



Análise espaço-temporal das características do mangue urbano no estuário do Pina (Pernambuco)

Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva ¹, Daniella Roberta Silva de Assis ², Jadson Freire da Silva ³,
José Gustavo da Silva Melo ⁴, Josiclêda Domiciano Galvêncio ⁵.

¹Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Professora do Instituto Federal do Maranhão, Brasil. (*Autor correspondente: bellhannover@hotmail.com)

²Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

³Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

⁴Mestre em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

⁵ Professora Adjunta do Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

Histórico do Artigo: Artigo Submetido no 9 Encontro das Águas e cedido pelos autores para publicação

RESUMO

A modificação do manguezal preservado para área degradada se reflete na alteração dos diversos processos na interface atmosfera-vegetação, e conseqüentemente, no microclima da floresta de mangue, afetando processos ecológicos como a regeneração e o crescimento das plantas. O manguezal do Pina, Recife-PE reflete o nível de antropização ao qual está submetido um dos ecossistemas mais impactados pelo aumento da urbanização. Este trabalho buscou avaliar espaço-temporalmente os impactos ambientais do mangue no estuário do Pina- PE. Foi utilizado na avaliação o índice de área foliar (IAF) para estimativa da quantidade de biomassa na área. Os resultados demonstraram que ao longo dos anos o manguezal do Pina vem passando por um processo de recuperação, em parte pela própria resiliência característica desse ecossistema e, em parte, pela maior proteção dessas áreas nos últimos anos, tendo em vista a legislação ambiental vigente que caracteriza as áreas de manguezal como área de preservação permanente. Ficou evidenciada a necessidade de limitação das formas de exploração desse ecossistema, pois a conversão de florestas de mangues em áreas degradadas expõe o estuário do Pina à intensificação dos processos erosivos no rio e a maior susceptibilidade à eutrofização.

Palavras-Chaves: Legislação ambiental; Índices de vegetação, Áreas degradadas.

Spatial-temporal analysis of the characteristics of the urban mangrove in the Pina estuary (Pernambuco - Brazil)

ABSTRACT

The modification of the preserved mangrove to degraded area is reflected in the alteration of the various processes at the atmosphere-vegetation interface, and consequently in the microclimate of the mangrove forest, affecting ecological processes such as plant regeneration and growth. The Pina mangrove, in Recife - PE (Brazil), reflects the level of anthropization to which one of the ecosystems most affected by the increase in urbanization is subjected. This work sought to evaluate spatially-temporal environmental impacts of the mangrove in the Pina-PE estuary. The leaf area index (LAI) was used to estimate the amount of biomass in the area. The results showed that over the years the Pina mangrove has undergone a recovery process, in part due to the resilience characteristic of this ecosystem and partly due to the greater protection of these areas in recent years, considering the current environmental legislation that characterizes the mangrove areas as a permanent preservation area. It was evidenced the need to limit the exploitation of this ecosystem, since the conversion of mangrove forests in degraded areas exposes the Pina estuary to the intensification of erosive processes in the river and the greater susceptibility to eutrophication.

Keywords: Environmental legislation; Index of vegetation, Degraded areas.

1. Introdução

O ecossistema manguezal é protegido no Brasil, pelo Código Florestal sob a lei n. 12.727, de 17 de outubro de 2012, e reconhecido como Área de Preservação Permanente, mas encontra-se ameaçado devido a diversos fatores como: a expansão de áreas urbanas e portuárias, turismo e pesca predatórias, poluição por derramamento de petróleo e esgotos domésticos ou industriais, aterros e construção civil, extração de madeira e a carcinicultura desordenada e ilegal (M.SOBRINHO; ANDRADE, 2009). Para Vanucci (2002), tais fatores são responsáveis pela eliminação de uma fração apreciável de áreas de manguezal no Brasil. Logo, os manguezais que se desenvolvem em áreas urbanas estão submetidos a vários tipos de pressões. Estas utilizações resultam na eliminação da vegetação do manguezal ou na alteração da estrutura da comunidade lenhosa (SOARES, 1997).

Recentemente foi criado em Pernambuco o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza (SEUC), estabelecido através da Lei n. 13.787 (Pernambuco, 2009). O Estado possui 66 Unidades de Conservação Estaduais (UCE), sendo 25 de Proteção Integral e 41 de Uso Sustentável. Dentre estas, 33 aguardam a recategorização e implantação e 13 foram instituídas como Áreas de Proteção Ambiental estuarina.

