

ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA VEGETAÇÃO NA MICRORREGIÃO BAIXADA MARANHENSE – MA NOS ANOS DE 2000 E 2014 ATRAVÉS DE SENSORIAMENTO REMOTO

HEITOR ALBUQUERQUE DOS SANTOS¹

JADSON FREIRE DA SILVA¹

VIVIANE PEDROSO GOMES¹

ANA LÚCIA BEZERRA CANDEIAS²

¹Universidade Federal de Pernambuco - UFPE Centro de Filosofia e Ciências Humanas - CFCH Departamento de Ciências Geográficas, Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Recife, PE
jadsonfreireufpe@hotmail.com,
vivianegomesgeo@gmail.com,
heitor.albuquerque@gmail.com

²Universidade Federal de Pernambuco - UFPE Centro de Tecnologia e Geociências - CTG Departamento de Engenharia Cartográfica, Recife, PE analucia@ufpe.br

RESUMO - A microrregião Baixada Maranhense tem como área total de mais de 1.175.035 hectares, mantendo uma larga produção agropecuária, principalmente a bubalinocultura e rizicultura. A área em estudo é um importante celeiro tanto para a fauna e flora, abrigando inúmeras espécies sendo definida como área de preservação ambiental a partir de 11 de junho de 1991 a partir do decreto estadual 11.900 e designada como sítio Ramsar em 2000. A análise da evolução espaço - temporal através do sensoriamento remoto é uma ferramenta para entendimento da situação atual da área em questão, auxiliando no monitoramento da preservação e na possível tomada de decisão das gestões locais. O objetivo principal desse trabalho é analisar variação espaço temporal da microrregião de Baixada Maranhense - Maranhão, por meio da técnica de sensoriamento remoto denominada Índice de vegetação por diferença normativa – NDVI para os anos de 2000 e 2014. Foram utilizadas imagens Landsat 5 - TM e 8 - OLI de órbitas 220/62-63 nos meses de junho/2000, e Setembro/2014 sendo aplicadas as equações de reflectância e NDVI. O NDVI para microrregião da Baixada Maranhense indicou uma queda vegetacional dos anos de 2000 para 2014 e ao mesmo tempo uma crescente exposição do solo e áreas de urbanização; áreas de baixo NDVI que antes não se expuseram em 2000 foram observadas no ano de 2014, de modo que os índices de vegetação apresentaram baixos em quase todas as partes da microrregião. O sensoriamento remoto respondeu com grande eficiência, porém devido a multiplicidade de fatores inerentes ao ambiente natural se faz necessário que outros índices sejam levados em consideração, na perspectiva de um monitoramento e análise mais eficientes.

ABSTRACT - The Microrregion Baixada Maranhense has a total area of 1.175.035 ht. The area maintains a large agricultural production, especially bison production and rice fields. The area under study is an important granary for many animal and vegetable species, which has been set as a preservation area since June 11th 1991, under state decree No. 11.900, after that it was appointed as Ramsar's Site in the year of 2000. The spatial and temporal variation analysis of the micro-region, via remote sensing technique, is a tool that will assist the understanding of the current situation of the area under study, will also help the preservation monitoring and the local managers to make accurate decisions. This study aims to analyze spatial and temporal variation in the micro-region of Baixada Maranhense in Maranhão, Brazil, via the remote sensing technique called Vegetation Index by Normalized Difference – NDVI, between the years of 2000 and 2014. It were used Landsat 5 images - TM and 8 - OLI orbits 220 / 62-63 between the months of June/2000 and September/2014, equations of reflectance and NDVI were applied. The NDVI for the micro-region of Baixada Maranhense indicated a fall from the year 2000 to 2014 and at the same time an increasing soil exposure and new urban areas. Areas with low NDVI that did not appear in the year of 2000, appeared later in 2014. Besides, most parts of the micro-region showed low NDVI. Remote sensing technique responded with great efficiency, but because of the complexity of the natural environment, it is necessary to consider other indicators for more efficient monitoring.

