

Análise multitemporal da evolução de áreas de manguezais na ilha do Maranhão com dados de sensoriamento remoto

Alessânia Silva de Lucena Carneiro¹, André Luís Silva dos Santos¹, Denilson Silva Bezerra², Venerando Eustáquio Amaro³, Bruno Cesar Pereira Costa³, Hélder Pereira Borges¹, Rômulo Jordão Aroucha¹

¹Instituto Federal de Educação Ciência e tecnologia do Maranhão – IFMA
Campus São Luis Monte Castelo -Avenida Getúlio Vargas, 04 – 65030-005 – São Luis - MA, Brasil
GIAGeo – Grupo de informática aplicada e geoprocessamento
alessanialucenacarneiro@gmail.com, andresantos@ifma.edu.br, romuloj15@hotmail.com, helder@ifma.edu.br

²Universidade CEUMA– UNICEUMA–Campus Renascença
Rua Josué Montello, 01, Renascença II, CEP: 65.075-120 – São Luís –MA, Brasil
denilson_ca@yahoo.com.br

³Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN
Campus Universitário - 59078-970 – Natal - RN, Brasil
venerandoamaro@gmail.com; brunocesarpc35@gmail.com

Abstract. The main objective of this study is to analyze the evolution of mangrove areas of Maranhão Island, Northeast Brazil, considering a multi-temporal approach (2010 to 2015), evaluating qualitatively and quantitatively the changes occurred in the vegetation cover. We used Landsat 5 TM and Landsat 8 OLI satellite images from 2010 and 2015 respectively, obtained from the USGS website and process with QGIS software. The mangrove areas was done through visual interpretation using NDVI and RGB composition for later vectorization. Its areas were calculated obtaining a total area of mangrove for the year 2010 and for 2015, thus obtaining a comparison. The result of multitemporal analysis show a reduction in the mangrove area in this interval of five years and that the remote sensing was an efficient tool to detect this change. This work subsidy the studies on the effects of coastal erosion for the ecosystem and the implications for sea level rise.

Palavras-chave: Remote sensing, Mangroves, Mapping, Sensoriamento Remoto, manguezais, mapeamento.

1. Introdução

Os manguezais estão presentes nas faixas tropical e subtropical do planeta, ocupando regiões tipicamente inundadas por marés. Na costa do Brasil eles existem desde a foz do rio Oiapoque no Estado do Amapá até o Estado de Santa Catarina (ALVES, 2001). Os Estados do Maranhão, Pará e Amapá, são responsáveis por cerca de 50% da área de manguezais do Brasil e encontram-se inseridos na Amazônia Legal do país (MOCHEL, 2002).

Segundo Espiget al., (2007) na Ilha do Maranhão predominam quatro espécies de mangue: *Rhizophoramangle*(mangue vermelho), *Laguncularia racemosa* (mangue branco) *Avicenniaschaueriana* (mangue preto) e *Conocarpuserectus* (mangue de botão). Mochel (2002) acrescenta ainda *Rhizophora racemosa*, *Rhizophoraharrisonii* e *Avicenniaschaueriana* como espécies que compõem as florestas de manguezal maranhense.

Os manguezais são caracterizados por serem resistentes às condições de salinidade através da osmorregulação e pouca disponibilidade de oxigênio através das raízes aéreas(SCHAEFFER-NOVELLI, 1990). É um ambiente rico e diversificado de extrema importância para a manutenção da vida de muitas espécies, pois garante alimento, abrigo e proteção natural para reprodução das mesmas (ALVES, 2001). Embora tenha grande valor, a zona costeira sofre com a variabilidade induzida por mudanças globais, além de sofrer com o

avanço da grande densidade populacional e vem abrigando grande parte das áreas urbanas e regiões industriais de acordo com os relatos de Lacerda *et al.*, (2006).

O monitoramento desse ecossistema é muito importante para evitar sua degradação e consequentes prejuízos ambientais. Usando técnicas de Processamento Digital de Imagem (PDI) aplicadas sobre imagens multispectrais de Sensoriamento Remoto (SR) é possível identificar áreas de mangue e comparar com períodos anteriores aproveitando melhor esse embasamento teórico, para incrementar formas mais eficientes de preservação desse ecossistema. Assim, este trabalho apresenta a análise multitemporal do manguezal presente na Ilha do Maranhão, Nordeste do Brasil, considerando o período entre 2010 e 2015, avaliando de forma quali-quantitativa as alterações ocorridas na cobertura vegetal, como subsídio aos estudos sobre os efeitos da erosão costeira sobre esse ecossistema e as implicações sobre a elevação do nível do mar.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

