

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

***FERNANDA GOMES BARBOSA***

**ESTRUTURA E ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA VEGETAÇÃO DO  
MANGUEZAL DO PINA, RECIFE-PE: SUBSÍDIOS PARA MANEJO,  
MONITORAMENTO E CONSERVAÇÃO**

**RECIFE  
2010**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

***FERNANDA GOMES BARBOSA***

**ESTRUTURA E ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA VEGETAÇÃO DO  
MANGUEZAL DO PINA, RECIFE-PE: SUBSÍDIOS PARA MANEJO,  
MONITORAMENTO E CONSERVAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Fernanda Abrantes Torres  
Co-Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel

**RECIFE  
2010**

**Barbosa, Fernanda Gomes**

**Estrutura e análise espaço temporal da vegetação do manguezal do Pina, Recife-PE : subsídios para manejo, monitoramento e conservação / Fernanda Gomes Barbosa. – Recife: O Autor, 2010.**

**89 folhas : il., fig., tab.**

**Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Geografia, 2010.**

**Inclui: bibliografia.**

**1. Geografia. 2. Manguezais – Ecossistemas. 3. Gestão ambiental. 4. Vegetação - Mapeamento. 5. Dinâmica. I. Título.**

**911  
910**

**CDU (2. ed.)  
CDD (22. ed.)**

**UFPE  
BCFCH2010/46**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS – CFCH  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS –DCG  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DEM GEOGRAFIA

**FERNANDA GOMES BARBOSA**

Título: “ESTRUTURA E ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA VEGETAÇÃO DO MANGUEZAL DO PINA, RECIFE-PE: SUBSÍDIOS PARA MANEJO, MONITORAMENTO E CONSERVAÇÃO”

**BANCA EXAMINADORA**

**TITULARES:**

Orientador: Maria Fernanda Abrantes Torres  
Prof. Dra. Maria Fernanda Abrantes Torres (UFPE)

1º. Examinador: José Zanon de Oliveira Passavante  
Prof. Dr. José Zanon de Oliveira Passavante (UFPE)

2º. Examinador: Josiclêda Domiciano Galvêncio  
Prof. Dra. Josiclêda Domiciano Galvêncio (UFPE)

APROVADA em 12 de março de 2010.

## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA .....	v
AGRADECIMENTOS .....	vi
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	xix
LISTA DE FIGURAS .....	x
LISTA DE TABELAS .....	xii
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
<b>3 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>25</b>
<b>4 OBJETIVOS .....</b>	<b>27</b>
4.1 OBJETIVO GERAL .....	27
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	27
<b>5 CARACTERIZAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>28</b>
<b>6 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>34</b>
6.1 MAPEAMENTO .....	34
6.1.1 Processamento Digital das Imagens .....	34
6.1.2 Análise Espaço Temporal da Vegetação a partir das Imagens .....	35
6.2 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL .....	36
6.2.1 Dados Abióticos .....	36
6.2.1.1 Temperatura do Solo, do Ar e Salinidade da Água Intersticial .....	36
6.2.1.2 Análise de Sedimento .....	37
6.2.1.2.1 Análise Granulométrica .....	37
6.2.1.2.2 Análises Químicas .....	38
6.2.2 Análise Estrutural do Bosque .....	38
6.2.3 Análise dos Componentes Principais (ACP) .....	41
<b>7 RESULTADOS .....</b>	<b>42</b>
7.1 ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL .....	42
7.2 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL .....	46
7.2.1 Dados Abióticos .....	46
7.2.1.1 Temperatura do Solo, do Ar e Salinidade Água Intersticial .....	46
7.2.1.2 Sedimentos .....	46

