanha saw in the State of Ceará, even though in almost its entirety within an area of Environmental Protection, has been suffering various anthropogenic interventions. As a way of warning about the problems that occurred on site, this research aims to carry out an analysis of urbanization in the surroundings in the environmental protection area of the Sierra de Aratanha, with the support of satellite imagery assessment OLI/Landsat-8 and SRTM Radar, with a resolution of 30 meters. Applied their images the Normalized Difference vegetation index (NDVI) and the elevation Model TIN (network of Irregular Triangles), that allowed the urbanization converges toward the EPA suppressing vegetation cover, especially in the East-West axis and South-North, favored by smoother gradient process in these parts. Associated interventions were checked several impacts in the area such as degradation of water resources, deforestation, fires, intensification of erosion processes, disposal, among others.

Palavras Chave: Sierra de Aratanha, APA, anthropogenic interventions, Serra de Aratanha, APA, intervenções antrópicas.

1.Introdução

A Serra de Aratanha, localizada entre Pacatuba, Guaiúba, Maranguape e Maracanaú (Figura 01), é considerada uma paisagem de exceção dentro do contexto do semiárido do Ceará. Estado marcado pela escassez de chuvas e de recursos hídricos superficiais. O efeito orográfico favoreceu o desenvolvimento da floresta tropical subperenifolia pluvionebulosa, que abriga várias espécies da Mata Atlântica, e a nascente do Rio Cocó, um dos principais da Região Metropolitana de Fortaleza.

Devido a importância da área para o equilíbrio ambiental local, atendendo as determinações legais, foi instituída a criação da Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra de Aratanha, que conforme Ceará (2016), “compreende parcelas dos municípios de Maranguape, Pacatuba e Guaiúba, e tendo como limite físico a cota altimétrica de 200 metros. Trata-se de uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, ocupando uma área de 6.448,29 hectares, criada pelo Decreto Estadual de n.º 24.959/99”, apresentando a poligonal ilustrada na figura 01.

Apesar de tal medida, não tem havido ao longo dos anos o monitoramento dos usos e ocupações na área pelos órgãos ambientais competentes. Podem ser observadas diversas

intervenções ao longo de suas trilhas como, deposição de lixo, queimadas, cultivos de culturas inadequadas para área (bananicultura), erosão e movimento de massa a partir de abertura das trilhas. Outro ponto que chama atenção é ausência de saneamento básico, que pode está comprometendo a qualidade das águas na serra. Os problemas se ampliam a medida que se observa o incremento populacional nos municípios onde a APA está inserida. Ao redor de toda área se observa a expansão da malha urbana, que gradativamente vem convergindo em direção a sua poligonal.

Como forma de alertar sobre o agravamento dos problemas mencionados, essa pesquisa objetiva realizar uma análise da urbanização no entorno na Área de Proteção Ambiental da Serra de Aratanha, tendo como suporte de avaliação as imagens do satélite OLI/Landsat-8 e do Radar SRTM, com resolução de 30 metros.

Subsidiariamente busca-se analisar a qualidade de água na serra, utilizando os dados físicos, químicos e microbiológicos como indicadores da degradação ambiental promovidas pelas intervenções antrópicas na APA.

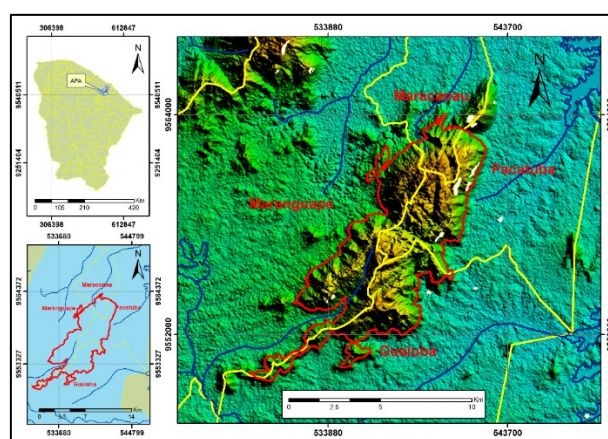


Figura 01 – Mapa de localização da área de estudo.

