

Análise multi-temporal da cobertura vegetal do tipo manguezal da APA de Guapimirim (RJ) através do processamento de imagens TM-LANDSAT.

Luiz Eduardo de Souza Moraes
Douglas Francisco Marcolino Gherardi
Leila Maria Garcia Fonseca

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{lemoraes, douglas}@dsr.inpe.br; leila@dpi.inpe.br

Abstract. Most of the mangrove areas from Rio de Janeiro coast were severely depleted through the twentieth century. Guapimirim Environmental Protected Area is the last representative mangrove part from the eastern edge of Guanabara bay. A multitemporal analysis of this fragment of mangrove forest was performed using bands 3, 4 and 5 from two TM/LANDSAT5 images from 1996 and 2007. Pre-processing techniques for georeferencing and atmospheric correction were employed, along with digital processing protocols and Boolean operations. Image segmentation and classification yielded two thematic maps with three different classes of mangrove cover: dense mangrove, dense flooded mangrove and sparse mangrove. Both maps were compared through boolean operations, and the resulting classes were employed in a change/non-change thematic map. Finally, the respective areas in km² of all mangrove classes were calculated, as well as the increase or decrease of each mangrove class for the 11 year gap. Several small sparse vegetation areas that were observed in the thematic map of 1996, were not present in the 2007 map. This result was corroborated by a comparison between area sizes on both dates, which also pointed to an increase of dense mangrove (4,2km², including dense and dense flooded areas), and a reduction of sparse mangrove areas (-3,8km²).

Palavras-chave: mangrove, image classification, Guapimirim, manguezal, classificação de imagens, Guapimirim.

1. Introdução

Manguezais são ecossistemas de transição entre ambientes marinhos e terrestres típicos de ambientes tropicais e subtropicais (30°N - 30°S), localizados na zona inter-marés e sujeitos às inundações periódicas decorrentes do regime de marés (Schaefer-Noveli, 1995). Ocupam ambientes de baixo hidrodinamismo, como estuários e fundos de baías, e são caracterizados por vazas recentes de sedimentos lodosos e arenosos. São colonizados por espécies vegetais adaptadas aos processos periódicos de submersão e exposição, tolerantes à salinidade e as condições anaeróbias do sedimento (Guimarães, 2007).

Vários autores ressaltam a importância dos ecossistemas do tipo manguezal sob os pontos de vista ecológico e econômico (Green et al 1998; Vaiphasa et al 2006; Barbier & Sathiratai 2004). Manguezais são ambientes altamente produtivos (Kathiresan e Bingham 2001) e grandes fornecedores de matéria orgânica para os ambientes marinhos adjacentes. Também apresentam grande diversidade de habitats, sendo áreas de berçário para diversas espécies marinhas, límnicas e terrestres (Robertson e Duke, 1987; Coelho-Junior, 2000). Constituem zonas de amortecimento contra processos erosivos e tempestades, e reguladores de vazão e filtro de sedimentos, reduzindo processos de assoreamento em canais de navegação. Funcionam ainda como áreas de absorção e imobilização de poluentes, auxiliando na manutenção da qualidade de água (Vaiphasa et al 2006). Sob as óticas econômica e social, constituem áreas propícias às atividades recreativas e à pesca, fornecendo condições de subsistência para diversas comunidades humanas tradicionais (Coelho-Junior 2000). Estes ecossistemas encontram-se sob forte ameaça em escala mundial (Vaiphasa et al 2006), em decorrência de processos antrópicos diversos como a poluição e degradação de sistemas fluviais, a expansão urbana, agrícola e de empreendimentos de aquicultura (Barbier e Sathiratai, 2004; Guimarães, 2007).

O uso de ferramentas de sensoriamento remoto é, desde os anos 90, bastante difundido em estudos de mapeamento para inventário de recursos e análise da dinâmica de manguezais (Green et al 1998; Vaiphasa et al 2006; Giri et al 2007), incluindo estimativas de biomassa vegetal (Proisy et al, 2007). A cobertura em grandes escalas espaciais e temporais viabiliza a percepção de processos outrora detectáveis apenas através de difíceis e dispendiosos levantamentos de campo, permitindo maior dinamismo no gerenciamento destes ecossistemas e dos recursos naturais associados.