Nestas unidades de conservação, o ecossistema a ser protegido são os mangues. O município do Recife-PE possui um dos maiores manguezais em área urbana do mundo, localizado no complexo estuarino dos Rios Pina, Jordão e Tejiú. A área correspondente ao Parque dos Manguezais é um dos últimos resquícios de mangue preservado da cidade do Recife, que sofre com o aterramento de suas áreas e da deterioração pelo depósito do lixo. A área é acometida pela desordem da área urbana, pela especulação do mercado imobiliário, e mais recentemente, pela construção de uma rodovia (FEITOSA et al., 1999; RECIFE, 2007).

Cada manguezal reflete uma adaptação diferente às condições ambientais que condicionam sua composição e aspecto, fazendo com que eles sejam mais ou menos sensíveis a tipos particulares de fatores causadores de impactos (SCHAEFFERNOVELLI, 1995). Diante disso, os índices de vegetação podem apresentar um panorama da situação das áreas com vegetação de mangue, pois são alguns dos parâmetros mais utilizados no monitoramento sazonal e interanual de parâmetros fisiológicos e estruturais dos diferentes ecossistemas e são obtidos através da utilização do sensoriamento remoto. Eles consistem em transformações, lineares ou não, de bandas espectrais escolhidas, conforme suas especificidades, para realçar a contribuição de propriedades de interesse da vegetação (SOUZA et al., 2009).

Segundo Clough (1992), o índice de área foliar (IAF) exerce grande influência na produção primária e no crescimento das plantas de mangue, sendo, portanto, útil na análise do estágio fenológico das plantas, somando-se a essa análise, os fatores climáticos, tais como: a radiação solar, o comprimento do dia, a temperatura do ar e do solo, a precipitação e a evapotranspiração potencial, assim como sua variabilidade sazonal, são imprescindíveis nos danos ao crescimento de florestas de manguezais no mundo. Esse índice de vegetação é importante para quantificação do nível de variação da biomassa ao longo dos anos, tendo em vista que a presença de vegetação se encontra intrinsecamente correlacionado à presença de umidade no ar e ao conforto térmico, tendo papel fundamental na regulação do microclima.

Diante disso, este trabalho tem por objetivo analisar, durante um período amostral de aproximadamente 20 anos, a relação entre as modificações no ambiente e seu reflexo sobre o desenvolvimento fenológico da vegetação de mangue na área correspondente ao manguezal do Pina, através da utilização do Índice de Área Foliar (IAF) aplicado na área correspondente ao domínio desse ecossistema para identificação de mudanças na estrutura da vegetação ao longo do tempo e seu potencial regenerativo.

2. Material e Métodos

2.1 Caracterização da área

A Baía do Pina apresenta uma extensão de 3,6 km, e larguras que variam de 0,26 km a mínima e 0,86 km a máxima. Existe na área a pesca artesanal, existência do porto, também estando numa área de influência

de descargas de esgotos domésticos e industriais e todas essas atividades acabam interferindo na estrutura física, química e biológica da região afetando principalmente as áreas estuarinas (FEITOSA, 1988; NASCIMENTO et al., 2003).

O padrão de distribuição nem sempre é regular, porém o mangue vermelho, *Rhizophora mangle* L., seria mais comum na parte mais próxima ao mar, o mangue de botão, *Conocarpus erectus* L., na margem externa ao manguezal, o mangue preto ou siriúba, *Avicennia schaueriana* Stapf. e *Leechmam* e *Avicennia germinans* (L.) L., na porção média e o mangue branco, *Laguncularia racemosa* (L.) Gaerten, na porção mais afastada do mar, rio acima. Essa distribuição pode ter sido modificada muitas vezes, ora por eventos naturais, ora por intervenção humana (COELHO et al., 2004).

1.2 Processamento de imagens

Inicialmente realizou-se a delimitação da área estudada. Foram interpretadas e analisadas imagens dos anos de 1984, 1989, 2007 e 2011 do satélite Landsat 5 baixadas gratuitamente no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e processadas no laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO) da UFPE, que detém a licença dos softwares utilizados neste trabalho.

