

Deteção de viveiros de carcinicultura e de salinas com imagens CBERS-2 e Landsat, localizados na APA Delta do Parnaíba

Douglas Rodrigues Cavalcanti ^{1 2}
Estevão Vieira Tanajura Carvalho ¹
Claúdia Ramos Zagaglia ¹
Raquel Barreto ¹
Ricardo Nixon de Albuquerque Santos ^{1 3}

¹ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA
Centro de Sensoriamento Remoto
SCEN Trecho 2 – Sede do IBAMA - Bloco G. CEP: 70.818-900 - Brasília – DF
dougcavalcanti@gmail.com
{estevao.carvalho, claudia.zagaglia, raquel.barreto}@ibama.gov.br

² Universidade de Brasília – UnB
Instituto de Ciências Biológicas - *Campus* Universitário Darcy Ribeiro – ICC Sul
CEP: 70.910-900 - Brasília – DF

³ Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH
SBS Quadra 02 Bloco “L” – Ed. Lino Martins Pinto
CEP: 70.070-120 - Brasília/DF
rnasantos@gmail.com

Abstract: The mangrove ecosystem in the Delta do Parnaíba Environmental Protection Area is currently under threat. The main source of impacts are shrimp farms located inside the declared protected area. Here we present evidences that suggest an increase in the pressure over the mangrove system during the 2001 – 2005 period. CBERS-2/CCD and/or Landsat/ TM or ETM⁺ images from 1992, 2001, 2004 and 2005 were visually screened for tanks. New deforested areas were found in 2001, compared to 1992, in number of 73, representing 3.2 km². The 2004 images show 98 new tanks (2.9 km²) and the 2005 images, 26 tanks (0.7 km²).

Palavras-chave: *mangrove, Shrimp farming, Delta do Parnaíba, Environmental Protection Area, manguezal, carcinicultura, Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba.*

1. Introdução

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2002), o delta do Parnaíba foi indicado como área de extrema importância, caracterizado por expressivo manguezal. O ambiente é rico em diversidade biológica filética e abriga o peixe-boi marinho (*Trichechus manatus manatus*), espécie ameaçada de extinção.

Os manguezais são ecossistemas protegidos pela legislação ambiental, particularmente pelo Código Florestal (Lei n.º 4.771/65) e pelas Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n.ºs 4/1985 e 303/2002.

A legislação ambiental define manguezal como “ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência flúvio-marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os estados do Amapá e Santa Catarina.”

Particularmente os manguezais da Área de Proteção Ambiental-APA Delta do Parnaíba têm sofrido grandes pressões antrópicas de salinas e carciniculturas.

Apesar da Resolução CONAMA n.º 369/2006 definir os casos excepcionais em que o órgão ambiental competente pode autorizar a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP, a falta de uma definição mais explícita na legislação incluindo o apicum como parte do ecossistema manguezal dificulta o controle das atividades impactantes.

De acordo com Schaeffer-Novelli (2000), o apicum, em sua gênese, pode muito bem ser considerado como parte do manguezal também no que tange a aplicação da legislação, uma vez que em alguns documentos legais já se encontra a expressão “*manguezal, em toda a sua extensão*”, reconhecendo os diferentes compartimentos como parte do ecossistema.

Segundo Bigarella (1947), a zona do apicum faz parte da sucessão natural do manguezal para outras comunidades vegetais, sendo resultado da deposição de areias finas por ocasião da preamar.

O apicum ou salgado, ocorre na porção mais interna do manguezal, na interface médio/supra litoral, raramente em pleno interior do bosque. Seu limite é estabelecido pelo nível médio das preamares de sizígia e o nível das preamares equinociais (Maciel, 1991).

Assim, conforme constata Carvalho (2004) no Estado de Sergipe, Crepani & Medeiros (2003) no Estado do Piauí e Silva (2004) no Estado do Rio Grande do Norte, a implantação da atividade de carcinicultura é, com frequência, responsável pela supressão dos manguezais na região Nordeste. O objetivo deste trabalho é mapear e monitorar a atividade em questão na APA Delta do Parnaíba, por meio de imagens de satélites e elementos de interpretação visual de imagens.