Este trabalho tem como objetivo principal uma análise da variação da cobertura vegetal do manguezal da APA de Guapimirim no período compreendido entre 1996 e 2007, detectando-se as mudanças ocorridas em um intervalo de 11 anos através da análise e extração de informações de duas imagens TM LANDSAT. Mais especificamente, objetivou-se avaliar, de forma quali-quantitativa, se houve recuperação ou redução da cobertura vegetal típica de mangue após o intervalo de tempo supracitado, identificando-se as áreas de mangue denso e esparsas preservadas, bem como as áreas de acréscimo e perda de cobertura vegetal, e calculando-se suas respectivas áreas, em km quadrados.

1.1 Área de estudo

A área de estudo consiste no último trecho representativo de manguezais do Recôncavo da Baía da Guanabara (22°38'S a 22°48'S; 42°58'W a 43°05'W), atualmente restrito a região compreendida pela Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim, criada pelo decreto 90225, em 25/09/1984 (Reis et al. 1997). O Manguezal de Guapimirim é classificado como do tipo ribeirinho, formado por aluviões ao longo dos rios Guaraí, Caceribu (antigo Macacu), Guapi e Guaxindiba (Araújo e Maciel, 1979). Na década de 80, ocupava uma área de aproximadamente 65km², englobando a região costeira dos municípios de São Gonçalo, Guapimirim, Itaboraí e Magé (Pires, 1986).

A vegetação de manguezal da região é composta por apenas 3 espécies arbóreas e arbustivas (*Laguncularia racemosa*, *Avicenia schaueriana* e *Rizophora mangle*), além de uma gramínea (*Spartina alterniflora*). Duas espécies invasoras são encontradas em áreas desmatadas (*Hibiscus pernambucensis* e *Achrostichum aurenem*) (Araújo e Maciel, 1979). Araújo e Maciel (1979) e Reis (1986) não observaram um padrão de zonação de espécies, ou grupos vegetais em decorrência do processo constante de derrubada de espécies lenhosas. O manguezal de Guapimirim sofreu diversas formas de agressão pelo homem ao longo do século XX, incluindo obras governamentais de “saneamento”, que impuseram variações bruscas de curso e vazão nos rios que drenam a região (Pires, 1986). A alta carga de poluição orgânica oriunda de esgotos domésticos e industriais, e o lixo carreado são ameaças registradas por Betencourt (1981). Segundo Botelho (2003), a despeito do vazamento acidental ocorrido em 2000, a região não demonstrou sinais de contaminação por óleo. A despeito da pequena atividade rural observada por Pires (1986), os resultados de classificação de uso do solo apresentados em Reis et al. (1997) já mostravam significativa presença de cultura de arroz e alguma atividade de horticultura na região.

2. Metodologia de Trabalho

Inicialmente foram adquiridas duas imagens TM LANDSAT 5, órbita 207/76, correspondentes as datas de 02/07/1996 e 15/06/2007, selecionadas com base na cobertura mínima possível de nuvens e nitidez da cena. Dados auxiliares como os limites da APA de Guapimirim e os limites municipais em formato *shapefile* foram obtidos nos sítios do IBGE (http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#TERRIT) e IBAMA (<http://www.ibama.gov.br/siucweb/unidades/limites.php>).

A primeira etapa de processamento foi o recorte da cena, seguido de registro e correção atmosférica. O registro das Bandas 3, 4 e 5 nas duas datas foi realizado usando um conjunto

através de edição matricial nas três classes de interesse, baseada na interpretação visual da imagem e do resultado da classificação.

Os mapeamentos temáticos de mangue denso, mangue denso alagado e mangue esparso de cada imagem foram comparados através de cruzamento booleano, gerando um mapa temático de diferenças. Nesta etapa, a categoria mangue esparso foi preservada, enquanto as categorias mangue denso e mangue denso alagado foram reunidas em uma única classe temática, equivalente a mangue denso. Na representação das áreas de acréscimo ou diferença relativo a cada data, a classificação diferenciada das áreas de mangue denso e mangue denso alagado foi preservada.

Finalmente, as áreas correspondentes a mangue denso preservado, mangue denso (mangue denso + mangue denso alagado) e mangue esparso foram calculadas para determinar as áreas de acréscimo e redução.