1.3 Montagem do layout

Inicialmente foi feito o registro de todas as imagens a partir de pontos coletados em campo. As imagens foram baixadas do site do INPE. Para o processamento das imagens do satélite Landsat-5 foram criados modelos usando a ferramenta ModelMaker do software ERDAS Imagine 9.3 com licença do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco.

1.4 Calibração Radiométrica, Reflectância e Índice de área foliar

O conjunto da radiância ou calibração radiométrica é obtido utilizando-se a equação proposta por Markham e Baker (1987), (Equação 1):

$$L_{\lambda i} = a + \frac{b - a}{255} ND \quad (1)$$

Em que 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, 2, ... e 7) do satélite Landsat 5 e 7.

A reflectância de 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 apud OLIVEIRA et al, 2010), (Equação 2):

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

Onde as radiâncias solares de cada banda, a irradiância solar espectral no topo da atmosfera, o ângulo zenital solar e o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA) estão expostas (OLIVEIRA et al., 2010; SILVA et al., 2011).

Segundo Pereira e Machado (1987) a área foliar é um fator que depende do número e tamanho das folhas e de estágio fenológico. Para estimar a produtividade e a evapotranspiração, a partir de modelos de interface floresta-solo-atmosfera o IAF tem sido considerado como a principal variável descritora do dossel vegetal em inúmeros trabalhos (SILVA et al., 2015). O cômputo do IAF, que representa a razão entre a área total de todas as folhas contidas em dado pixel, pela área do pixel, foi feito por Equação empírica obtida por Allen et al. (2002):

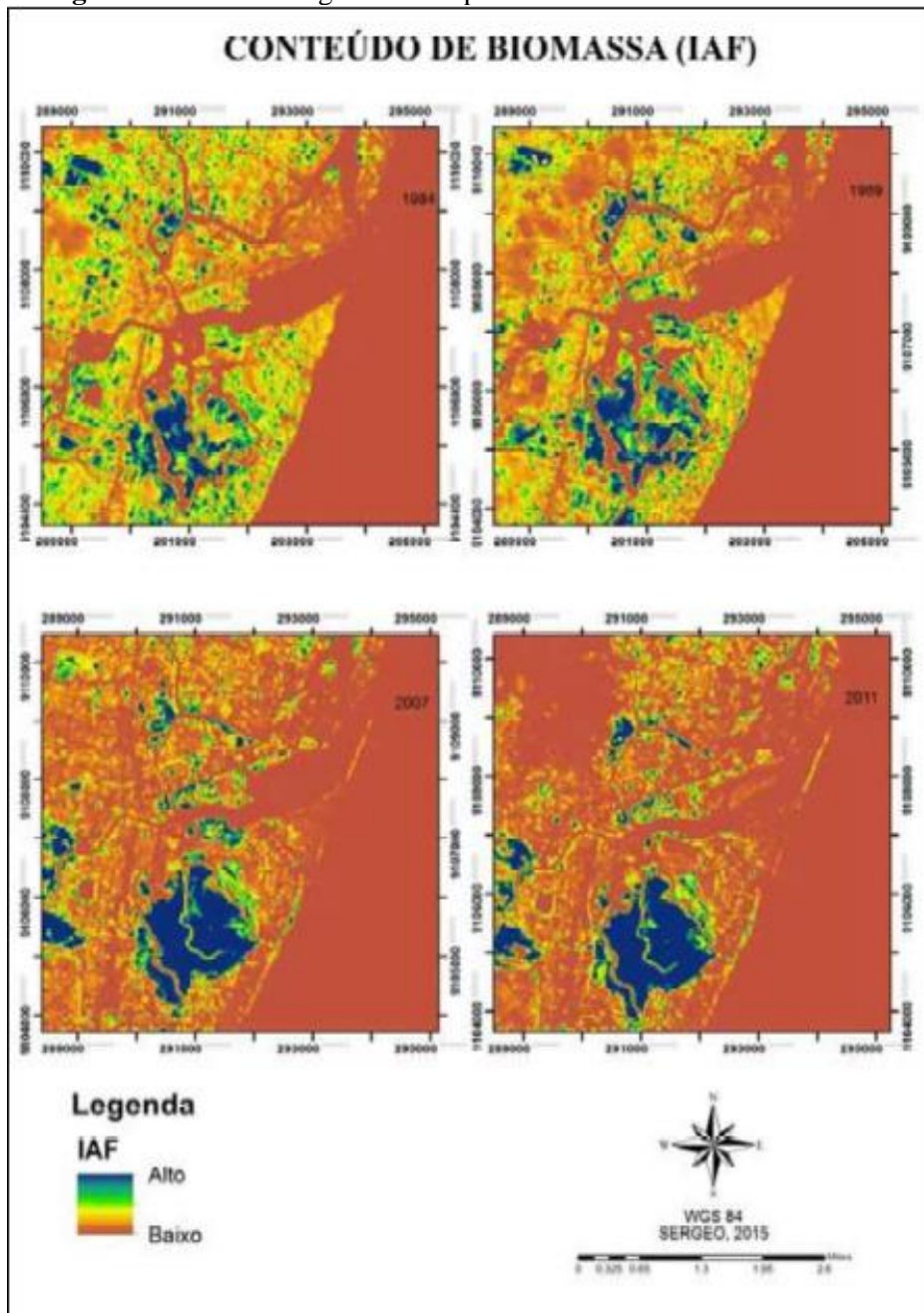
$$IAF = -(\ln(0,69 - IVAS/0,59)/0,91) \quad (3)$$

