

Uso de geotecnologias para o gerenciamento ambiental dos manguezais do sistema estuarino de Itamaracá-PE

Ana Regina Lima Uchôa de Moura¹
Ana Lúcia Bezerra Candeias²

¹ Universidade de Pernambuco – UPE/POLI
Departamento de Engenharia Civil – 50750-470 - Recife - PE, Brasil
aruchoa@gmail.com

² Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Departamento de Engenharia Cartográfica – 50740-530 - Recife- PE, Brasil
analucia@ufpe.br

Abstract. Despite being under legal protection, the quantity of Brazilian mangroves has been gradually reduced, because of deforestation, urban expansion, and aquaculture activities. Control and law enforcement in mangrove areas require continuous monitoring, which is difficult to accomplish from ground and/or water based surveys. In this study, geotechnology techniques were used to analyze the distribution of mangroves along the Itamaracá estuarine system in Northeastern Brazil, beyond identifying changes in vegetation from 1974 to 2001. The approach used to estimate changes in the area occupied by mangroves was based in the supervised classification method in multispectral and multi-temporal SPOT/HRV and Landsat7/ETM+ data. Orthophotomaps, superficial hydric resources mapping, and field data were used as complementary data sources. Regions of preserved mangrove forest (4118 ha), salt flats (398 ha), mud flats (455 ha), and shrimp farms (484 ha) were computed from ETM+ data (2001) in Itamaracá, Goiana, Itapissuma, and Igarassu cities. Temporal analysis was carried out in 64% of the global study area for the years 1974, 1996, and 2001. Based on GIS analysis over the 27 years (1974-2001), the area of the mangrove forest was found to have decreased by 11.1%. The annual rate of mangrove deforestation was 0.4% (1974-1996) and 0.3% (1996-2001). Areas occupied by shrimp farms expanded by 331% between 1996 and 2001. Application of remote sensing and GIS proved to be efficient to detect changes of mangrove areas and provide relevant information to guide decisions and propose actions concerning sustainable development of coastal activities in the Itamaracá estuarine system.

Palavras-chave: remote sensing, GIS, mangroves, shrimp farm, Itamaracá, sensoriamento remoto, SIG, manguezais, fazenda de camarão, Itamaracá.

1. Introdução

A zona costeira do Estado de Pernambuco apresenta uma densidade demográfica de 971 hab km⁻², o que corresponde ao segmento de maior concentração populacional da costa brasileira (Marroni e Asmus, 2005). Nesta área, as atividades que dão suporte à economia local, vêm causando impactos negativos sobre importantes ecossistemas costeiros. Apesar da relevância sócio-econômica, como fonte de alimento e de renda para a população de sua cercania através da pesca artesanal, os manguezais de Itamaracá têm sido constantemente ameaçados, dentre outros fatores, pelo desmatamento, para dar espaço à expansão urbana e à atividade econômica de aquíicultura (CPRH, 2001).

Por outro lado, essas áreas assumem maior relevo, na medida em que os ecossistemas costeiros como o manguezal, a mata atlântica e o *apicum* ou salgado, são inseridos como áreas de Preservação Permanente no Código Florestal Brasileiro - Lei Federal nº 4.771/65 (BRASIL, 1965). Essa abordagem tem sido foco de diversos estudos (Schaeffer-Novelli, 1999; Siqueira Filho, 1998; Machado, 1991; Maciel, 1991). Tratados internacionais também fazem referência ao assunto, tal como o estabelecido na Convenção Ramsar, em 1971 (Ramsar Convention, 2007), onde foram propostos a conservação das zonas úmidas e o uso sustentável de seus recursos naturais.

A degradação do ecossistema manguezal traz implicações em termos econômicos, sociais e ambientais, que justificam a implantação de ações de planejamento e gestão integrada, as quais ficam prejudicadas devido à ausência de dados e a limitação financeira para aquisição de informações periódicas. Além disso, o controle e a fiscalização dessas áreas exigem um acompanhamento contínuo que, em grande parte, não é possível concretizar por meio terrestre ou mesmo pelo uso de embarcações, em virtude da dificuldade de acesso. Essa característica dificulta o controle pelos gestores ambientais. Por essa razão, faz-se necessário a utilização de geotecnologias para que viabilizem, em termos operacionais e de custo acessível, a extração de informações georreferenciadas e, assim, a manutenção de programas de monitoramento.