3. Resultados e Discussão

A Figura 2 apresenta os mapas temáticos resultantes das classificações supervisionadas aplicadas às duas imagens (a e b). Os desempenhos médios das classificações foram de 95,8% e 87,4%, para as imagens de 1996 e 2007 respectivamente. O mapa temático de 1996 apresentou várias áreas pequenas de mangue esparso, distribuídas irregularmente, nas porções mais internas do continente localizadas entre os rios Guapi e Guaraí, Guaraí-Mirim e Guaraí, Guaraí e Caceribu, e a sul do rio Caceribu. Grande parte destas áreas foi classificada como áreas de vegetação densa de mangue em 2007.

De modo geral, os resultados da classificação da imagem de 1996 foram bastante similares aos obtidos por Reis et al (1998), utilizando uma imagem de junho de 1994 e levantamentos de campo. As áreas classificadas pelo autor como manguezal preservado, recuperado ou em recuperação, foram classificadas predominantemente como mangue saudável neste trabalho, enquanto que áreas classificadas como mangue alterado (por espécies invasoras, desmatamento, ou predomínio de gramíneas, segundo o mesmo autor) corresponderam, em grande parte, às áreas de mangue esparso identificadas neste trabalho. Uma exceção pode ser destacada no caso das áreas alagadas detectadas ao sul do rio Guaxindiba, as quais foram classificadas pelo referido autor como mangue alterado.

O mapa de diferenças, apresentado na Figura 3, mostra que as áreas de mudança corresponderam, em grande parte, às áreas de mangue esparso detectadas em 1996 que se apresentaram mais densas em 2007. Regiões de mangue denso alagado, observadas apenas em 2007, localizaram-se principalmente ao longo da porção mais interna do curso do rio Guaraí, e a norte do rio Caceribu. Os cordões de mangue denso, localizados ao longo das margens dos rios principais, provavelmente são decorrentes das diferenças no nível da maré durante a aquisição das imagens. Essa diferença é corroborada pela maior proporção de áreas alagadas observadas na imagem de 1996. Uma expansão das áreas de mangue esparso pode ser observada em 2007, nas bordas a norte e em direção ao interior do continente. As maiores áreas de decréscimo desta classe (Mangue Esparso 1996) são observadas também nas porções internas do continente, a leste do paralelo 43°W, entre os rios Guapi e Guaraí, a norte do rio Guapi, e na porção a sul, incluindo áreas interiores e exteriores aos limites da APA. De modo geral, estas áreas localizaram-se sempre próximas as áreas de mangue esparso preservadas no período analisado (Mangue Esparso 1996 a 2007).