1. INTRODUÇÃO

O território brasileiro possui uma vasta dimensão territorial e por esse motivo são encontradas em diversas regiões características relevantes quanto a sua fisiografia. Neste contexto, o estado do Maranhão se inclui, sendo o segundo maior estado administrativo em extensão territorial com ordem de 333.983,29 quilômetros quadrados, perdendo apenas para a Bahia como cita o IBGE (2002). Situado na faixa de transição entre o Nordeste semiárido e as zonas tropicais da região Norte, a região possui padrões edafoclimáticos variados: os diferentes índices de precipitação e elevadas temperaturas se mesclam com as planícies, dunas e planaltos. A biodiversidade compreende ambientes de florestas amazônicas, cerrado (savanas), mata dos cocais, campos e manguezais. (EL-ROBRINI et al., 2006; MONTES, 1997; SETEC, 2004)

Ainda no Maranhão, vale ressaltar a microrregião denominada Baixada Maranhense, na qual entre as 21 microrregiões existentes no Estado, as características existentes neste local apresentam um complexo mosaico de paisagens oriundos das interações de atributos físicos, de fauna, flora e antrópicos, tornando-o ambiente único e de grande relevância para preservação. A microrregião apontada apresenta uma vasta área alagadiça, tendo grande importância para a discussão da conservação ambiental e manutenção do clima, pois pertence a um seletivo grupo de áreas responsáveis pela regulação do regime hídrico de várias outras regiões, funcionando como fonte de biodiversidade (MENDES et al., 2015).

Segundo Spinelli e Soares (2011), a Baixada Maranhense é reconhecida como uma área internacionalmente de destaque estratégico por fazer parte de um dos 11 sítios brasileiros que integram a convenção sobre zonas úmidas de importância internacional, conhecida como convenção de Ramsar, um tratado assinado por 156 países compondo a convenção sobre diversidade biológica (CBD) da organização das nações unidas. Dada a informação, é de grande importância o monitoramento dessas áreas mantendo sua preservação e desenvolvimento sustentável, uma vez que o aumento da população e das ações antrópicas vem assolando o Estado do Maranhão e modificando sua paisagem natural.

Segundo Barbosa e Vecchia (2009) e Cunha et al (2012) o sensoriamento remoto se mostra como um instrumento de grande qualidade para pesquisas de cunho ambiental, seja para ajudar a estabelecer condições de uso e ocupação de solo adequados até o monitoramento e análise de grandes áreas, assim, auxiliando a tomada de decisões das políticas públicas no entorno a regiões de preservação/degradação e seus desafios. Os provenientes do sensoriamento remoto tais quais como os índices de vegetação, área foliar e solos são o resultado das respostas espectrais obtidas através das imagens de satélite, sendo utilizadas para controle de safras, estimar biomassas e/ou estudar o desenvolvimento temporal de atividades e mudanças antrópicas, permitindo comparações entre anos, como cita Jensen (2009).

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo utilizar a ferramenta oriunda do sensoriamento remoto denominada Índice de vegetação por diferença normalizada – NDVI para analisar o comportamento da vegetação no período temporal entre os anos de 2000 e 2014, na microrregião da Baixada Maranhense – Maranhão.

2. METODOLOGIA DO TRABALHO

2.1 Área de estudo

A Baixada Maranhense é uma região fisiográfica localizada a noroeste do Estado do Maranhão, entre as coordenadas 1° 59' - 4° 00' S e 44° 21' - 45° 21' W. Se estende por mais de 20.000 km², abrangendo cerca de vinte municípios, a mesma se trata de uma microrregião caracterizada pela presença de grandes planícies baixas que alagam na estação das chuvas, assim, criando enormes lagoas entre os meses de janeiro e julho (Figura 1). Os municípios que estão inseridos na Microrregião da Baixada Maranhense são: Anajatuba, Arari, Bela Vista do Maranhão, Cajari, Conceição do Lago-Açu, Igarapé do Meio, Matinha, Monção, Olinda Nova do Maranhão, Palmeirândia, Pedro do Rosário, Penalva, Peri-Mirim, Pinheiro, Presidente Sarney, Santa Helena, São Bento, São João Batista, São Vicente Ferrer, Viana e Vitória do Mearim

Segundo Maranhão (2002), a Baixada maranhense é um sistema ambiental complexo, contendo diversas áreas inundadas, inundáveis e tesos, constituídas por depósitos fluviomarinhos holocêntricos numa área de predominância de Gleissolos e Solos Aluviais e vegetação de formações pioneiras. Criada pelo decreto nº 11.900 de 11 de julho de 1991, foi instituída uma Área de Proteção Ambiental (APA) dentro dos limites da Microrregião Baixada Maranhense, que por sua vez possui uma área de aproximadamente 17.500 km², em que cerca de 48% deste total encontra-se desmatada (PRODES, 2010)

De acordo com Costa (1982), nas áreas alagadas desenvolve-se a atividade pesqueira e coleta de mariscos, a cobertura vegetal secundária, onde estão incluídas as espécies de palmáceas, com formações aluviais e a atividade agropecuária predominante é a bubalinocultura.