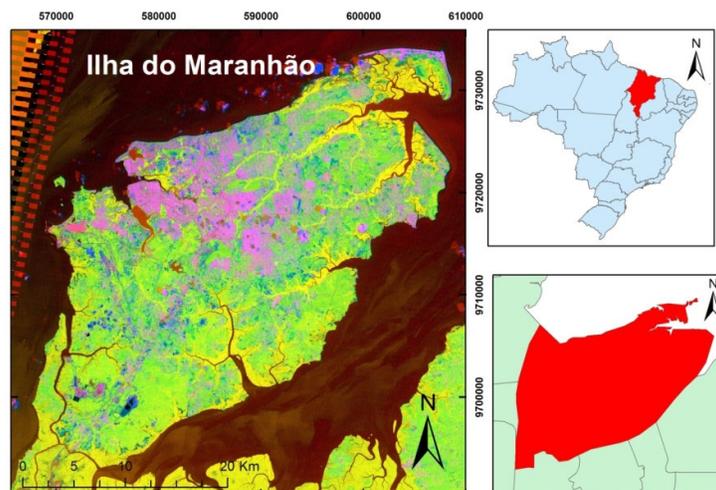


Figura 1 – Localização da área de estudo: a Ilha do Maranhão, Nordeste do Brasil. Imagem Landsat 5 para o ano de 2010 com a composição colorida RGB_PC5_NDVI_B7.

A área de estudo é a Ilha do Maranhão localizada na porção norte do estado do Maranhão entre a baía de São Marcos e de São José, entre os meridianos $42^{\circ}47'15''W$ e $42^{\circ}39'56''W$ de longitude oeste e entre os paralelos $2^{\circ}42'21''S$ e $2^{\circ}35'09''S$ de latitude sul, região Pré-Amazônica (Figura 1). Nesta ilha estão sediados quatro municípios: Raposa, Paço do Lumiar, São José de Ribamar e a capital do Estado do Maranhão, a cidade de São Luís.

Esta área apresenta, ao longo dos últimos anos, um grande crescimento urbano sem nenhum planejamento e/ou preocupação com a sua conservação (MASULLO, 2012). Devido a essa fragilidade e ao intenso processo de industrialização da região e o crescimento populacional urbano desordenado, os manguezais da região tem sofrido um forte impacto.

2.2- Materiais e Métodos

Foram utilizadas imagens dos anos de 2010 e 2015 dos sistemas de sensores *Landsat 5 TM* e *Landsat 8 OLI*, órbita-ponto 220/062, respectivamente, obtidas no sítio do *United States Geological Survey* (USGS; disponível em earthexplorer.usgs.gov). As imagens foram

processadas por meio dos softwares QGIS 2.8.3 e ArcGIS 10.1. Para identificar as áreas que sofreram maior supressão da vegetação de mangue foram realizados os seguintes procedimentos: 1) seleção das imagens; 2) cálculo da reflectância; 3) cálculo do *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI); 4) elaboração de composições coloridas no sistema de cores *Red-Green-Blue* (RGB); e, 5) comparação multitemporal das imagens, verificando as mudanças ocorridas entre 2010 e 2015, como demonstrados no fluxograma apresentado na Figura 2.



Figura 2 – Fluxo dos procedimentos para processamento digital das imagens

O mapeamento de áreas de manguezal foi realizado nas etapas de PDI e em seguida foi realizada a vetorização das áreas de manguezal identificadas nas imagens resultantes. As técnicas de PDI foram realizadas para identificação de vegetação, por meio da Análise por Principais Componentes (PC) e do NDVI calculado pela razão entre a diferença de reflectância na região do infravermelho próximo e do vermelho pela soma dessas bandas dada pela seguinte equação:

$$NDVI: \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (\text{Equação 1})$$

Segundo Ponzoni (2002), os índices de vegetação são operações algébricas que permitem determinar a cobertura vegetal e a densidade através de faixas de reflectância específica. Este índice normaliza a razão simples para o intervalo de -1 a +1, onde quanto mais próximo de +1 maior a densidade da cobertura vegetal e o zero representa valor que se aproxima de ausência de vegetação (Rêgo et al., 2012). Diante desse entendimento, o uso do sensoriamento remoto assume grande importância e abrangência para estudos com vegetação.

A quantificação da área de manguezal foi feita pelo processo de vetorização no software QGIS versão 2.8.3 da ESRI que é definida como a criação de elementos vetoriais (ponto, linha e polígono) sobre a imagem, com a possibilidade de cálculo de áreas, no caso de polígonos. Nesse processo foram criadas classes temáticas de uso e ocupação do solo, entre elas a vegetação de manguezal.