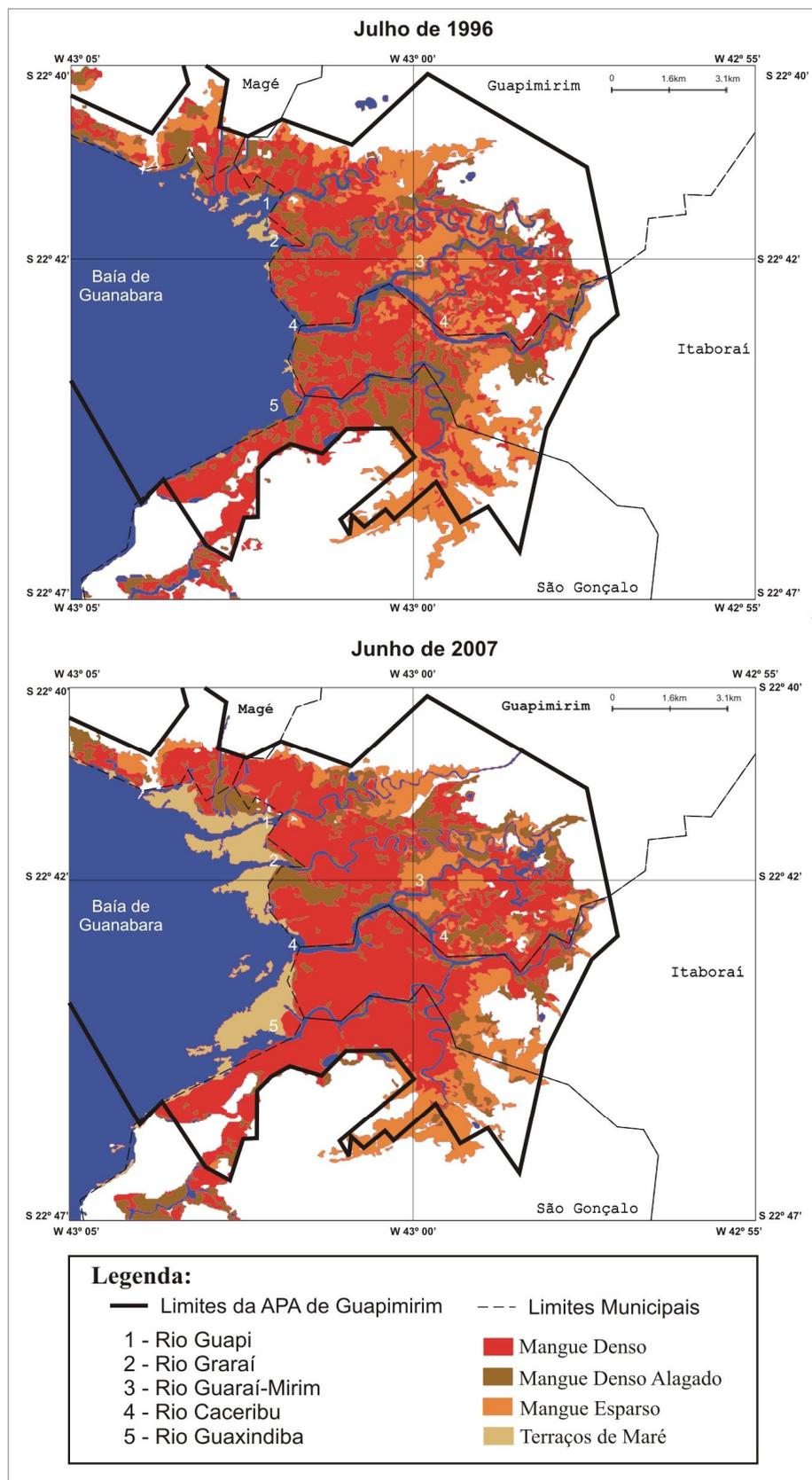


Figura 2 – Mapas temáticos da cobertura vegetal do tipo mangue da APA de Guapimirim resultantes das classificações das imagens TM-LANDSAT de julho de 1996 e junho de 2007.