Esse estudo utiliza o sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG) para identificar e analisar espacialmente a distribuição dos manguezais no sistema estuarino de Itamaracá, bem assim detectar suas mudanças ocorridas no período entre 1974 e 2001. Nesse contexto, busca verificar ainda, como as modificações na cobertura vegetal interferem nos processos de erosão e de deposição de sedimentos no Canal de Santa Cruz (CSC) e, também, auxiliar no gerenciamento dos recursos naturais da zona costeira de Itamaracá.

O método usado nessa pesquisa difere dos demais por fornecer informações sobre as feições que compõem o ecossistema manguezal (floresta de mangue, *apicum* e lavado), bem como possibilitar o seu reconhecimento em imagens orbitais e a partir de amostras obtidas *in situ*. Análises, científica e legal, foram realizadas para diferenciar esses componentes e identificá-los em imagens dos satélites Landsat7/ETM+ (2001) e SPOT/HRV (1996) e, em ortofotocartas (1974) geradas a partir de restituição fotogramétrica.

2. Análises científica e legal das feições que compõem o manguezal

Estudos científicos demonstram que os manguezais são compostos por: vegetação (floresta de mangue), lavado (zona submersa em todas as preamares) e *apicum* ou salgado (zona mais elevada de solo geralmente arenoso, que ocorre na interface médio/supra litoral) (Figura 1). Entre esses elementos há uma íntima relação em termos geológicos, geomorfológicos, físicos, químicos e biológicos (Maciel, 1991) e, portanto, podem ser considerados pertencentes ao mesmo sistema (Bigarella, 1947; Schaeffer-Novelli, 1999).

Experimentos com amostras de sedimentos em área de *apicum* detectaram em suas camadas inferiores, restos de material botânico e conchas de ostras, denotando claramente a sua origem a partir de um bosque de mangue assoreado naturalmente. Além disso, durante o período de estiagem, foram observados elevados valores de salinidade intersticial, matéria

orgânica e nutrientes, quando comparado ao período chuvoso, enquanto que no manguezal se manteve sem muita variação. Isso se deve ao fato de que o sal do apicum, a matéria orgânica e os nutrientes são carreados pela água da chuva em direção ao mangue, contribuindo para que o ecossistema permaneça ecologicamente estável, no período chuvoso (Nascimento, 1993).



Figura 1 – Feições do ecossistema manguezal: floresta de mangue, *apicum* e lavado.

De acordo com a legislação brasileira, art. 2º da Lei Federal nº 4.771/65, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues, são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP) pelo só efeito da Lei (BRASIL, 1965). Todavia, esse tratamento se restringe apenas à vegetação. Num segundo momento, verifica-se em alguns documentos legais (CONAMA nº004, 1985; CONAMA nº303, 2002), o surgimento de definições que consideraram o manguezal em toda sua extensão e que levam ao entendimento de que as áreas de *apicum* e a vegetação de manguezal fazem parte do mesmo ecossistema.

Entretanto, de um modo geral, a definição legal imprecisa em relação às feições do ecossistema manguezal, vem possibilitando aos órgãos de gerenciamento, no Estado de Pernambuco, a adoção de medidas que deixam de considerar a área de *apicum* como feição do manguezal. Por essa razão, vige em Pernambuco a Resolução nº 02, CONSEMA (2002), a qual autoriza a ocupação de parte dessas áreas (30%) por fazendas de camarão, indo de encontro à resolução que proíbe, expressamente, essa atividade em áreas de manguezais (CONAMA nº 312, 2002).

Neste estudo, as áreas de floresta de mangue, *apicum* e lavado são considerados feições do ecossistema manguezal, tomando como base estudos científicos e a Lei Federal nº 4.771/1965.