O procedimento metodológico empregado no trabalho também contou com uma etapa de campo, para validar as identificações realizadas, onde foram coletadas 15 amostras aleatórias para posterior comparação com as imagens processadas e ainda foram coletadas amostras das partes vegetativas do manguezal, como folhas, flores e frutos para análise e comparação com dados literatura, sobre as espécies mais frequentes nessas áreas.

3. Resultados e Discussão

Para efeitos de comparação da cobertura do solo da Ilha do Maranhão foram elaborados dois mapas referentes aos anos 2010 e 2015 (Figuras 03 e 04). Assim identificaram-se melhor os salvos, diferenciando as demais das áreas de manguezais.

O processamento digital das imagens com o cálculo da reflectância, do NDVI e a composição colorida das imagens, foi a base para identificação mais apurada das áreas de mangue. O NDVI foi calculado a partir da reflectância como explicitado nas Figuras 3a e 3b,

onde a vegetação apresentaram níveis de cinza claro. Para maior destaque na identificação das áreas vegetais, e especificamente as áreas de manguezais, foi realizada a composição colorida RGB_PC5B5B4 para o ano de 2010 (Figura 4a) e para o ano de 2015 a composição colorida RGB_PC5_NDVI_B7 (Figura 4b). Este procedimento melhorou significativamente a identificação visual das classes de uso e ocupação do solo na área de estudo; logo, através dessas composições coloridas foi possível realçar e diferenciar cores de vegetação, água, solo exposto e evidenciando os manguezais.

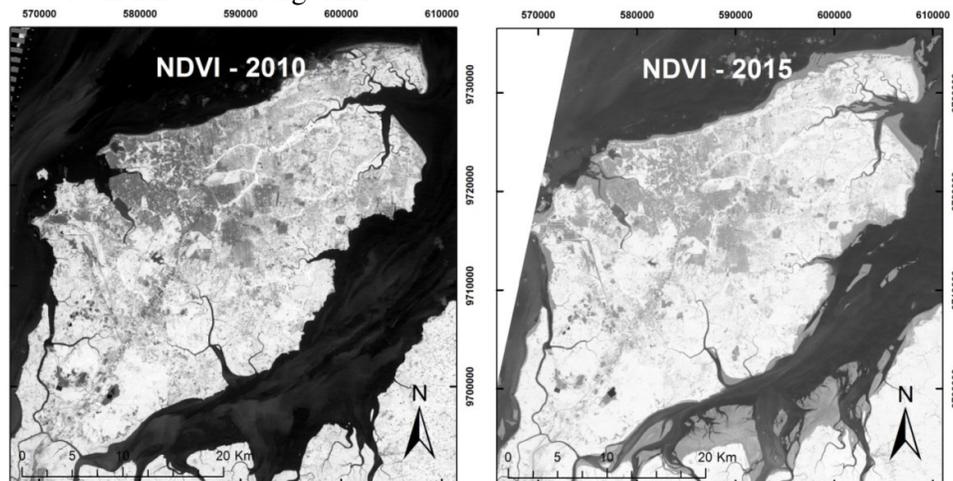


Figura 3. NDVI da imagem (a) Landsat 5 TM para o ano de 2010 e (b) Landsat 8 OLI para o ano de 2015, em escala de cinza onde: as regiões mais claras indicam vegetação, e as mais escuras ausência de vegetação, ou seja, região da zona urbana, solo exposto, rios e mares.