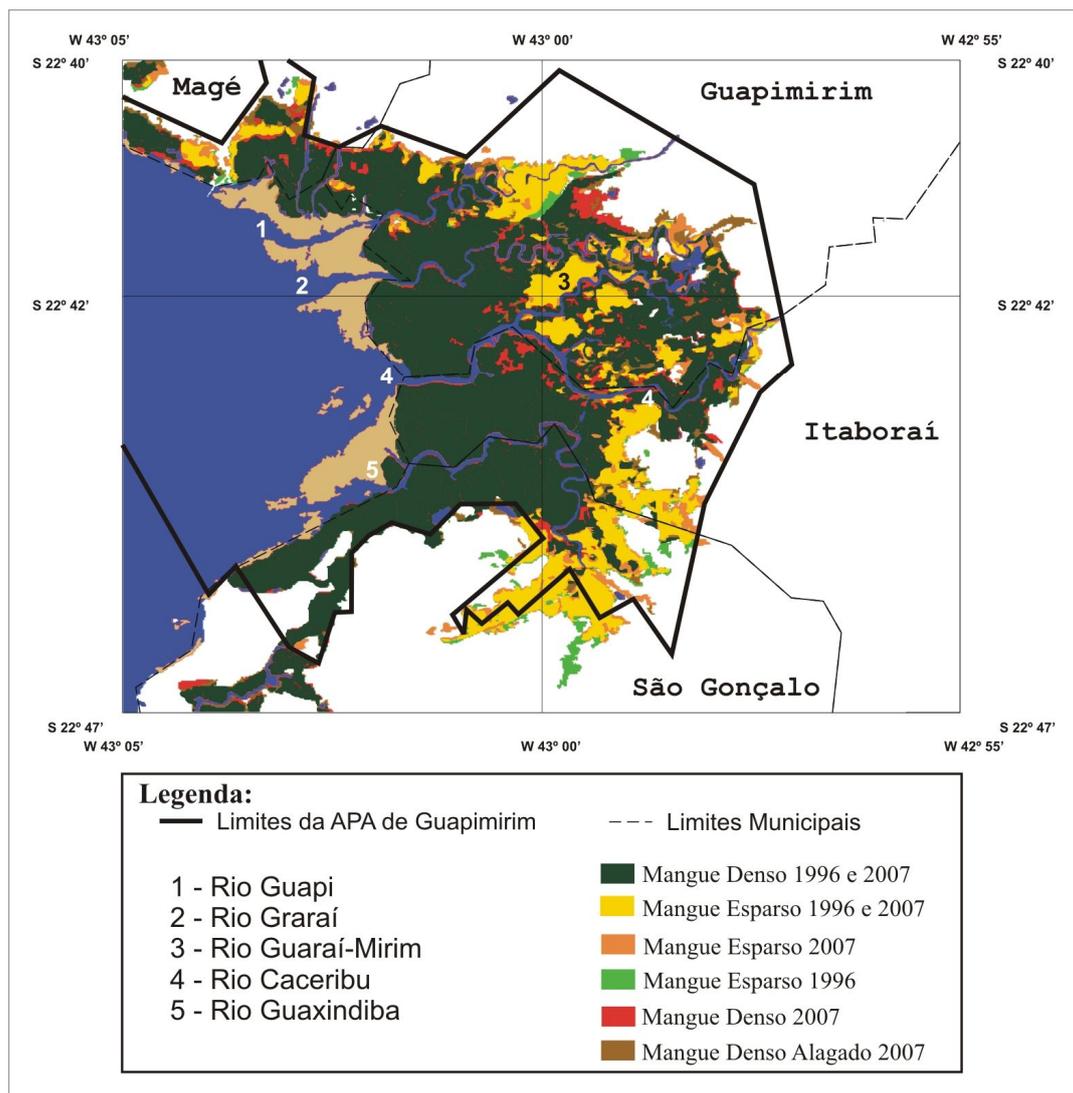


Figura 3 – Mapa de diferenças 1996-2007 baseado no cruzamento booleano das classes temáticas mangue denso (denso e denso alagado) e esparso.

A Tabela 1 apresenta as áreas totais calculadas para as classes temáticas de vegetação de manguezal em ambos os períodos, e as áreas preservadas (sem mudança) no período de 11 anos entre as duas aquisições. Observou-se uma redução das áreas de mangue esparso (3,3 km²), e um aumento da área total ocupada pelo mangue denso (4,2 km²) entre 1996 e 2007, o que, a princípio, apontaria para uma eventual recuperação da cobertura vegetal de manguezal da região.

4. Discussões e Conclusões

A detecção de mudanças na cobertura vegetal foi possível através do uso de imagens TM/LANDSAT e do protocolo de processamento adotado. O monitoramento de formações vegetais através da classificação de imagens de diferentes datas apresentou vantagens relacionadas à possibilidade de obter estimativas de área, úteis no monitoramento, a longo prazo, de fisionomias vegetais. Por outro lado, o método apresenta algumas desvantagens relativas ao tempo demandado pela análise, decorrente principalmente das falhas na classificação, e da subjetividade inerente ao processo de seleção de amostras, problema este contornável através de levantamentos de campo para aquisição de verdade terrestre. Neste ponto, protocolos como o apresentado em Almeida et al (2007), envolvendo operações aritméticas de bandas e transformações por principais componentes, podem contribuir

fornecendo resultados para orientação quanto a estratégias de amostragem e fiscalização de áreas inóspitas como manguezais.

A identificação de áreas de manguezal alagadas faz-se necessária em procedimentos de classificação, tendo em vista nem sempre ser possível a aquisição de imagens em horários de maré equivalente.

O manguezal de Guapimirim apresentou sinais de recuperação relativa em um intervalo de 11 anos, a despeito dos diversos processos que ameaçam sua integridade. Essa situação pode indicar algum sucesso das políticas de gestão ambiental aplicadas à área, ou resultar da própria capacidade de regeneração do ecossistema. Em qualquer das hipóteses, é imprescindível a execução de programas de monitoramento, englobando técnicas de Sensoriamento Remoto para análise em larga escala e levantamentos complementares periódicos de campo.

Tabela 1 – Valores de área (em km²) para as classes temáticas de interesse resultantes das análises de classificação.

<i>Categoria</i>	<i>Área em km²</i>	
	1996	2007
Mangue Denso	33,5241	40,1820
Mangue Denso Alagado	18,1926	15,7314
Mangue Esparso	18,4600	15,1416
Total	70,1767	71,0550
Mangue denso preservado 1996 - 2007		45,1496
Mangue esparso preservado 1996 - 2007		11,3376
Diferença Mangue Denso		4,1967
Diferença Mangue Esparso		-3,3184

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro, prestado na forma de bolsa (modalidade Doutorado) concedida ao primeiro autor.