2. Metodologia de Trabalho

Conforme pode ser observado no fluxograma da figura 02, a metodologia foi desenvolvida em quatro etapas.

Primeiramente houve a revisão bibliográfica para embasar a pesquisa. Nessa etapa houve a aquisição das imagens Landsat-8 e SRTM com resoluções de 30 metros no *site* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2016), bem como dos *shapes* de limites municipais, hidrografia e da APA da Serra de Aratanha.

Na segunda etapa a imagem OLI/Landsat-8 foi submetida, a partir das bandas 4 e 5, ao cálculo do Índice de Diferença Normalizada. Enquanto a partir da imagem SRTM foi obtido o modelo de elevação da área, com base na Rede de Triângulos Irregulares (TIN).

Na terceira etapa ocorreu os trabalhos de campo que visaram identificar as intervenções urbanas e os impactos na Área de Proteção Ambiental. Nesse momento foram realizadas coletas de 4 de amostras de água, sendo três na Lagoa do Boaçu no topo da Serra, e 1 no Balneário das Andréas em sua Base. Posteriormente as amostras foram submetidas as análise físico-química e bacteriológica.

Finalmente, na quarta etapa, os dados foram integrados e realizou-se o relatório final

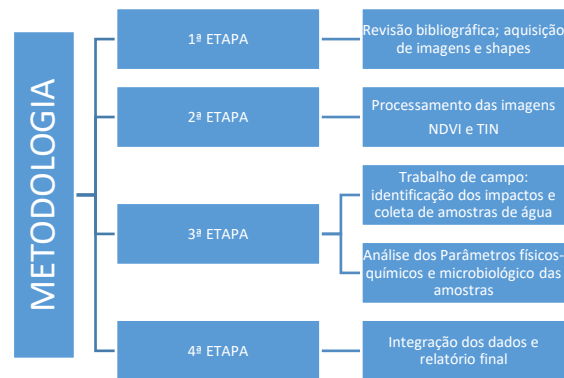


Figura 02 – Fluxograma da metodologia

2.1 Materiais

- Imagem orbital OLI/Landsat-8 de 25 de Julho de 2016, órbita 217, ponto 63, com resolução de 30 m;
- Imagem do Radar SRTM, com resolução de 30 metros;
- Dados vetoriais: *shapes* dos limites municipais e hidrografia do Estado do Ceará obtidos no Atlas da CPRM; e *shape* da poligonal da APA da Serra de Aratanha, obtido no Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE);
- *Softwares*: Arcgis 10.4.1 e Envi 5.0;
- Materiais de coleta e análise das amostras de água: garrafas PET esterilizadas, termômetro, phmetro, medidor de condutibilidade, azul de bromotimol, água destilada, hidrógeno sulfato de sódio, solução de permanganato de potássio 10%.

2.2. Correção Atmosférica

Um dos efeitos da atmosfera sobre as imagens de sensoriamento remoto é a redução do contraste entre os objetos de uma dada cena. A atmosfera também reduz a possibilidade de detecção de pequenos objetos dentro de uma cena, ou de diferenciação entre objetos que apresentem pequenas variações na intensidade de sinal (NOVO, 2008).

A correção atmosférica de imagens de satélite é feita com a intenção de minimizar os efeitos atmosféricos na radiância de uma cena, visto que a atmosfera, por causa dos fenômenos de espalhamento, absorção e refração da energia eletromagnética, afeta a radiância refletida pela superfície que é captada pelo sensor (SANCHES *et al*, 2011, p.7564).

A correção atmosférica também é necessária para o cálculo de índices de vegetação computados a partir de duas ou mais bandas espectrais, visto que as bandas são afetadas diferentemente pelo espalhamento atmosférico (MATHER, 1999, *apud* Sanches *et al*).

A correção atmosférica da imagem OLI/Landsat-8 foi realizada a partir do *software* ENVI 5.0., pelo processo *dark subtract* – subtração de pixel escuro (SPE).