7.2.2 Análise Estrutural do Bosque .....	49
7.2.2.1 Sítio A .....	52
7.2.2.2 Sítio B .....	53
7.2.2.3 Sítio C .....	55
7.2.2.4 Relação Estrutural entre os Sítios A, B e C .....	56
7.2.3 Análise dos Componentes Principais (ACP).....	63
<b>8 DISCUSSÃO</b> .....	67
8.1 ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL .....	67
8.2 ANÁLISE AMBIENTAL .....	68
8.3 MANEJO .....	77
<b>9 CONCLUSÕES</b> .....	80
<b>10 REFERÊNCIAS</b> .....	82

*Dedico este trabalho à memória do meu querido irmão, Antonio Fábio Gomes Barbosa, que durante 21 anos proporcionou a mim e minha família momentos inesquecíveis. Seu sorriso será lembrado por toda a minha vida.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu Deus, que me proporcionou o melhor presente, o dom da vida, àquele a quem tudo devo e que em nenhum momento me desamparou. Minha maior inspiração...

Aos meus queridos pais, Edivaldo Gomes Barbosa e Zuleide Pereira Barbosa e minha amiga- irmã, Flávia Gomes Barbosa, minha maior fonte de amor.

À minha estimada orientadora e amiga Maria Fernanda Abrantes Torres, que acreditou, confiou e estendeu a mão quando eu mais precisava. Aguentou minhas angústias, dificuldades e que juntamente comigo superou muitas barreiras. Não tenho palavras que possam expressar minha gratidão e imenso carinho...

À minha co-orientadora Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel, que é um exemplo de compromisso e determinação. Obrigada por me ensinar os melhores caminhos.

Ao professor Clemente Coelho Junior, que tenho grande estima e admiração e que por inúmeras vezes se dispôs a tirar minhas dúvidas e fazer considerações importantíssimas. Obrigada!

À professora Josiclêda Domiciano Galvíncio, que me inspirou a buscar o caminho do Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, o qual foi responsável por grande parte das minhas conquistas e dos conhecimentos que adquiri. Agradeço a todos os professores e funcionários.

À Capitania dos Portos, por permitir que o estudo fosse realizado no Manguezal do Pina, em especial: ao Tenente Gonzaga, por seu esforço em me ajudar e por sempre estar prestes a me atender quando eu precisava; ao Suboficial Lima, que foi paciente comigo e sempre liberava nossas visitas técnicas; Ao Tenente Caetano, que liberou a documentação para que a pesquisa pudesse ser iniciada; aos Fuzileiros Navais que nos acompanhavam e que passavam o dia inteiro conosco, garantindo nossa segurança, o meu muito obrigada a todos!

À Diretoria do Meio Ambiente (DIRMAM) da Prefeitura da Cidade do Recife, que autorizou nossas coletas e se dispôs a colaborar.

À professora Maria Betânia G. dos S. Freire, Monaliza Alves dos Santos, Patrícia Ribeiro dos Santos e Goédhi Antas Marques do Departamento de Química dos Solos da Universidade Federal Rural de Pernambuco, que me ajudaram a fazer

as análises dos sedimentos por mais de duas semanas. Fui muito bem recebida e orientada, obrigada!

Ao professor Fernando Antônio do Nascimento Feitosa, que gentilmente nos cedeu seus equipamentos e atenção.

À professora Sigrid Neumann Leitão, pela valiosa atenção e disponibilidade na ajuda com os dados estatísticos.

Ao Mestre Antônio Marcos que contribuiu de maneira grandiosa e significativa, sempre disposto a me atender e esclarecer dúvidas relacionadas ao geoprocessamento. Agradeço a Deus por ter conhecido uma pessoa de coração gigantesco como o seu.

Aos nossos colegas e parceiros de mangue, José Gustavo da Silva Melo, André Vieira Corsino, Carlos Vinícius da Silva Vital, Mariana Pessoa Coelho, Neiva Marion Guimarães de Santana, que se dispuseram a participar das coletas tão magníficas, porém cansativas e cheias de aventuras.

Ao CNPq, que contribuiu com a minha pesquisa.