Referências Bibliográficas

Almeida L. G.; Fragoso-da-Silva, M. R. L.; Vale, C. C., Análise multitemporal da baía de Vitória (ES) utilizando sensoriamento remoto. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p.4557-4564. CD-ROM, On-line. Disponível em: <martedpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.01.22.12 >. Acesso em: 15 jun. 2008.

Araújo, D. S. D; Maciel, N. C. **Os manguezais do recôncavo da Baía da Guanabara**. Rio de Janeiro. DECAM-FEEMA, 1979. 113p. (Série Técnica 10/79).

Barbier, E. B.; Sathiratai, S. **Shrimp Farming and Mangrove Loss in Thailand**. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 2004. 284p.

Bins, L. S.; Fonseca, L. M. G.; Erthal, G. J.; Ii, F. M. Satellite imagery segmentation: a region growing approach. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 8., 1996. Salvador. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. Artigos, p.221-223. CD-ROM, On-line. Disponível em: <martedpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.05.09.30 >. Acesso em: 15 jun. 2008.

Botelho A. L. M. **Análise da contaminação por óleo na APA de Guapimirim – RJ: Aspectos geoquímicos e sócioambientais**. 2003. 94p. (CDD 304.2098153). Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2003.

Câmara, G., Souza, R. C. M., Freitas, U. M., Garrido, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, v.20, n.3, p.:395-403, 1996.

Chander, G.; Markham, B. L.; Barsi, J. A. Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration. **Ieee Geoscience And Remote Sensing Letters**, v.4, n.3, 2007.

Coelho-Júnior, C. Impactos da carcinocultura sobre os estuários e o ecossistema manguezal. In: Seminário internacional - perspectivas e implicações da carcinocultura estuarina no estado de Pernambuco, 2000. Recife. **Anais...** Recife: Bargaço, 2000. Artigos, p.58-73.

Giri, C., Pengra, B., Zhu, Z., Singh, A. e Tiezen, L. L. Monitoring mangrove forest dynamics of the Sundarbans in Bangladesh and India using multi-temporal satellite data from 1973 to 2000. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.73, p.91-100, 2007.

Green, E.P., Clark, C.D., Mumby, P.J., Edwards, A.J. e Ellis, A.C. Remote sensing techniques for mangrove mapping. **Int. J. Remote Sensing**, v.19, n.5, p.935-956, 1998.

Guimarães, A.S. Análise multitemporal da superfície de manguezal do litoral Norte de Pernambuco: a participação da aquíicultura na conversão de áreas de mangue em viveiros. 94p. 2007. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquíicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2007.

Kampel, M.; Amaral, S.; Soares, M. L. G. Imagens CCD/CBERS e TM/Landsat para análise multi-temporal de manguezais no Nordeste brasileiro. Um estudo no litoral do Estado do Ceará. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 12., 2005. Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p.979-986. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.19.44>>. Acesso em: 15 jun. 2008.

Kathiresan, K. e Bingham, B.L. Biology of mangroves and mangrove ecosystems. **Advances in Marine Biology**, v.40, p.81-251, 2001.

Pires, I.O. Mapeamentos dos manguezais do recôncavo da Baía de Guanabara através da utilização de técnicas de sensoriamento remoto. 1986. 85p. (INPE-3942-TDL/229). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1986.

Proisy, C., Coutron, P. e Fromard, F. Predicting and mapping mangrove biomass from canopy grain analysis Fourier-based textural ordination of IKONOS images. **Remote Sensing of Environment**, v.109, p.379-392, 2007.

Reis, C.H., Mattos, J.T. e Pires, I.O. Relação entre o Terracamento Geomorfológico e a Fisiografia Característica de Manguezais na Região do Recôncavo da Baía de Guanabara, utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 9., 1998. Santos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1998. Artigos, p.675-686. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.10.14.36>. Acesso em: 15 jun. 2008.

Robertson, A.I. e Duke, N.C. Mangroves as nursery sites, comparisons of the abundance of fish and crustaceans in mangroves and other near shore habitats in tropical Australia. **Marine Biology**, v. 96, p.193-205, 1987.

Vaiphasa, C., Skidmore, A.K. e de Boer, W.F. A post-classifier for mangrove mapping using ecological data. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 61, p.1-10, 2006.