Os métodos baseados na técnica de subtração dos objetos escuros estimam a interferência atmosférica diretamente da imagem (Gürtler *et al*, 2003).

2.3. Cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

De acordo com Roseback *et al*. (2005) o uso de imagens NDVI visa realçar a vegetação em relação aos instrumentos urbanos, água e ao solo exposto.

Segundo Baret e Guyot (1991, *apud* Verona; Shimabukuro; Santos, 2005, p.717), os índices de vegetação ressaltam as diferenças entre o solo e a vegetação, como também reduzem a

informação espectral de duas bandas em apenas uma, relacionada às características da vegetação (área foliar, biomassa, produtividade, atividade fotossintética e percentagem de cobertura).

O NDVI foi calculado no *software* ArcGIS 10.4.1, pela equação 1, a partir das bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho) da imagem OLI/Landsat-8:

$$\text{Equação 1: NDVI} = (IVP - V) / (IVP + V)$$

Esta equação gera uma imagem com valores que vão de -1 a +1. Os valores próximos de 1 indicam a presença de vegetação, ou seja, quanto maior o valor do índice, maior será a presença de vegetação. Enquanto os valores próximos a -1 representarão os alvos urbanos, solo exposto e água.

2.3 Modelo de Elevação TIN

A Rede Triangular Irregular (TIN - *Triangulated Irregular Network*), foi o modelo digital aplicado a imagem da Missão SRTM da área de estudo, a partir da geração das curvas de nível. Conforme Alvares e Henkes (2012), na grade triangular irregular o poliedro de faces triangulares contém em seus vértices os pontos amostrais, não precisando suas cotas serem estimadas por interpolações, fato que não ocorre em grades regulares. Os algoritmos usados para geração do modelo farão uso das curvas de nível e pontos cotados para distribuição irregular dos pontos amostrais que ligados por linhas, formarão uma malha de triângulos não sobrepostos.

A principal vantagem desta modelagem é a possibilidade de coincidência das arestas dos triângulos com acidentes naturais e artificiais do terreno, representando sua descontinuidade como cristas e vales por feições lineares, possibilitando preservação das feições geomórficas da superfície (ALVARES E HENKES, 2012)

2.4 Análise físico-química e bacteriológica das amostras d'água

Para realização da análise físico-química e bacteriológica da água na Serra de Aratanha foi realizado o recolhimento de 4 amostras de água no trecho da APA no município de Pacatuba. Das 4 amostras, 3 foram obtidas na Lagoa do Boaçu, no topo da serra, e 1 no Balneário das Andréas, na base da Serra. Nesse momento foi realizada a medição de pH, condutibilidade e temperatura da água. Além disso, houve a identificação das intervenções humanas na área de estudo. Posteriormente, em laboratório, foi realizada a detecção de impureza pelo processo de titulação com solução de permanganato de potássio (KMnO₄). Num outro momento as amostras foram enviadas a um laboratório externo para análise microbiológica. Os resultados obtidos foram comparados com os parâmetros estabelecidos pela portaria nº 2914 de 2011 do Ministério da Saúde.

3. Resultados e Discussão

3.1 Expansão Urbana e perda da cobertura vegetal no entorno da APA da Serra de Aratanha

A figura 03 é o resultado do cálculo do NDVI a partir das bandas 4 e 5 da imagem OLI/Landsat-8. Como pode se observar na legenda as cores em azul representam a cobertura vegetal. Sendo que a tonalidade mais escura representa os tipos vegetacionais que ocorrem na APA de Aratanha, como a vegetação tropical subperenifólia pluvionebulosa e a vegetação

tropical subcaducifólia. A tonalidade do azul mais claro corresponde a caatinga arbustiva densa no entorno da Unidade de Conservação.