3. Material e Métodos

3.1 Área de Estudo

O sistema estuarino de Itamaracá está situado entre as coordenadas 7° 35' 41.76'' e 7° 51' 16.69'' de latitude Sul e 34° 56' 21.75'' e 34° 48' 16.45'' de longitude Oeste. Essa região inclui o município de Itamaracá e parcialmente os municípios de Igarassu, Itapissuma e Goiana (Figura 2a). Recebe a drenagem dos rios Catuama, Itapessoca, Arataca, Botafogo, Congo, Igarassu e Paripe, via Canal de Santa Cruz, o qual está conectado ao Oceano Atlântico através da Barra de Catuama, ao Norte e da Barra Orange, ao sul. O sistema estuarino do rio Jaguaribe é independente da rede hidrográfica acima citada, pois sua nascente encontra-se na ilha de Itamaracá, desaguando diretamente no Oceano Atlântico.

As espécies de manguezais dominantes no sistema de Itamaracá são *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), *Laguncularia racemosa* (mangue branco) e *Avicennia shaueriana* (mangue preto) (Kempf, 1970). São observadas na área de estudo algumas ocorrências de vegetação associada ao manguezal da espécie *Conocarpus erectus* - mangue de botão (Silva, 1995). A economia local é baseada, principalmente, nas atividades de turismo, pesca artesanal, indústria, agricultura e aqüicultura.

3.2 Dados e Processamento

Os dados utilizados foram: (1) ortofotocartas de 1974 (escala 1:10.000, UTM: Córrego Alegre, zona 25, sul); (2) mapeamento dos recursos hídricos superficiais da Região Metropolitana do Recife, realizado a partir de fotografias aéreas de 1974 (escala 1:10.000, UTM: Córrego Alegre, zona 25, sul); (3) imagens multiespectrais (20m) e pancromática (10 m), de 22/agosto/1996 do *Satellite Pour l'Observation de la Terre / High-Resolution Visible* (SPOT/HRV) e (4) imagens multiespectrais (30 m) e pancromática (15 m) do satélite *Landsat7/Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+), datada de 4/agosto/2001.

Foram realizados levantamentos por meio terrestre e por sobrevôo, que auxiliaram na escolha das áreas de treinamento utilizadas no processo de classificação supervisionada das imagens de satélite. Os dados de diferentes fontes foram compatibilizados para o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS).

Para a detecção dos manguezais, foi utilizada a classificação das imagens baseada na investigação das características radiométricas do *pixel* (análise multiespectral). As imagens pancromáticas e multiespectrais dos satélites Landsat7/ETM+ e SPOT/HRV foram fusionadas, o que permitiu integrar imagens de diferentes resoluções espaciais. Para solucionar o problema das diferentes resoluções espaciais das imagens ETM+ (15 m) e HRV (10 m), os resultados relativos à análise espaço-temporal foram apresentados em percentagens de áreas classificadas, com relação à área total considerada para a análise. Outra maneira seria a reamostragem da imagem SPOT/HRV para 15 metros.

As classes definidas como legenda no processo de classificação supervisionada foram: floresta de mangue, lavado, corpo d'água e outros tipos de uso e ocupação. Os critérios que levaram a propor apenas quatro classes foram baseados no interesse em mapear o manguezal e identificar suas mudanças. Isso levou à escolha de classes espectralmente distintas, o que facilita o processo de classificação e reduz a necessidade de validação dos mapeamentos com datas passadas, utilizados neste estudo. Tal procedimento é verificado na metodologia adotada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), através do programa PRODES (Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia), que não foi validado no campo, pois é muito simples discriminar floresta de não-floresta (Câmara *et al.*, 2006).