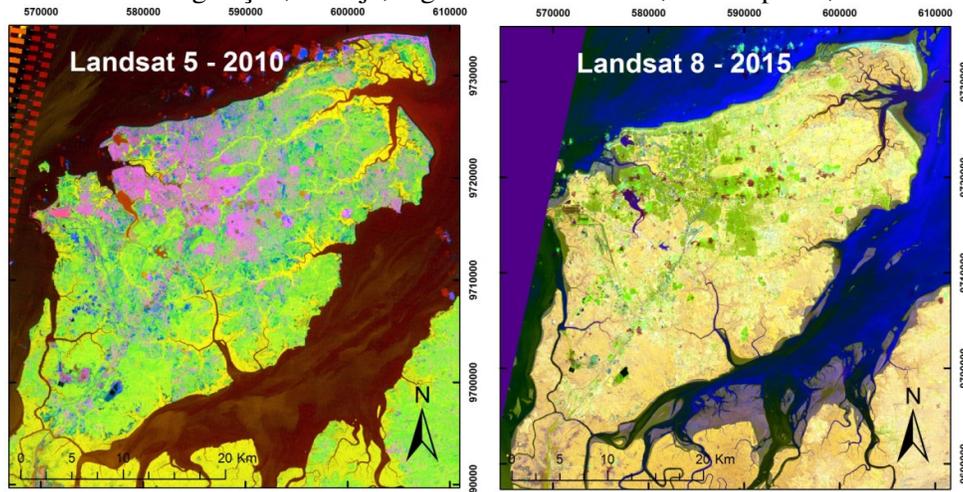


Figura 4. Imagem (a) Landsat 5TM para o ano de 2010 com a composição colorida RGB_PC5_NDVI_B7 (Principal componente 5, NDVI e banda 7) com destaque em amarelo para os manguezais, rosa para a zona urbana, azul para rios e mar, cian para solo exposto e verde para a vegetação e (b) Landsat 8 OLI para o ano de 2015 com a composição colorida RGB_NDVI_B5_PC5 (NDVI, Banda 5 e Principal componente 5) com destaque em amarelo escuro para os manguezais, verde para a zona urbana, azul para rios e mar, verde claro para solo exposto e amarelo claro para a vegetação.

A classificação da vegetação de mangue foi feita no QGIS, que permitiu a delimitação da região de mangue através do processo de vetorização, ou seja, a criação de polígonos, uma vez que a vegetação toda apresentava tons de verde. Contudo, as áreas de manguezais

apresentavam áreas em tons de verde escuro próximos a reentrâncias de água doce e salgada, sendo que tal confirmação dessa vegetação como mangue foi feita em campo, em coletas acompanhadas por controle de ponto por GPS e identificação *in loco* das espécies de vegetação de mangue.

Os resultados obtidos a partir do cálculo do NDVI, que são valores que variam de -1 a +1 onde: -1 equivale a áreas sem vegetação e quanto mais próximo do valor +1 mais componentes vegetais são detectados.

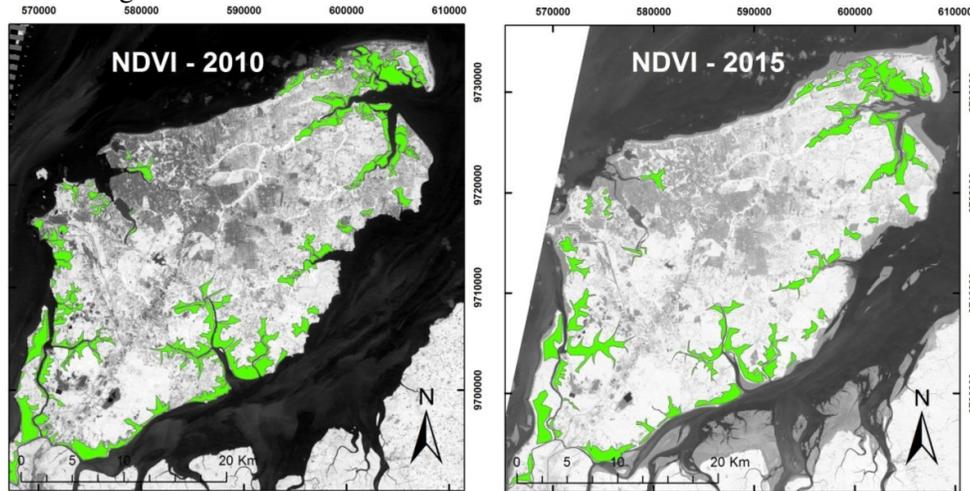


Figura 5. Variação da área ocupada por manguezal na área de estudo para os anos de 2010 e 2015.

Outra ferramenta utilizada para a análise multitemporal da evolução dos manguezais foi definir a área total dos polígonos gerados pela vetorização das áreas de mangue, como mostrado na Tabela 1, contabilizando um decréscimo de 1.953,68 hectares em apenas cinco anos. Diante desses resultados, que apontaram a diminuição de manguezal na Ilha do Maranhão, verifica-se que mesmo diante de sua imensa importância ambiental, o manguezal vem sofrendo supressão severa, isto é, a cidade cresce demograficamente e avança para áreas litorâneas onde se localizam os manguezais.

Tabela 1. Área de manguezal em 2010 e 2015

Mangue	Área(ha)
Ano 2010	11.967,06
Ano 2015	10.013,38
Área perdida	1.953,68

Trabalhos prévios que trataram das mudanças da vegetação na Ilha do Maranhão destacaram que ao longo dos anos há uma diminuição gradativa da vegetação de modo geral (Matos e Santos, 2011) e especificamente do mangue (Mochel, 2002; Rodrigues et al., 2013), corroborando com os resultados deste trabalho. Matos e Santos (2011) realizou, com uso de imagens do satélite Landsat 5 TM, o mapeamento da vegetação na Ilha do Maranhão de 20

anos, entre 1988 a 2010 com uma perda de 293,8 km² da porção vegetal da área de estudo por conta do crescimento urbano, seja residencial, comercial e/ou industrial.