O clima predominante na área é o Tropical Úmido, classificado como AW' por Köppen, tendo influência da Massa Equatorial Continental, caracterizado por dois períodos, um chuvoso e um seco, com umidade variando entre 77% e 82% e precipitação total anual entre 1.700 mm e 1.900 mm. Os meses mais chuvosos são março e abril, cujos totais variam de 250 mm a 300 mm (MARANHÃO, 2002).

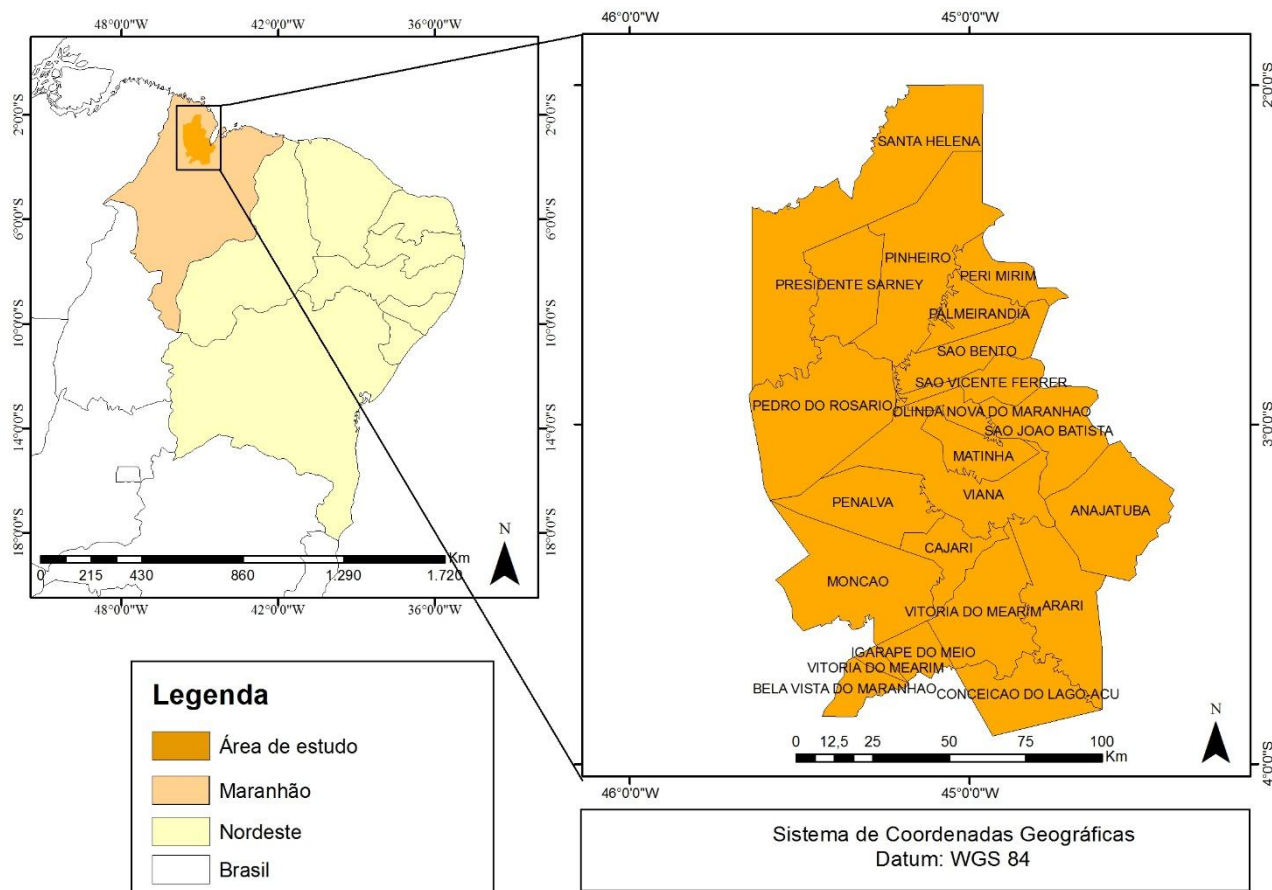


Figura 1 – Mapa de localização da Microrregião da Baixada Maranhense – Maranhão

2.2 Dados coletados

Foram utilizadas neste estudo, imagens dos anos de 2000 e 2014 que foram obtidas do sensor TM (Thematic Mapper) e OLI (Operational Land Imager), de ponto 221 e órbita 62 (07/06/2000) e (02/09/2014) a bordo do satélite Landsat-5 e 8, obtidas junto ao serviço geológico dos Estados Unidos - USGS.