2. Área de estudo

A APA Delta do Parnaíba, criada em 28 de agosto de 1996, abrange todo o litoral do Piauí e porções dos litorais do Ceará e do Maranhão, totalizando um perímetro de 460.812 m e uma área aproximada de 313.800 ha (**Figura 1**). Nesta APA existem planícies flúvios-marinhas com a presença de manguezais, grandes ilhas estuarinas, lagoas costeiras, restingas, maciços e corredores de caatinga, além de campos de dunas móveis e fixas. IBAMA (2006) descreve a região como possuindo o único delta em mar aberto das Américas e como área de reprodução do mamífero peixe-boi.

O Global Environmental Facility (GEF), através do Ministério do Meio Ambiente (MMA), está desenvolvendo o Projeto GEF Mangue, com o objetivo de fortalecer o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), de forma a promover a efetiva conservação e uso sustentável de ecossistemas manguezais do Brasil. Na fase de assistência preparatória desse projeto, foram selecionados 6 mosaicos de manguezais de maior importância. Entre eles foi selecionado o mosaico em que está inserida a APA Delta do Parnaíba.

Schaeffer-Novelli *et al.* (1990) dividiu a linha da costa brasileira em 8 unidades, levando-se em consideração relevo, tipo de solo, cobertura vegetal, temperatura média anual, evapotranspiração potencial e amplitude de marés. De acordo com essa divisão, cada unidade apresentaria um desenvolvimento estrutural similar, por estar submetida às mesmas condições ambientais regionais.

Olson *et al.* (1996), citados no trabalho Grupo de ecossistemas: manguezal, marisma e apicum por Schaeffer-Novelli (2000), utilizaram a classificação fisiográfica de Schaeffer-Novelli *et al.* (1990). E de acordo com a associação dos autores em 1996, o estado de conservação dos manguezais brasileiros é considerado *relativamente estável* (Segmentos I a III) e *vulnerável* (Segmentos IV a VII), *Nível médio de ameaça* e estado de conservação variando entre *relativamente estável*, *vulnerável* e *crítico*, conforme as diversas unidades fisiográficas que compõe a costa brasileira. As atividades conservacionistas, sugeridas por

Olson *et al.*, para os Segmentos I e II são *uso sustentável*; para o Segmento III *uso sustentável e acesso restrito*; para o Segmento IV *restauração*; e para os Segmentos V a VII a *restauração e o uso sustentável*.

A APA Delta do Parnaíba está contida na unidade de Segmento IV. Nessa unidade, na região que abrange a maior parte do litoral maranhense, piauiense e cearense, os manguezais são pobremente desenvolvidos ao longo do trecho da costa, devido à falta de aporte de água doce associada a estações secas prolongadas. As altas concentrações de sais limitam os manguezais às desembocaduras dos rios.

O litoral da APA Delta do Parnaíba foi considerado “vulnerável” (Segmento IV), em grande parte do litoral do Estado do Piauí e Ceará. A atividade conservacionista sugerida, para o Segmento IV, é a restauração.

3. Material e Métodos

Foram utilizadas as imagens dos sensores CCD, TM e ETM+, a bordo dos satélites CBERS-2, Landsat-5 e Landsat-7, respectivamente, as quais apresentaram as seguintes características (Tabela 1):

Tabela 1 – Características das imagens de satélite utilizadas no trabalho, para a área da APA delta do Parnaíba.

Sensor	Órbita	Ponto	Resolução Espacial	Data de Aquisição
CCD	153	103	20 m	20/09/2004 29/07/2005
CCD	154	103	20 m	22/08/2004 07/11/2005
ETM+	219	62	28,5 m	06/07/2001
TM	218	62	28,5 m	23/08/1992