As tonalidades em amarelo e laranja representam área urbana e solo exposto, respectivamente. Conforme pode ser verificado na imagem, ocorre um forte adensamento urbano em todo entorno da Unidade de Conservação. O crescimento urbano que ocorre ao longo dos anos vem contribuindo para o aumento das intervenções e impactos no maciço. Como consequência imediata percebe-se a perda gradual da cobertura vegetal.

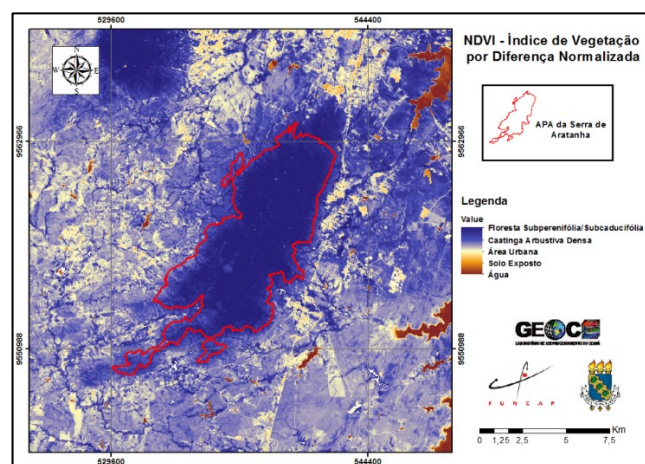


Figura 03 – NDVI obtido a partir das bandas 4 e 5 do satélite OLI/Landsat-8.

3.2 Direção do avanço urbano

A expansão da malha urbana em direção a poligonal da APA de Aratanha vem ocorrendo sobretudo nas porções Sudeste, no município de Guaiúba; Sudoeste, no município de Maranguape e na porção Sul, entre Maranguape e Guaiúba. Nessas áreas é possível observar as ocupações convergindo para dentro da Unidade de Conservação, no chamado efeito borda. A partir do modelo digital TIN aplicado a imagem SRTM da área (Figura 04), é possível verificar que essa expansão ocorre principalmente nos eixos Leste-Oeste e Sul-Norte, já que as declividades nessas porções são mais suaves.

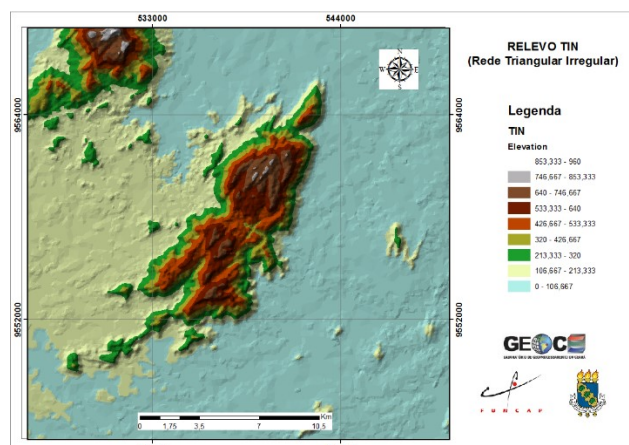


Figura 04 – Modelo de elevação da área da Serra de Aratanha

3.3 Intervenções antrópicas no maciço de Aratanha.

Com crescimento urbano verificado em Fortaleza nos últimos anos, observou-se uma redução gradativa dos espaços passíveis de ocupação e uma supervalorização da terra. Tal fato

vem induzindo as pessoas a buscarem moradias em municípios da Região Metropolitana de Fortaleza, onde são mais acessíveis economicamente e, em muitos casos, não apresentam problemas crônicos de trânsito e violência. Nesse contexto, ocorre um incremento paulatino da população nos municípios de Guaiúba, Maracanaú, Maranguape e Pacatuba, onde a serra está inserida. Como consequência observa-se que a urbanização vem convergindo em direção ao maciço, sendo possível verificar várias ocupações dentro dos limites da Área de Proteção Ambiental.

A paisagem diferenciada da Serra de Aratanha em relação ao contexto semiárido do Ceará, atrai também muitos visitantes para área. A proximidade de Fortaleza favorece o afluxo de pessoas que buscam lazer, atividades recreativas e prática de esportes, como motocross e parapente.