2.3 Processamento de imagem e montagem do layout

Inicialmente foi feito o registro de todas as imagens a partir de pontos coletados em campo. Para o processamento das imagens do satélite Landsat-5 foram criados modelos usando a ferramenta *Model Maker* do software ERDAS Imagine 9.3 e a montagem final dos mapas foi realizada através do software ArcGIS 9.3. Ambos possuem licença do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco.

2.4 Calibração radiométrica

A calibração radiométrica é obtida através da intensidade do fluxo radiante por unidade de ângulo sólido. As radiâncias representam a energia solar refletida por cada pixel, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida ao nível do satélite Landsat 5 nas bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 (OLIVEIRA et al., 2010). O conjunto da radiância ou calibração radiométrica é obtido utilizando-se a equação proposta por Markham e Baker (1987), (Equação 1):

$$L \lambda_i = \alpha t + \frac{bt - \alpha t}{255} \cdot ND \quad (1)$$

Onde a e b são as radiâncias espectrais mínima e máxima, ND é a intensidade do pixel (número inteiro compreendido entre 0 e 255) e i corresponde às bandas (1 a 7) do satélite Landsat 5. Os coeficientes de calibração utilizados para as imagens TM são os propostos por Chander e Markham (2003) (tabela 1).

Tabela 1 - Descrição das bandas do Mapeador Temático do Satélite Landsat 5, com os correspondentes intervalos de comprimento de onda, coeficientes de calibração (radiância mínima - a e máxima - b) e irradiâncias espectrais no topo da atmosfera (TOA)

Bandas	Comprimento de onda (μm)	Coeficientes de Calibração		Irradiância espectral no topo atmosférico - TOA
		a	b	
1 (azul)	0.452 - 0.518	-1.52	169.0	1957
2 (verde)	0.528 - 0.609	-2.84	333.0	1796
3 (vermelho)	0.626 - 0.693	-1.17	264.0	1536
4 (IV - próximo)	0.776 - 0.904	-1.51	221.0	1031
5 (IV - médio)	1.567 - 1.784	-0.37	30.2	220.0
6 (IV - termal)	10.45 - 12.42	1.2378	15.303	-
7 (IV - médio)	2.097 - 2.349	-0.15	16.0	83.44

2.5 Reflectância

A reflectância para as imagens Landsat 5 para cada banda (i) é definida como a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente, obtida através da equação (ALLEN et al., 2002), (Equação 2):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{K_{\lambda i} \cdot \cos(Z) \cdot dr} \quad (2)$$

Onde λiL é a radiância espectral de cada banda, λik é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera, Z é o ângulo zenital solar e dr é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol e a distância Terra-Sol em dado dia do ano (OLIVEIRA, 2010).

Para o empilhamento do satélite Landsat 8 foram utilizadas as bandas 2,3,4,5,6,7 e 10 e a seguinte fórmula criada por Chander e Markham (2003) para a reflectância:

$$rb = \frac{(Add_{refb} + Mult_{refb} \cdot ND_b)}{\cos(Z) \cdot D_R} \quad (3)$$

Onde, segundo Silva et al., (2016) o Add corresponde ao fator aditivo de reescalonamento para cada banda, disponível no arquivo metadados da imagem, assim como o Mult que corresponde ao fator multiplicativo de reescalonamento para cada banda. ND representa os valores de número digital da imagem, Z é o ângulo zenital solar e também pode ser encontrado no arquivo metadados da imagem. O dr corresponde ao quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol e a distância Terra-Sol em dado dia do ano, e pode ser calculado através da equação abaixo (Equação 4):

$$Dr = \left(\frac{1}{D_{TR}}\right)^2 \quad (4)$$

2.6 Índice de vegetação por diferença normalizada – NDVI:

O Índice de vegetação por diferença normalizada – NDVI é proposto inicialmente por Rouse et al., (1973), onde indica sensivelmente a quantidade e condição da vegetação nas áreas em estudo. Mesmo sendo um índice desenvolvido na década de 70, ainda é bastante utilizado nos dias atuais, onde é explorado em análises agrícolas, florestais e climáticas (BORATTO; GOMIDE, 2013; PONZONI; SHIMABUKURO, 2009). Sendo calculado a partir da seguinte equação (5):

$$\text{NDVI/IVND} = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3} \quad (5)$$

Onde: ρ_4 e ρ_3 são os valores da refletância das bandas 3 e 4 do Landsat 5 TM e Landsat 8 OLI.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Rosendo (2005), os valores de NDVI apresentam valores entre -1 a 1 nos quais os índices próximos a numeração 1 indicam a predominância de vegetação densa. Todavia, os valores próximos de 0 fazem referência a solos expostos ou de superfícies não vegetada como por exemplo perímetros urbanos. Os valores negativos no índice sugerem a presença de água, nuvens ou em certos casos, pequenos erros causados por ruídos na imagem. No trabalho foram adotados 9 (nove) critérios para análise das imagens em que os valores entre -1 a 0 faz referência a corpos hídricos (Azul); 0 - 0,4 para solo exposto e/ou perímetros urbanos (Amarelo-Laranja); 0,4 - 0,5; indica a transição entre solo exposto e/ou vegetação aberta/arbustiva (Verde claro); 0,5 - 0,6 vegetação arbustiva (Verde limão); 0,6 - 0,7 para a transição entre a vegetação arbustiva e a densa (Verde); 0,7 - 0,8 para vegetações densas (Verde Bandeira) e 0,8 a 1 para vegetações densas, florestadas ou arbóreas (Verde lodo). A Figura 2 mostra uma composição colorida das imagens resultantes a aplicação do índice NDVI (índice de Vegetação). Encontram-se exibidas a evolução temporal da vegetação da microrregião da Baixada Maranhense nos períodos de junho/2000 a setembro/2014.