A metodologia consiste nas seguintes etapas sequenciais:

a) Georreferenciamento

Dados de efemérides (posição e velocidade) imprecisos são os maiores responsáveis pelo erro de posicionamento das imagens apenas com correção de sistema (Inpe, 2006). O georreferenciamento das imagens CBERS-2 utilizadas no estudo foi realizado com base entre 30 e 35 pontos de controle, no software ERDAS IMAGINE 8.7, tomando-se como referência às imagens Landsat ortorretificadas e disponibilizadas pelo programa de distribuição de dados de sensoriamento remoto da Universidade de Maryland. Procurou-se atingir resíduo médio quadrático (RMS) inferior a 30 m.

b) Reconhecimento dos polígonos (viveiros/salinas)

Para a identificação dos viveiros/salinas foram utilizados elementos básicos de interpretação visual de imagens, aproveitando, principalmente, as formas geométricas que eles apresentam. Feições com formas irregulares, de modo geral, são indicadoras de objetos naturais, enquanto formas regulares indicam objetos artificiais ou culturais, construídos pelo homem (Florenzano, 2002). Após identificar os viveiros/salinas, foram digitalizados polígonos no software ERDAS IMAGINE 8.7 de forma a representar os limites de cada viveiros/salinas nas seis imagens utilizadas.

Os polígonos gerados no software ERDAS IMAGINE 8.7 foram, então, transferidos para o software ArcGis 9.0 e armazenados em shapefile (formato de armazenamento de dados

vetoriais) por imagem. A utilização desse software possibilitou a determinação do número e área dos viveiros/salinas detectados em cada cena.

c) Monitoramento dos viveiros/salinas

A distribuição dos viveiros/salinas nas imagens Landsat adquiridas nos anos 1992 e 2001 foi considerada como referência temporal para o estudo da evolução das atividades na APA do Delta do Parnaíba. Assim, foram determinados os incrementos em número e área de viveiros/salinas nas imagens CBERS-2, adquiridas em 2004 e 2005, em relação àqueles identificados nas imagens Landsat.

d) Quantificação da área de mangue e apicum ocupada por viveiros/salinas.

Com base no mapeamento de manguezais realizado no âmbito do Projeto GEF Mangue para a região da APA Delta do Parnaíba, foram quantificadas as áreas ocupadas por viveiros/salinas detectados nos anos de 2004 e 2005 que, em 2001, eram ocupadas por manguezal (bosque e apicum). O mapeamento realizado pelo Projeto em questão também foi baseado nas imagens Landsat ortorretificadas, disponibilizadas pelo programa de distribuição de dados de sensoriamento remoto da Universidade de Maryland.

4. Resultados e Discussão

Os incrementos em número e área dos viveiros/salinas encontrados nas imagens CBERS-2 em relação às imagens referências (Landsat) são apresentados na **Tabela 2**.

Tabela 2 – Incremento em número e área dos viveiros/salinas identificados nas imagens CBERS-2 em relação às imagens Landsat.

Órbita-Ponto	Landsat		CBERS-2				Total (m ²)
	218-62 23/08/1992	219-62 06/07/2001	153-103 20/09/2004	154-103 22/08/2004	153-103 29/07/2005	154-103 07/11/2005	
Incremento em número de viveiros/salinas	0*	73	33	65	21	06	198
Incremento em área (m²) de viveiros/salinas	0*	3.238.750,3	1.228.736,5	1.683.748,6	816.415,4	129.229,4	7.096.880,2
Área do maior viveiro detectado (m²)	0*	165.251,2	281.390,1	58.738,2	222.035,3	24.679,7	--

*Na área da APA Delta do Parnaíba

O acompanhamento, por meio de imagens de satélite, da evolução dos viveiros/salinas de carcinicultura, representa uma eficiente ferramenta no controle do desmatamento.

De acordo com a **Tabela 2**, houve um acréscimo de, aproximadamente, 52% na área ocupada pela carcinicultura quando analisamos a região discriminada pelas imagens Landsat 219-62 (06/07/2001) e CBERS-2 154-103 (22/08/2004). Também, quando comparamos as imagens CBERS-2 154-103 de 2004 com a de 2005, observamos um aumento de aproximadamente 7,67% da área ocupada pelos viveiros (**Figura 2**). Observa-se a evolução da carcinicultura na comparação dessas três imagens na região da APA. O incremento total em área de viveiros/salinas, desde a referência temporal em 2001 (219-62) até a imagem 154-103 de 2005 é de 55,97%, para um período de aproximadamente 4,5 anos. Porém, quando analisamos o crescimento total da carcinicultura, compreendendo toda a região da APA, nota-se que a área ocupada pelos viveiros alcançou um aumento de aproximadamente 2,19 vezes desde as imagens utilizadas como referência temporal (219-62 e 218-62).