O crescimento urbano, associado as atividades desenvolvidas na serra, vem promovendo diversos impactos no local, exigindo uma maior atenção e o monitoramento da expansão urbana e das intervenções pelas autoridades competentes.

Um dos principais atrativos na serra é o Balneário das Andreas (Figura 04-A) no município de Pacatuba. Um espaço privado que foi construído e aparelhado aproveitando-se da disponibilidade hídrica a partir das quedas d'água locais. Esse instrumento de recreação e lazer é um dos principais fatores de atração de visitantes, que por sua vez ampliam a pressão na área. Além disso, sua presença valoriza o espaço local e estimula novas ocupações ao seu entorno. A figura 04-B, trata-se de uma habitação construída recentemente próxima ao balneário, em que se verifica vestígio de queimada para limpeza do terreno. Prática que pode induzir a incêndios, favorecidos pela vegetação seca subcaducifólia.



Figura 04 – (A)Entrada do Balneário das Andreas; Casa recém construída próxima ao balneário.

Outra área procurada para recreação e lazer, mas com acesso restrito devido a sua localização, é a Lagoa do Boaçú (figura 05-A), no topo da serra. Para atingir essa área é preciso percorrer 7 quilômetros em trilha não pavimentada. Apesar de menor movimentação no local, é possível verificar alguns problemas relacionados ao uso do espaço.

Como pode ser observado na Figura 05-B, a casa dos responsáveis pela área foi construída ao lado da lagoa.

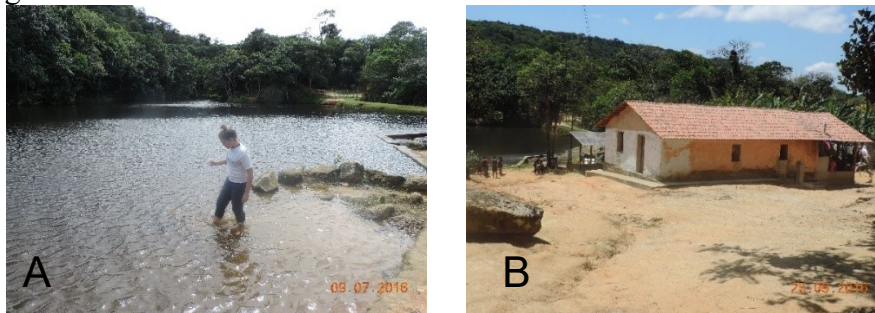


Figura 06 – (A) Lagoa do Boaçú; Casa construída ao lado da Lagoa.

Como não há saneamento básico na serra, o sistema mais comum de coleta de resíduos domésticos é a fossa séptica. Na Figura 6-A observa-se que a fossa, da residência e do banheiro coletivo para os visitantes, está transbordando, o que pode provocar a contaminação da água, uma vez que está a poucos metros da lagoa. Além disso, alguns frequentadores optam por não usar o banheiro, sendo possível identificar fezes humanas na gruta localizada à margem do corpo d'água. Outro problema é com relação a deposição do lixo. Como a área recebe muitos visitantes para prática de *camping*, é comum que eles levem alimentos em conserva e garrafas de bebidas que acabam sendo abandonadas no local (Figura 6-B).



Foto 06 – (A) Fossa transbordando; (B) lixo depositado ao funda da habitação.

Para se chegar a Lagoa do Boaçu é necessário percorrer trilhas, que por si só acarretam problemas no maciço. Como as trilhas abertas não são pavimentadas, o solo exposto acaba sendo submetido aos processos erosivos (Figura 7-A). Aliado a abertura das trilhas se verifica também movimentos de massa a partir do recorte das vertentes. Para agravar esses problemas é comum o cultivo de bananeiras (Figura 7-B) na área, cultura incompatível com as condições edafoclimáticas da serra. A substituição da vegetação nativa acaba reduzindo a estabilidade do solo, já que as bananeiras apresentam raízes rasas, que associadas a inclinação da vertente e ação pluviométrica, expõem os solos aos processos erosivos.