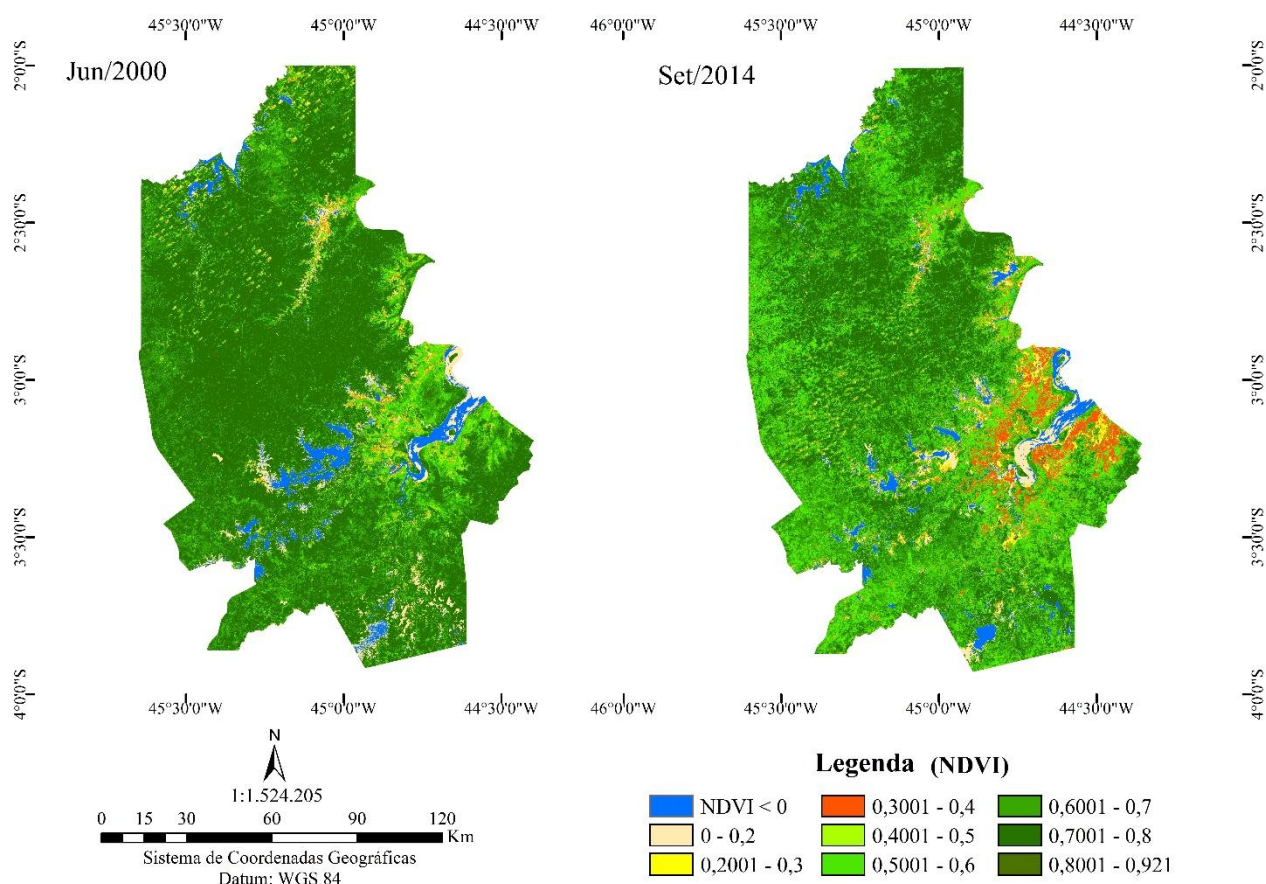


Figura 2 – Evolução temporal do NDVI na microrregião da Baixada Maranhense – MA entre Junho/2000 – e Setembro/2014.

De acordo com as imagens, notou-se uma redução significativa de vegetação densa (representada pela cor verde-escuro) principalmente nas regiões central e inferior da área em questão. Tal situação, deve-se ao crescimento de atividades agropecuárias, sobretudo a bubalinocultura (criação de búfalos), que por sua vez requer destruição de áreas de vegetação densa para criação de novas áreas de pasto. De acordo com a Santos (2016), o rebanho bubalino do Estado do Maranhão, está em sua maioria concentrado na Baixada Maranhense, com aproximadamente 56.321 cabeças de gado o

que expressa 65 % do rebanho total do maranhão, de modo que outros 35% encontram-se distribuídos de forma bastante aleatória nos outros 125 municípios do estado. Além das atividades da bubalinocultura, o cultivo do arroz (rizicultura) também pode ser motivo pela redução da vegetação densa na microrregião da Baixada Maranhense. Zonta (2014) comenta que, o Município de Arari no qual está incluído entre os quatro maiores produtores de arroz do Maranhão, é locado na baixada maranhense, cuja a rizicultura irrigada é aplicada em larga escala.

De acordo com o tempo, é notado o aumento das áreas com NDVI entre 0 a 0,4 referente a solo exposto e/ou área urbana. Em relação ao ano 2000, nota-se um crescimento urbano considerável na região compreendida pelos municípios de Anatajuba, Viana, Arari e São João batista, principalmente em torno da baía de São Marcos. Também é notada uma superação de áreas com NDVI de 0,4 – 0,6 que representam vegetações arbustivas e/ou menos densas, em relação as vegetações mais densas (>0,7). Como dito anteriormente, acredita-se que esta supressão de áreas com vegetação mais densas, principalmente a bubalinocultura, que requer a queimada e/ou destruição de florestas para criação de pastos.

Para melhor esclarecimento dos fatos, faz-se necessário a observação e análise do regime pluviométrico anual das imagens em questão. A Figura 3 traz os gráficos de precipitação no período de obtenção das imagens de 2000 e 2014, gerados pelo CPTEC/INPE (2016). As precipitações em 2010 apresentaram valores mensais acima da climatologia da região (denominada pelo INPE de região 31), potencializando as anomalias positivas acumuladas pra a região. Em 2014 foi um ano onde observou-se uma grande anomalia negativa no regime pluvial da região 21 (denominada pelo INPE) podendo ter intensificado na diminuição dos índices de vegetação no ano de 2014 e de áreas alagadas, visto que em comparação com o ano de 2000, as imagens mostram um número bem menor de corpos d'água distribuídos sobre a superfície da baixada maranhense.