A **Tabela 3** apresenta a área total de mangue e apicum no ano de 2001 ocupada em 2004/2005 por viveiros/salinas. Conforme esta tabela, o total geral (1.409.325,6 m²)

representa, aproximadamente, 19,85% da área desmatada que antes era ocupada por manguezal (**Figura 3**).

Tabela 3 – Área total de Mangue e Apicum desmatado, em cada imagem CBERS-2

Órbita –Ponto	CBERS-2				Total (m ²)
	153-103 20/09/2004	154-103 22/08/2004	153-103 15/10/2005	154-103 07/11/2005	
Área Total (m ²) de Mangue desmatado	111.104,2	12.755,1	11.179,9	10.841,1	145.880,3
Área Total (m ²) de Apicum alterado	213.609,7	886.428,8	108.288,4	55.118,4	1.263.445,3
Total (m²)	324.713,9	899.183,9	119.468,3	65.959,5	1.409.325,6

Outra informação importante apresentada na **Tabela 3** é que as alterações no manguezal são mais intensas nas regiões de apicum, atingindo um total de 1.263.445,3 m² e representando 89,6% da área total diretamente impactada. Este fato parece decorrer da fragilidade da legislação ambiental em não considerar explicitamente as áreas de apicum como parte integrante desse ecossistema.

O crescimento desse tipo de cultivo no nordeste brasileiro tornou-se mais intenso nos últimos anos, quando a produção, em 1997, saltou de 3.600 toneladas para 75.904 toneladas, em 2004, (ABCC, 2004). Esse aumento torna-se preocupante quando consideramos o nível de poluição que os tanques de carcinicultura podem gerar. Segundo Figueiredo *et al.* (2005), os efluentes contínuos e da despesca, provenientes de viveiros de carcinicultura, contribuem para a elevação do pH, turbidez, sólidos em suspensão, condutividade elétrica, fósforo total, clorofila-a, amônia total e alcalinidade total no corpo receptor. Os valores de sólidos suspensos totais, fósforo total, amônia total e clorofila-a, associados à elevada vazão de descarga durante a despesca, representam alta carga de poluição para os recursos hídricos superficiais, sendo causa potencial de assoreamento do leito e eutrofização das águas. Os autores concluem que a drenagem das águas dos viveiros de camarão, diretamente nos corpos receptores, representa um fator potencial de ameaça aos usos prioritários de abastecimento humano e dessedentação animal dos recursos hídricos superficiais da região. De acordo com Cima (1991), citado por Schaeffer-Novelli (2000), a poluição de importantes ecossistemas costeiros e estuarinos em nível nacional, onde se dá a produção de alimento e o crescimento de fases larvares e juvenis dos recursos pesqueiros, vêm acarretando redução dos estoques em níveis tão acelerados, que seu impacto é sensível na produtividade e índices de abundância.

Além disso, o desmatamento do mangue e a ocupação das áreas de apicum causados por esse tipo de cultura muitas vezes é ilegal, podendo acarretar grandes transtornos para as comunidades que fazem uso do ecossistema manguezal. Por isso, o melhor uso para qualquer manguezal, é continuar como área preservada de modo a manter os valores culturais, estéticos, paisagísticos, recreacionais e educacionais, estabilização da linha de costa, proteção da vida selvagem e dos recursos pesqueiros (Maciel, 1991).

Observando-se as imagens Landsat, 218-62 (23/08/1992) e 219-62 (06/07/2001), notou-se uma sobreposição entre elas. Desta forma, foi empregada como referência, na área sobreposta, a imagem 219-62 (06/07/2001) até a coordenada UTM – 428.000 Oeste, Meridiano Central 39° Oeste. Por esse motivo não foi observada a presença de viveiro/salinas na imagem 218-62 (23/08/1992) (**Tabela 2**), visto que os mesmos localizavam-se na área de sobreposição.