Finalmente, a etapa de campo foi importante para identificar e comprovar que na Ilha do Maranhão, no local da amostragem (Município de Raposa), predominam quatro espécies de manguecidades na literatura, que são: *Rhizophoramangle* (mangue vermelho), *Laguncularia racemosa* (mangue branco), *Avicenniaschaueriana* (mangue preto) e *Conocarpuserectus* (mangue de botão), como descrito por Espigetal.,(2007), ressaltando assim a importância da etapa de campo para dar maior confiabilidade aos dados de pesquisa.

4. Conclusões

A pesquisa foi importante para a obtenção de um banco de dados geoespacial de espécies de mangue da Ilha do Maranhão, para que pudesse ser feito o monitoramento ambiental das alterações ocorridas nas áreas de manguezal no decorrer dos últimos anos. Vale ressaltar que a vegetação mangue na ilha do Maranhão vem sofrendo mudanças ao longo do tempo, sobretudo pela ação antrópica, influência das marés e degradação do solo.

A análise multitemporal das imagens dos sensores Landsat 5 TM e Landsat 8 OLI de 2010 e 2015, respectivamente, demonstrou eficiência na detecção do decréscimo do mangue na Ilha do Maranhão evidenciando que essa cobertura vegetal de mangue vem sofrendo graves intervenções antrópicas e naturais, o que vem causando perda drástica na sua distribuição espacial ao longo dos anos de 2010 a 2015.

Agradecimentos

Agradecemos ao IFMA, pela bolsa de pesquisa PIBIC ao primeiro autor e pelo incentivo financeiro do programa especial de internacionalização da pesquisa. À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) pelo incentivo financeiro proveniente do edital Universal 2014.

Referências Bibliográficas

ALVES, Jorge Rogério Pereira (Org). **Manguezais: educar para proteger**. Fundação de Estudos do Mar – FEMAR, Secretaria de Estados do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMADS, 2001.

ESPIG, Silvana Andreoli. REIS, Ilka Afonso. ARAÚJO, Elienê Pontes. Identificação do ecossistema mangue na Ilha do Maranhão através de técnicas de classificação utilizando imagens de sensor CCD-CBERS-2. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis-Brasil, abril 2007, INPE, p.5731-5737.

LACERDA, Luiz Drude et al. Manguezais do nordeste e mudanças climáticas. **Ciência Hoje**, v.39, n.229, 2006.p. 24-29.

MASULLO, Yata Anderson Gonzaga; RANGEL, Maurício Eduardo Salgado. Uso e ocupação do solo e alterações climáticas na Ilha do Maranhão. **Revista Geonorte**, 2012, edição especial 2, v.2, n.5, p.663-674.

MATOS, N. F. SANTOS, A. L. S. Uso do sensoriamento remoto e processamento digital para mapear a evolução temporal do índice de vegetação da área urbana de São Luis-MA. In: IX ENEEAMB - Encontro Nacional dos Estudantes de Engenharia Ambiental. Fortaleza, CE. **Anais**. 2011.



MOCHEL, F. R. Programa Integrado Estudos Ecológicos dos Manguezais do Estado do Maranhão. **Revista de Gerenciamento Costeiro Integrado – para países de língua portuguesa**. Santa Catarina, v. 1, n. 2, p. 30-33, 2002.

PONZONI, Flávio Jorge. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: Diagnosticando a mata atlântica**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, São José dos Campos-Brasil, 2002.

RÊGO, Shirley Coutinho Alves; LIMA, Priscila Pereira Souza de; LIMA, Maria Niedja Silva; MONTEIRO, Thereza Rachel Rodrigues. Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI E SAVI no município de São Domingos do Cariri – PB .**Revista Geonorte**, Edição Especial, V.2, N.4, p.1217 – 1229, 2012.

RODRIGUES, Taíssa Caroline Silva; FRANK, Thiago; SOUZA, Ulisses Denache Vieira; KUX, Hermann J. H. Análise da evolução da cobertura do solo em áreas de manguezais na Ilha do Maranhão, entre os anos de 1988 a 2010 com dados de sensoriamento remoto orbital. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, Foz do Iguaçu-PR, Brasil, abril, 2013, INPE.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRON, G. Status of mangrove research in Latin America and the Caribbean.**Boletim do Instituto Oceanográfico**. São Paulo. 38 (1): 93-97. 1990.