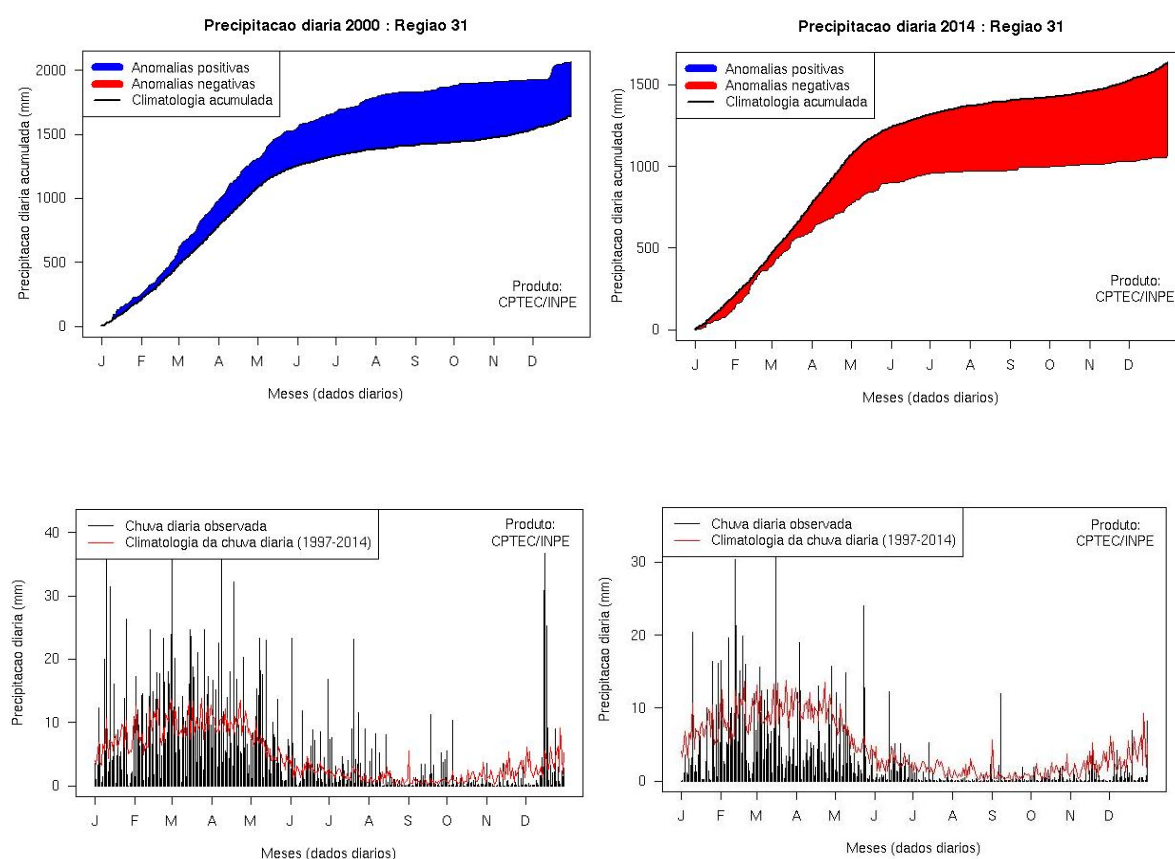


Figura 3 – Climatologia e Anomalias climáticas para a microrregião da Baixada Maranhense (região 31) nos anos de 2000 e 2014. Fonte: CPTEC/INPE, 2016.

CONCLUSÕES

O índice de vegetação por diferença normativa – NDVI para microrregião da Baixada Maranhense indicou uma queda vegetacional em todas as áreas a partir do ano de 2000 até 2014 e ao mesmo tempo, um aumento de atividades agropecuárias (bubalinocultura e rizicultura).

Em 2014, os índices de vegetação apresentaram uma considerável baixa na grande maioria das áreas da microrregião em questão; os motivos dessa queda drástica no índice de vegetação devem-se a reação da vegetação arbórea por ter enfrentado um ano de estiagem em comparação à média pluviométrica de 1997 – 2014. Ocasionalmente diversas anomalias negativas no decorrer do ano, resultando em um déficit hídrico acumulado ao final.

A área correspondente aos municípios no entorno do da Baía de São Marcos, de acordo com as imagens obtidas, apresentaram um baixíssimo índice de Vegetação, podendo-se concluir que houve um forte desmatamento seguido de exposição do solo e até mesmo uma urbanização intensa destas áreas, na região compreendida pelos municípios de São João Batista, Anatajuba, Matinha, Viana, Arari, Vitória do Mearim, Cajari.