Figura 07 – (A) Exposição de raízes de árvore a partir da erosão; (B) bananeiras na vertente da serra.

3.3. Resultados das análises das amostras de água coletadas

Todas as amostras coletadas apresentaram-se ácidas, com PH abaixo de 7. Observou-se que para detecção de impurezas foi realizada a titulação solução de permanganato de potássio (KMnO₄), sendo adicionado nas amostras de 6 a 12 gotas. O que constata o alto índice de impureza, uma vez que para água potável utiliza-se apenas uma gota de solução. Além disso, as amostras também não atenderam aos padrões de cor e cloro residual livre. Conclui-se que as amostras não atendem aos padrões físico-químicos conforme a portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011, encontrando-se dessa forma inadequada para uso.

Através da análise microbiológica constatou-se *Coliformes Totais* em todas as amostras. Na amostra 4, recolhida no Balneário das Andréas, detectou-se ainda a presença da bactéria *Escherichia Coli*, em detrimento dos padrões microbiológicos, inviabilizando o contato direto com a água. Essa ocorrência associa-se a esgotos domésticos lançados das habitações serranas que não dispõem de serviço de saneamento básico, ou cujo sistema coletor é ineficiente. Tal fato indica que a carga de poluentes aumenta à medida que as águas percorrem o trajeto do topo à base da serra.

4. Conclusões

Constatou-se que apesar de a Serra de Aratanha ter maior parte de sua área dentro de uma Unidade de Conservação, não tem havido o monitoramento das ocupações e dos usos dos espaços locais. O NDVI e o modelo de Elevação TIN, obtidos a partir das Imagens OLI/Landsat-8 e SRTM, podem ser bons instrumentos no processo de monitoramento da expansão urbana no maciço.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará e a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo apoio para realização dessa pesquisa.

Referências Bibliográficas

- ALVARES, R.P.; HENKES, J.A. **Áreas de preservação permanente em encostas: delimitação através de dados SRTM**. Revista. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 1, n.1, p. 198-254, abr./set. 2012.
- BRASIL, **Portaria N° 2914**, de 12 de dezembro de 2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Acesso em: 13 mai. 2015.
- CEARA, <http://www.semace.ce.gov.br/2010/12/area-de-protecao-ambiental-da-serra-da-aratanha/>. Acesso em 15 de outubro de 2016.
- GÜRTLER, S.; LUIZ, A.J.B.; EPIPHANIO, J.C.N. **Uniformização de imagens landsat para previsão de safras agrícolas**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., 2003, Belo Horizonte. Anais. São José dos Campos, SP. INPE, 2003. p 109-116. Acesso em 22 de agosto de 2016.
- NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Ed. Blucher, 2008, 363p.
- ROSEMBACK, R.; FRANÇA, A.M.S.; FLORENZANO, T.G. **Análise comparativa dos dados NDVI obtidos de imagens CCD/CBERS-2 e TM/LANDSAT-5 em área urbana**. In: Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. Anais. São José dos Campos, SP. INPE, 2005. Artigos, p.1075-1082. Acesso em: 20 de ago. 2016.
- SANCHES, I. DA.; ANDRADE, R. G.; QUARTAROLI, C. F.; RODRIGUES, C. A. G. **Análise comparativa de três métodos de correção atmosférica de imagens Landsat 5 – TM para obtenção de reflectância de superfície e NDVI**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15., 2011, Curitiba. Anais. São José dos Campos, SP. INPE, 2005. p 7564-7571. Acesso em 22 de agosto de 2016.
- USGS, <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em 01 de outubro de 2016
- VERONA, J.D; SHIMABUKURO, Y.E; SANTOS, J.R. **Potencialidade das imagens-fração multitemporais TM/Landsat na caracterização de variações fenológicas em área de floresta tropical na Amazônia**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. Anais. São José dos Campos, SP. INPE, 2005. p 713-720. Acesso em 21 de ago. de 2016.