O IAF é influenciado por variáveis ambientais como a velocidade de alongamento das folhas, a velocidade do surgimento das folhas e a duração da vida das folhas além do comprimento final da folha, a densidade de hastes e o número de folhas vivas por haste. Portanto, o IAF é dado pela junção das características morfológicas genotípicas e as características individuais da vegetação

3. Resultados e Discussão

O índice de área foliar (IAF) é utilizado para estimar o nível de biomassa na área, estando relacionada ao tamanho do dossel florestal e ao tamanho das folhas das plantas. Dessa forma salienta-se que os valores encontrados ficaram entre “0” (em áreas como corpos d’água, nuvens e área urbana, sendo representados pela cor vermelha como indicativo de IAF baixo) até 5 (IAF alto). Ressalta-se ainda que o IAF considerado alto fica acima de 3 e com picos próximos a 5, sendo esses valores englobados na cor azul-escuro (quanto mais azul maior o IAF), (Figura 1).

Figura 1 - IAF do mangue do Pina para análise do conteúdo de biomassa



Observa-se que no ano de 1989, o IAF apresentou redução especialmente em se tratando das áreas onde predomina vegetação de mangue. Barbosa (2010) realizando uma análise estrutural da vegetação e um diagnóstico espaço-temporal no manguezal do Pina – PE, também identificou uma retração da mancha de

mangue no início da década de 90 que ocasionaram desestruturação do ecossistema. Os valores reduzidos do IAF apresentado no ano de 1989, aliado aos resultados do mapeamento das classes avaliadas: se aproximando mais do azul na vegetação densa, semidensa, esparsa/exótica, área urbana e solo exposto, corpos hídricos e/ou nuvens (conforme se diminui o IAF), demonstram que há grandes diferenças nas variáveis morfológicas em áreas naturais quando há degradação. A análise empírica na área revela que a perda de biomassa causada pelos diversos tensores atuantes no bosque de mangue em certos locais, pode acarretar a perda das funções desempenhadas pelo manguezal, dentre essas, a produção de serrapilheira. Logo, o efeito direto da desfolha em áreas degradadas é a redução da área foliar. Dessa maneira, a capacidade de interceptação luminosa é abreviada resultando num decréscimo do aporte de carbono, com a magnitude do efeito dependendo da extensão do tecido removido, do grau de desfolha das plantas vizinhas e da capacidade fotossintética das folhas remanescentes.

Entretanto, houve um aumento das áreas de mangue, especificamente na área mais próximas ao bairro do Pina, no ano de 2011. Isso pode ser explicado pela própria dinâmica de crescimento da vegetação característica de florestas de manguezal, que tende a apresentar maior resiliência em comparação com outros ecossistemas em relação à composição e estrutura do bosque. Esse aumento nem sempre se reflete na mesma proporção, num acréscimo do índice de área foliar, logo, o IAF apresenta-se relacionado à frondosidade do dossel vegetal, pois se leva em consideração, o tamanho, o número e o estágio fenológico da vegetação. Ou seja, uma área pode apresentar aumento da cobertura vegetal, mas, não se refletir numa ampliação proporcional, no que diz respeito à estrutura da vegetação.