Vale ressaltar que a análise em questão não abrangeu o ano de 2015, pela baixa qualidade da imagem para este tipo de trabalho no período que nos foi cedida. Por sua vez, o ano de 2015, foi quando ocorreu a pior estiagem na Baixada Maranhense dos últimos 50 anos, desta forma podemos considerar a importância deste tipo de análise contínua da vegetação via sensoriamento remoto como ferramenta para as autoridades competentes direcionarem suas ações de forma coerente.

O sensoriamento remoto apresentou uma grande eficiência para com o objetivo do trabalho, no entanto, devido a multiplicidade de elementos do ambiente natural, faz-se necessário que hajam interligações com outros índices, sejam eles climatológicos, vegetacionais, hidrológicos ou pedológicos, de modo que se possa proceder com confiabilidade a um monitoramento ambiental, gerando análises cada vez mais eficientes proporcionando facilidade nas tomadas de decisões.

Agradecimentos

Agradecemos ao grupo de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – SERGEO/UFPE pelo espaço dado a pesquisa.

Referências Bibliográficas

ALLEN, R. et al. **SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land)**. Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002.

BARBOSA, R.V.R.; VECCHIA, F.A.S. Estudos de ilha de calor urbana por meio de imagens do Landsat 7 ETM+: Estudo de caso em São Carlos (SP). **Revista Minerva**, v. 6, n. 3, p. 273-278, 2009.

BORATTO, I.M.P; GOMIDE, L.R. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

CHANDER, G. MARKHAM, B. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v, 41, n. 11, 2003.

COSTA, Cássio Reis. **A Baixada Maranhense**. São Luís: SIOGE, 1982.

CUNHA, J.E. de B.L.; RUFINO, I.A.A.; SILVA, B.B. da; 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.

EL-ROBRII, M. et al. **Maranhão**. Ministério de Meio Ambiente - MMA, 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/ma_erosao.pdf>. Acesso em: 16/03/2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha municipal do Estado do Maranhão**. Resolução No 05 de 10 de outubro de 2002

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por satélite**. São José dos Campos: INPE: Projeto PRODES, 2010. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/>. Acesso em 02/05/11

JENSEN, JOHN R. **Sensoriamento do Ambiente: Uma Perspectiva em recursos terrestres**. Editora: Parêntese. 2009.

MARANHÃO. Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico (GEPLAN). Universidade Estadual do Maranhão. **Atlas do Maranhão** 2ª ed. São Luís: LABOGEO, 2002.

MARKHAM, B.L.; BARKER, L.L. 1987. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, v.8, n.3, p.517-523.

MONTES, M.L. **Zoneamento geoambiental do estado do Maranhão: Diretrizes gerais para a ordenação territorial. Ministério de planejamento, orçamento e coordenação**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 1997.

OLIVEIRA, T. H. et al. Índice de umidade (NDWI) e análise espaço-temporal do albedo da superfície da bacia hidrográfica do rio Moxotó-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 2010.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

ROSENDO, J. dos S. **Índices de Vegetação e Monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do rio Araguari -MG - utilizando dados do sensor Modis**. 2005. 130 p. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2005.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: **Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium**, 3, Washington, 1973. Proceedings... Washington: NASA, 1974, v.1, p.309-317, 1973

SANTOS, Cleide Lis Ribeiro dos et al. **Nível tecnológico e organizacional da cadeia produtiva da bubalinocultura de corte no estado do Maranhão**. Arquivos do Instituto Biológico, [S.l.], v. 83, p. 1-8, apr. 2016. ISSN 1808-1657. Disponível em: <<http://revistas.bvs-vet.org.br/arqib/article/view/30539/33299>>. Acesso em: 16 June 2016. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/1808-1657000022014>.

SETEC - Secretaria de educação profissional e tecnológica. **Indicadores sociais do Maranhão**. MEC - Ministério da Educação. Governo federal, 2004.

SILVA, B. B. da et al. 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.

SPINELLI, F.F; SOARES, R. A.A. **Cooperação internacional na área ambiental: uma análise comparativa entre Brasil e Canadá**. São Paulo: Dfdf, 201 25p.

XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17., 2015. João Pessoa-PB J.J. Mendes; F.B. Silva; A. T.Galvão; **Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de áreas inundáveis na Baixada Maranhense**, 2015, 7p.

ZONTA, J., SILVA, F.. **Dinâmica da orizicultura no Maranhão**. **Revista de Política Agrícola**, Local de publicação (editar no plugin de tradução o arquivo da citação ABNT), 23, ago. 2014. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/915>>. Acesso em: 16 Jun. 2016..