O desempenho da classificação foi avaliado pela matriz de erro da classificação (Lillesand e Kiefer, 1994). A exatidão global da classificação foi calculada pela expressão:

$$\text{exatidão global} = \sum_{i=1}^c x_{ii} / n \quad (1)$$

Onde: c é o número de categorias ou classes, n a quantidade total de pixels amostrados e x_{ii} é o número de *pixel* classificado corretamente para cada categoria. O estimador Kappa \hat{k} , que incorpora os elementos não diagonais da matriz, foi usado como indicador para avaliar a matriz de erro da classificação, podendo alcançar valores entre 0-1 (Ponzoni e Almeida, 1996). Quanto mais próximo de 1, melhor a classificação. Pode ser calculada por:

$$\hat{k} = N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i}) / N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i}) \quad (2)$$

Onde: $N \sum_{i=1}^r x_{ii}$ = exatidão real; $\sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})$ = acerto por puro acaso; r = o número de linhas na matriz de erro; x_{ii} = número de observações na linha i e coluna i ; x_{i+} = total de observações na linha i ; x_{+i} = total de observações na coluna i ; e N = total de número de observações incluídas na matriz.

A floresta de mangue referente ao ano de 1974 foi extraída do Mapeamento dos Recursos Hídricos de Superfície da Região Metropolitana do Recife (1974). As ortofotocartas (1974) foram utilizadas para ajustar as informações obtidas no mapeamento supracitado. As

categorias *apicum* e fazenda de camarão foram interpretadas e digitalizadas das imagens HRV e ETM+ e das Ortofotocartas e inseridas ao mapa temático.

Os dados espaciais obtidos de diversas fontes foram modelados e integrados à uma única base de dados, seguindo o modelo para estruturação de Base de Dados proposto por Sá (2001). A análise temporal foi realizada considerando os anos de 1974, 1996, e 2001, em 64% da área de estudo, indicada na Figura 2b. A redução da área ocorreu em virtude da ausência de ortofotocartas ao norte do Sistema Estuarino de Itamaracá. Essa região está situada entre as coordenadas 7° 40' 34.48'' a 7° 51' 16.36'', de latitude Sul e 34° 56' 24'' a 34°48'50.01'', de longitude Oeste.

4. Resultados e Discussão

Os registros das imagens SPOT/HRV e Landsat/ETM+ apresentaram erro médio residual (RMS) inferior a 0,5 *pixel*. A imagem ETM+ (4R, 5G, 7B) destacou bem a vegetação de mangue, pois na região do infravermelho próximo, a reflectância e a transmitância das folhas aumentam rapidamente atingindo valores máximos. Na região do infravermelho de ondas curtas, o que predomina na reflectância é a absorção devida à água líquida (Ponzoni, 2001). Como a imagem HRV (3R, 2G, 1B) não possui a banda do infravermelho de ondas curtas, o resultado da imagem falsa cor não forneceu a mesma qualidade visual da ETM+. Pois, as bandas do verde e vermelho apresentam baixa reflectância e transmitância, devido à elevada absorção causada pelo fenômeno da fotossíntese.

A classificação obteve uma exatidão global de 98,56% (ETM+) e 97,38% (HRV), além de baixos erros de omissão e comissão para ambas as imagens. Conseqüentemente, o elevado valor do coeficiente Kappa, 97% (ETM+) e 95% (SPOT), próximo a 1, é atribuído ao número restrito de categorias, espectralmente distintas, que foram propostas para a legenda e se apresentaram representativas no processo de classificação. No caso em que seja necessário aumentar do número de classes, os erros gerados no processo de classificação também irão aumentar, devido à semelhança espectral entre as classes.

A distribuição Espacial dos Manguezais para o ano de 2001 (Figura 2a) mostrou que as florestas de mangue do sistema de Itamaracá (incluindo os estuários do CSC e do rio Jaguaribe) totalizaram 4.118 ha. As áreas cobertas pelo ecossistema manguezal totalizaram 4.516 ha, quando já incluídas as áreas de *apicum* (398 ha), referentes ao mesmo período. A análise espacial realizada em ambiente SIG produziu novas informações, ao integrar os dados gráficos da distribuição dos manguezais e de limite municipal, para gerar a distribuição espacial das categorias analisadas por município.