Contudo, visualizamos que ao longo do tempo a área do mangue se regenerou em função do alto poder de resiliência da vegetação característica desse ecossistema, refletindo-se na regeneração rápida do mangue na área do Parque dos Manguezais, protegido por uma legislação ambiental mais rígida por ser APP. Nesse sentido o monitoramento da vegetação de mangue através de imagens de satélite apresentou bons resultados e encontra respaldo em outros trabalhos como de Zagaglia et al. (2007) sobre o projeto de Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade de Manguezais em Áreas Protegidas no Brasil, nesse estudo os autores realizaram, através da aplicação de estudos com Sensoriamento Remoto, o mapeamento dos manguezais em alguns mosaicos pré-definidos na ilha de Santa Catarina. O estudo se baseou em imagens de satélite, para subsidiar a quantificação das áreas de manguezais, bem como das porções desses ecossistemas protegidos pelos limites de Unidades de Conservação e Áreas de Proteção.

No trabalho realizado por Melo et al. (2014) nos anos de 1989 a 2011 nota-se que a expansão urbana, nas margens do estuário, deve-se ao crescimento urbano dos bairros centrais do Recife e do bairro do Pina. Barbosa (2010) observou que o bosque de mangue do Pina apresentou uma capacidade de recomposição natural, mesmo após a redução evidenciada no ano de 1991. Além disso, a autora afirma que, apesar do adensamento da vegetação, os mangues submetidos à grande incidência de tensores podem não alcançar o seu máximo desenvolvimento estrutural e que o aumento da recomposição natural dos indivíduos não significa, necessariamente, que estão sob condições adequadas de conservação.

Como pôde ser visto através dos resultados presentes neste trabalho a expansão urbana é um dos principais tensores atuantes na área e influencia diretamente nos valores dos índices observados. Historicamente a ocupação urbana em Recife causou uma grande perda de mangue às margens dos rios e os mais atuais e maiores empreendimentos ocorridos nos últimos anos como o Via Mangue e o Shopping Rio Mar tem potencial para causar perdas talvez irrecuperáveis ao ecossistema manguezal que se refletirá nos próximos anos.

Melo et al. (2014), em seu levantamento sobre o nível de degradação no manguezal do baixo curso do rio Capibaribe, também identificou vários tensores antrópicos atuando no ecossistema manguezal na sua área

de estudo, destacando como principais: expansão urbana, terraplanagem, aterros, corte do mangue, deposição de lixo, despejo de efluentes domésticos/industriais, desvio do curso natural do rio, dentre outros.

Verifica-se que os impactos ambientais como o despejo de esgotos domésticos e industriais ocasionados pelo homem acabam dificultando a sua preservação para que haja um desenvolvimento sustentável com a garantia da qualidade de vida das gerações atuais e futuras, sem a destruição do meio ambiente, com equidade social e crescimento econômico.

Por essa razão, este estudo a partir de dados provenientes de imagens de satélite foi importante por mostrar a evolução da área ao longo de mais de 20 anos de período amostral, evidenciando o alto nível de resiliência do ecossistema manguezal. Diante disso qualquer alteração na dinâmica do mangue poderá ser comparada à situação anterior podendo embasar estudos futuros na área.

4. Conclusão

Observou-se que na década de 80 o IAF apresentou redução, especialmente em áreas onde predomina vegetação de mangue. Entretanto, houve um aumento das áreas de mangue, especificamente na área mais próxima ao bairro do Pina, no ano de 2011.

O aumento da faixa correspondente ao mangue aumentou entre outras razões, pela própria dinâmica de crescimento da vegetação característica de florestas de mangue, que tende a apresentar maior resiliência em comparação com outros ecossistemas.

5. Referências

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

BARBOSA, F. G. **Estrutura e análise espaço temporal da vegetação do manguezal do Pina, Recife-PE: subsídios para manejo, monitoramento e conservação**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco. UFPE. Recife. 91p. 2010.

CLOUGH, B. F. Primary productivity and growth of mangrove forests. In: Robertson, A. I.; Alongi, D. M. (ed.). **Tropical mangrove ecosystems**. Coastal and estuarine studies #41. Washington: **American Geophysical Union**, p.225-250, 1992.