Além disso, em virtude da zona costeira no nordeste ser marcada pela presença acentuada de nuvens, erros de detecção (omissão e comissão) podem ser observados (**Figura 4**).

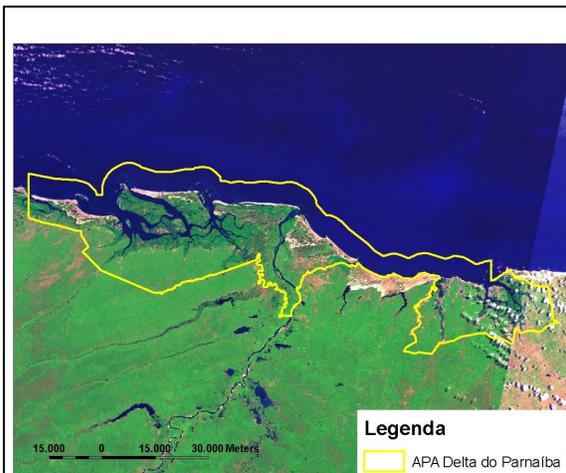


Figura 1 – Mosaico de duas imagens Landsat e os limites da área de estudo, composição colorida R5G8B2.

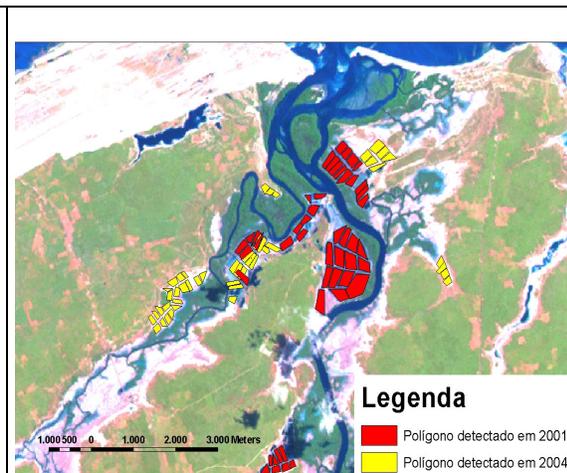


Figura 2 – Evolução da Carcinicultura entre os anos de 2001 e 2004. ETM/Landsat Pan R5G8B2.

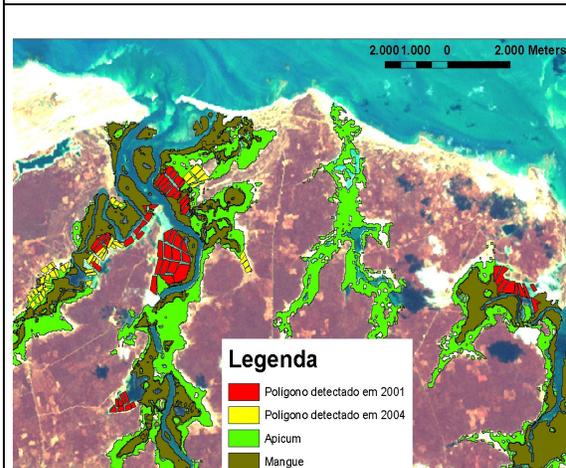


Figura 3 – Mapeamento dos manguezais para a área da APA Delta do Parnaíba. ETM/Landsat Pan R5G3B1.

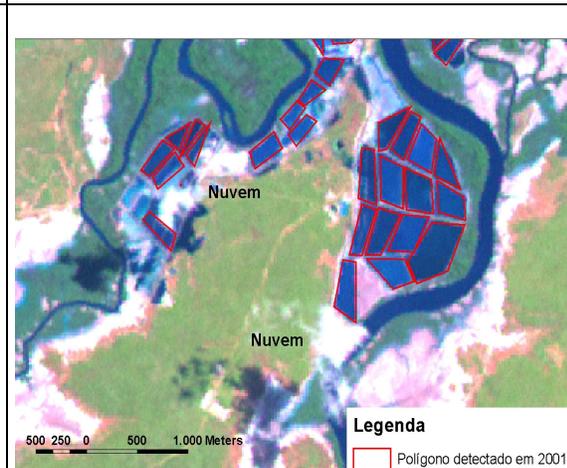


Figura 4 – Presença de nuvem acarretando erros de omissão no mapeamento de viveiros/salinas. ETM/Landsat Pan R5G8B2.