Os manguezais existentes nos municípios de Itamaracá, Goiana, Itapissuma e Igarassu (Tabela 1) representam 10,5% do total da área delimitada para este estudo (Figura 2a). As áreas de florestas de mangue e de *apicum* distribuídas em todo o sistema estuarino do Canal de Santa Cruz, atingiram 4.036 ha e 391 ha, respectivamente. No estuário do rio Jaguaribe, foram computados 81 ha de floresta de mangue e 6 ha de área de *apicum*. Com base no resultado da classificação, em 2001, havia 484 ha de fazendas de camarão na área de estudo.

Tabela 1. Áreas dos manguezais e fazendas de camarão nos municípios de Itamaracá, Goiana, Itapissuma e Igarassu (2001).

MUNICÍPIO	FLORESTA DE MANGUE (ha)	APICUM (ha)	LAVADO (ha)	FAZENDA DE CAMARÃO (ha)
ITAMARACÁ	715	33	80	89
GOIANA	1983	262	276	71
ITAPISSUMA	976	50	69	321
IGARASSU	444	53	30	3

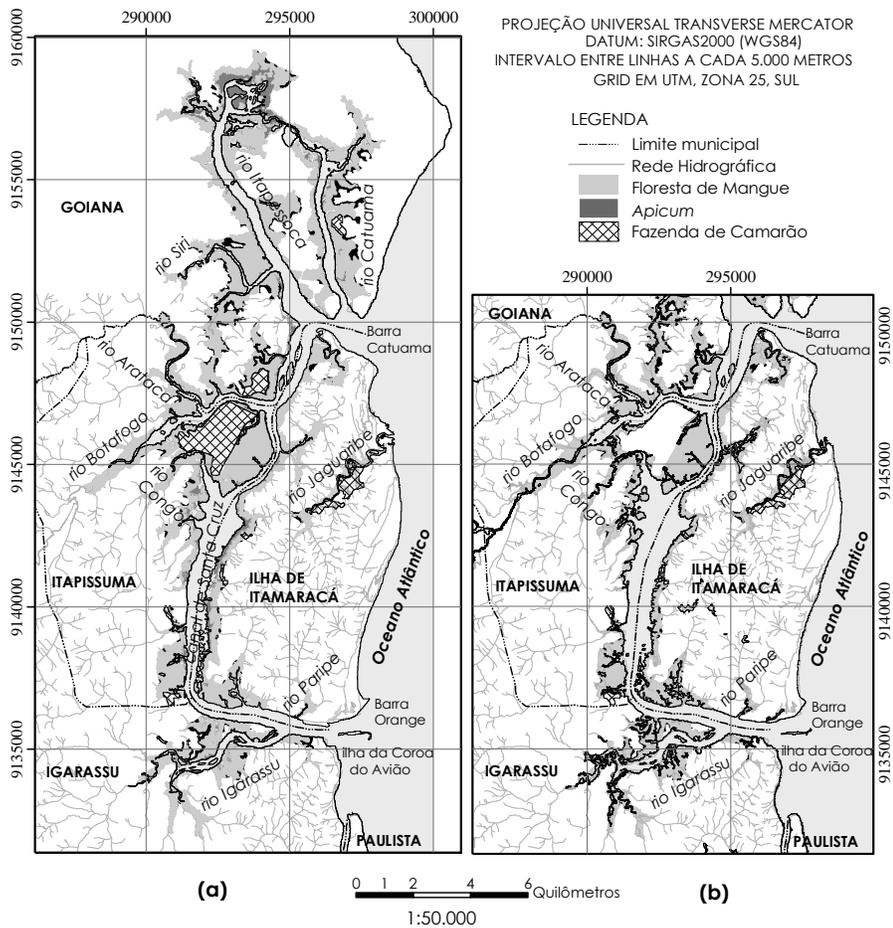


Figura 2 – Mapas temáticos da distribuição espacial dos manguezais do sistema estuarino de Itamaracá: (a) Landsat7/ETM+ (2001); (b) SPOT/HRV (1996). (Fonte: Moura, 2009).