COELHO, P.A; BATISTA-LEITE. L. M. A; SANTOS, M. A. C; TORRES, M. F. A. In: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA, M. F.(Orgs). **Oceanografia um Cenário Tropical**. Bagaço: Recife, 761 p. 2004.

FEITOSA, F. A. N. **Produção primária do fitoplâncton relacionada com parâmetros bióticos e abióticos da Bacia do Pina (Recife – Pernambuco, Brasil)**. 1988. 220 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia), CTG, UFPE, Recife.

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

MELO J. G. S; SILVA, E. R.A. C; FERNANDES, A; TORRES, M. F. A. Mangrove vegetation structure of

the Capibaribe River, Recife - PE: monitoring and conservation. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v.3, n.4, p. 81-91. 2013. ISSN:2237-2202.

NASCIMENTO, F.C.R.; MUNIZ, K.; FEITOSA, F.A.N.; ARAÚJO, J.P.; SILVA, R.M.S.; SILVA, G.S.; Flores Montes, M.J. (2003) – Disponibilidade nutricional da Bacia do Pina e rio Tejiipió (Recife- PE- Brasil) em relação aos nutrientes e biomassa primária (setembro/2000). **Tropical Oceanography** (ISSN: 1679-3013), v.31, n.2, p.149-169, Recife, PE, Brasil.

OLIVEIRA, T. H.; SILVA, J. S.; MACHADO C. C. C.; GALVÍNIO, J. D.; PIMENTEL, R. M. M.; SILVA, B. B. Índice de umidade (NDWI) e análise espaçotemporal do albedo da superfície da bacia hidrográfica do rio Moxotó-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.03, p.55 - 69, 2010. Homepage: www.ufpe.br/rbgfe.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. Instituto Agrônomo de Campinas. **Boletim técnico**, n.114, 1987. 33p.

RECIFE. **Via Mangue**. Secretaria de Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente. Recife: Prefeitura da Cidade do Recife. 2007.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. (Coord). **Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar**. Caribbean Ecological Research: São Paulo, 1995. 64 p.

SILVA, E. R. A. C.; MELO, J. G.; GALVINCIO, J. D. Identificação das Áreas Susceptíveis a Processos de Desertificação no Médio Trecho da Bacia do Ipojuca – PE através do Mapeamento do Estresse Hídrico da Vegetação e da Estimativa do Índice de Aridez. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 3, p. 629-649, 2011.

SILVA, E.R.A.C; GALVÍNIO, J. D.; J. L. B. NETO; MORAIS, Y. C. B. Space-Time Analysis of Environmental Changes and your Reflection on the Development of Phenological of Vegetation of Mangrove. **Journal of Agriculture and Environmental Sciences**. June 2015, v. 4, n. 1, p. 245-253 ISSN: 2334-2404 (Print), 2334-2412 (Online). DOI: 10.15640/jaes.v4n1a30 URL: <http://dx.doi.org/10.15640/jaes.v4n1a30>.

SOARES, M. L. G.. **Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudeste do Brasil - análise de modelos**. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. Vol. 2. 294 p. 1997.

SOBRINHO, M. A. M; ANDRADE, A. C. O desafio da conservação de manguezais em áreas urbanas: identificação e análise de conflitos socioambientais no Manguezal do Pina - Recife - PE – Brasil. **Unimontes Científica**, Montes Claros, v.11, n.1/2 – jan./dez. 2009.

SOBRINHO, M. A. M; ANDRADE, A. C. O desafio da conservação de manguezais em áreas urbanas: identificação e análise de conflitos socioambientais no Manguezal do Pina - Recife - PE – Brasil. **Unimontes Científica**, Montes Claros, v.11, n.1/2 – jan./dez. 2009.

SOUZA, M. M. A; SAMPAIO, E.V.S.B. Variação temporal da estrutura dos bosques de mangue de Suape-

PE após construção do porto. **Acta botânica brasílica**, v. 15, n.1, p. 1- 12, 2001.

VANNUCCI, M. **Os Manguezais e nós: uma síntese de percepções**. 2. ed. rev. e amp. São Paulo: EDUSP, 244 p. 2002.

ZAGAGLIA, C.R.; CARVALHO, E.V.T.; SANTOS, R.N.A. Mapeamento de Manguezais do Brasil: Subsídio ao Projeto GEF Manguê. In: **Anais** do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, 13, 2007. 21-26 p.