5. Conclusão

As técnicas utilizadas neste trabalho tornaram possível a detecção de viveiros/salinas em áreas anteriormente ocupadas por bosques de mangue e apicum, baseada em imagens CCD/CBERS-2.

Em virtude da grande importância social e biológica do ecossistema manguezal, os resultados deste tipo de trabalho estão sendo encaminhados na forma de indicativos de atividade de carcinicultura ou salinas às unidades do Ibama responsáveis pela fiscalização nas áreas estudadas. Os referidos indicativos têm como objetivo facilitar o planejamento das missões de fiscalização, otimizando os recursos governamentais para este fim. Desta forma, o Centro de Sensoriamento Remoto do Ibama vem contribuindo para o sucesso das atividades do órgão no que tange à promoção da conservação deste tão importante ecossistema.

6. Bibliografia

Associação Brasileira de Criadores de Camarão (ABCC) <<http://www.abccam.com.br/>> Acesso em: 8 de setembro de 2006.

Bigarella, J.J., 1947. **Contribuição ao estudo da planície litorânea do Estado do Paraná**. B.Geogr., 55: 747-779.

Carvalho, M. E. S. **A carcinicultura na zona costeira do Estado de Sergipe**. São Cristovão, 2004. 178f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Núcleo de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Sergipe.

Crepani, E.; Medeiros, J. S. Carcinicultura em apicum no litoral do Piauí: uma análise com sensoriamento remoto e geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), XI, 2003, Belo Horizonte. **Anais**. p. 1541-1548. Repositório da URLib: <tid.inpe.br/sbsr/2002/11.13.17.36>

Figueiredo, M. C. B.; Araújo, L. F. P.; Gomes, R. B.; Rosa, M. F.; Paulino, W. D.; Moraes, L. F. S. Impactos ambientais do lançamento de efluentes da carcinicultura em águas interiores. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 10, n° 2, p. 167-174, abr./jun. 2005.

Florenzano, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos. 2002. 41-52 p.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). <<http://www.ibama.gov.br/>> Acesso em: 29 de agosto de 2006.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). <<http://www.inpe.br/>> Acesso em: 6 de setembro de 2006.

Maciel, N.C., 1991. Alguns aspectos da ecologia do manguezal. In: CPRH, 1991. Alternativas de uso e proteção dos manguezais do Nordeste. Recife, **Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração do Recursos Hídricos**. Série Publicações Técnicas, No 003, 9- 37.

Ministério do Meio Ambiente (MMA); **Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha**. Brasília: Centro de Informação e Documentação Luiz Eduardo Magalhães / CID Ambiental, 2002. 72p.

Schaeffer-Novelli, Y. **Grupo de ecossistemas: manguezal, marisma e apicum**. São Paulo, 2000.

Schaeffer-Novelli, Y. & Cintrón-Molero, G. 1994. Manguezais brasileiros: uma síntese sobre aspectos históricos (séculos XVI a XIX), zonação, estrutura e impactos ambientais. Pp. 333-341. In: **Anais** do Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira. Subsídios a um gerenciamento ambiental. São Paulo, ACIESP, v. I.

Schaeffer-Novelli, Y. ; Cintrón, G; Adaime, R. R. ; Camargo, T. M., 1990. **Variability Of The Mangrove Ecosystem Along The Brazilian Coast**. Estuaries, v. 13, n. 2, 204-218.

Silva, M. R. **Povos da terra e água: a comunidade pesqueira Canto do Mangue, Canguaretama (RN) – Brasil**. Piracicaba, 2004.126f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / Universidade de São Paulo.