A Tabela 2 apresenta dados populacionais e das áreas ocupadas por floresta de mangue e fazenda de camarão. De acordo com estudos desenvolvidos pela CPRH (2001), a maior parte da remoção de floresta de mangue ocorreu em virtude da expansão urbana, entre os anos de 1974 a 1996. No período entre 1996 a 2001, os resultados da análise espaço-temporal revelaram que o desflorestamento ocorreu principalmente para dar espaço à instalação de fazenda de camarão.

Tabela 2. Evolução da população e ocupação de floresta de mangue fazenda de camarão (1974, 1996 e 2001).

	1974	1996	2001
POPULAÇÃO* (habitantes)	113.784	172.001	189.427
FLORESTA DE MANGUE (%)	10,6%	9,6%	9,4%
FAZENDA DE CAMARÃO (%)	0,3%	0,4%	1,7%

*Fonte: IBGE, 2009

O aumento da atividade de carcinicultura entre 1996 e 2001, motivada por benefício econômico, atingiu em torno de 331%. Esta atividade contribuiu para a supressão dos manguezais e foi precisamente computada a partir do sensoriamento remoto e SIG.

A distribuição espacial da floresta de mangue entre 1974 e 2001 comprovou o desflorestamento e, conseqüentemente, a geração de impactos negativos, que possivelmente interferiram na distribuição de sedimentos no CSC. Pois, com a destruição dos manguezais, deixa de existir a proteção natural das margens do CSC quanto à erosão do solo. Como

conseqüência, tem-se o carreamento, pelas águas da chuva, dos sedimentos mais finos para as áreas adjacentes do CSC.

Os estudos de Lira (1975) e Silva (2004; 2008) corroboraram os resultados obtidos até o momento, onde foi comprovado que, após um período aproximado de 29 anos, ocorreram mudanças no padrão de textura, onde os sedimentos de fundo no CSC apresentaram-se mais finos. Silva (2004; 2008) atribui essas alterações à devastação dos manguezais para implantação de fazendas de camarão. Outro fator que contribuiu para o desmatamento está relacionado à retirada de areia, das áreas que margeiam o canal, para uso na construção civil.

Baseado nos resultados obtidos e nos estudos analisados verifica-se que o CSC sofreu o processo de assoreamento, decorrente da destruição dos manguezais e que, provavelmente, tenha refletido na hidrodinâmica do CSC. Pois, em locais onde, anteriormente, foram encontrados sedimentos de fundo mais grossos, hoje, estão presentes sedimentos de fundo mais finos (lamosos), relacionados a uma hidrodinâmica de menor energia, que é uma condição para que haja a deposição de sedimentos em suspensão.

5. Conclusão

A importância do ecossistema manguezal é legalmente reconhecida no Brasil, uma vez que são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP), protegidas por leis federais e estaduais. No entanto, observa-se no sistema estuarino de Itamaracá que as dificuldades de acesso a esse ambiente e as terminologias imprecisas constantes nas leis que protegem e regulam a sua utilização, causam conflitos de gestão e dificultam o monitoramento. Essas questões influíram diretamente na perda de 11,1% da vegetação de mangue, num período de 27 anos (1974-2001). Nesse estudo, a atividade econômica de carcinicultura é apontada como um dos vetores responsáveis pelo desmatamento dos manguezais, especialmente no período compreendido entre 1996 e 2001. Os resultados demonstraram que as modificações na cobertura vegetal interferiram nos processos de erosão e deposição, proporcionando alteração do padrão sedimentar no Canal de Santa Cruz.

O método proposto neste estudo se mostrou eficiente para mapear os componentes do manguezal e quantificar as alterações em sua vegetação. Além disso, mostrou-se adequado para monitorar conformidades com os acordos ambientais internacionais, tais como as estabelecidas na Convenção Ramsar, em 1971, e gerar informações que possam ser utilizadas para a tomada de decisões no gerenciamento das zonas costeiras e dos manguezais.

Agradecimentos

Este estudo é parte da tese de doutorado de A.R.L.U. Moura e teve apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (480697/2004-3).

Referências

- BIGARELLA, J. J. Contribuição ao estudo de planície litorânea do Estado do Paraná. B. Geog., v. 55, p. 747-779, 1947.
- BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L4771.htm>>. Acesso em: 11 jun. 2009.
- CÂMARA, G.; VALERIANO, D. de M. e SOARES, J. V. Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal. São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia.pdf>>. Acesso em 01 mai. 2009.
- CPRH. Diagnóstico socioambiental do litoral norte de Pernambuco. Recife: Agência Pernambucana de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2001.
- KEMPF, M. Nota preliminar sobre fundos costeiros da região de Itamaracá (Norte do estado de Pernambuco). Trab Oceanogr. Univ. Fed. Pe., Recife, 9/11, p. 95-110. 1970.

- LILLESAND, T.M. e KIEFER, R.W. Remote sensing and image interpretation. 3 ed. New York: John Wiley, 1994. 750p.
- LIRA, L. Geologia do Canal de Santa Cruz e praia submarina adjacente a ilha de Itamaracá-PE. Dissertação (Mestrado). 1975. 107p. Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1975.
- MACHADO, P. A. L. Manguezais e dunas: proteção legal. In: Agência Pernambucana de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. CPRH. Alternativas de uso e proteção dos manguezais do nordeste. Recife, 46-48. (Publicações Técnicas, 3). 1991.
- MACIEL, N.C. Alguns aspectos da ecologia do manguezal. In: Agência Pernambucana de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. CPRH. Alternativas de uso e proteção dos manguezais do nordeste. Recife, 9-37. (Publicações Técnicas, 3). 1991.
- MARRONI, E.V. e ASMUS, M. L. Gerenciamento costeiro: uma proposta para o fortalecimento comunitário na gestão ambiental. Pelotas: USEB. 2005. 149p.
- MOURA, A. R. L. U. Processos dinâmicos e evolutivos da zona costeira de Itamaracá por sensoriamento remoto e medidas *in situ*. 2009. 118 p. Tese (Doutorado em Oceanografia Física) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.
- NASCIMENTO, S. A. Estudo da importância do apicum para o ecossistema manguezal. Relatório técnico. Sergipe: Governo do Estado do Sergipe, 1993. 30 p.
- PONZONI, F. J. Comportamento espectral da Vegetação. In: MENESES, P. R.; NETTO, J. S. M. (Orgs.). **Sensoriamento remoto – reflectância dos alvos naturais**. Editora Universidade de Brasília – UnB. Embrapa Cerrados. 2001.
- PONZONI, F. J. e ALMEIDA, E. S. A estimativa do parâmetro kappa (K) da análise multivariada discreta no contexto de um SIG. In: VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 729-733. 1996.
- RAMSAR CONVENTION., 1971. Disponível em: <<http://www.ramsar.org>>. Acesso em: 18 set. 2007.
- SÁ, L. A. C. M. de. Modelagem de dados espaciais para sistemas de informações geográficas – pesquisa na emergência médica. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2001. 87p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezal: Ecossistema entre a terra e o mar. 1ª Ed. Caribbean Ecological Research, São Paulo. 1995. 64 p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Avaliação e ações prioritárias para a conservação de biodiversidade da zona costeira e marinha: grupo de ecossistemas, manguezal, marisma e apicum. Relatório de consultoria. São Paulo, 1999. 64 p.
- SILVA, L. A. Sedimentologia do Canal de Santa Cruz – ilha de Itamaracá-PE. 2004. 97 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2004.
- SILVA, L. A. Estudo Sedimentológico, Morfológico e Hidrodinâmica do Canal de Santa Cruz – PE. 2008. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2008.
- SILVA, J.D.V. Parâmetros oceanográficos e distribuição das espécies e bosques de mangue do estuário do rio Paripe-PE. 1995. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 1995.
- SIQUEIRA FILHO, E. W. Mangues: importância e proteção jurídica. In: FREITAS, V. P. et al. **Direito ambiental em evolução**. Curitiba: Juruá, 390 p., 49-73. 1998.