A todos os meus amigos, que longe ou perto, fizeram grande diferença para que esse meu sonho pudesse ser realizado, em especial: Lywistone Galdino, Micheline Santos, Rosiglay Cavalcanti, Evelyn Viana, Luciana Silva, Tarciana Cirino, Antônio Carlos Rocha, Janaína Barbosa da Silva, Milena Dutra da Silva, Maria das Graças Chagas, Karina Luz, Assis Félix, Josinete Vieira Corsino, Thatiany Lúcia, Christianne Farias, Rodrigo Maciel, Jessíca Menezes, Célia Machado, Allison Bezerra, Ana Valéria, Girlan Cândido, e Anderson “Trilhas”.

A André Corsino, que me incentiva, ajuda e compreende, fazendo parte dos meus melhores momentos, sendo mais um motivo para se ter certeza de que a felicidade está muito mais perto do que se imagina.

## RESUMO

Localizado na porção sul da cidade do Recife, o Manguezal do Pina tem sido apontado como uma das maiores manchas de manguezal em área urbana do Brasil. Embora já conhecida sua importância sócio-ecológica, este ecossistema vem sofrendo com os usos inadequados como a ocupação desordenada, acúmulo de resíduos sólidos, cortes da vegetação, pesca predatória, além da pressão do setor imobiliário e viário. A fim de avaliar as transformações ocorridas no Manguezal do Pina em relação às áreas ocupadas pelo bosque de mangue e à dinâmica das ocupações urbanas, a presente pesquisa buscou fazer uma análise espaço temporal a partir de imagens de satélite (LANDSAT 5 e 7 TM) dos anos de 1987, 1991 e 2008, utilizando o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Para efetivar os dados obtidos das imagens foi realizado um estudo de caracterização estrutural e funcional do bosque a partir da metodologia de parcelas múltiplas. A análise da variação espaço temporal mostrou que a área ocupada por vegetação de mangue abrangia 187ha no ano de 1987, com retratação dos seus limites no ano de 1991, passando para 154ha, porém apresentando um aumento em 2008 para 215,9ha. No que se refere às áreas urbanas e solo exposto houve um aumento de 41,81ha no manguezal e seu entorno ao longo das três décadas analisadas. Estes dados estão relacionados a processos desestabilizadores e de regeneração em determinados períodos. Os resultados da caracterização estrutural e funcional sugeriram diferentes mosaicos de paisagens ambientais, onde as espécies não seguiram um padrão de distribuição definido, tendo *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn apresentado a maior densidade e dominância relativas, seguida de *Rhizophora mangle* L. e, em menores proporções, de *Avicennia schaueriana* Stapf. & Leechman. A análise estrutural indicou valores de densidade de troncos vivos chegando a atingir 2.850ind/ha, porém algumas parcelas apresentaram baixa densidade em função do elevado número de cortes de árvores, como verificado na parcela A2. O presente trabalho demonstrou sua viabilidade para estudos que tratem da dinâmica em áreas de mangue, sendo imprescindível para o manejo, monitoramento e, principalmente, para a conservação destas áreas.

Palavras-chave: Ecossistema Manguezal - Caracterização - Dinâmica – Gestão Ambiental.

## ABSTRACT

Located in the southern area of Recife, the Pina Mangrove has been mentioned as one of the largest patches of mangroves in an urban area of Brazil. Although its socio-ecological importance is already known, this ecosystem has suffered from the improper use such as disorderly occupation, accumulation of solid waste, cutting of vegetation, overfishing, along with pressure from housing and road construction. In order to assess the changes in the Pina Mangrove in relation to the areas occupied by mangrove forest and the dynamics of urban occupations, this study sought to do a space-time analysis from satellite imagery (Landsat 5 and 7 TM) of 1987, 1991 and 2008, using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). To validate the data obtained from the images a study of the structural and functional characterization of the wood was made using the multiple parcels methodology. The analysis of spatial and temporal variation showed that the area occupied by mangrove vegetation covered 187ha in 1987, with retraction of its limits in 1991, rising to 154ha, but with an increase in 2008 to 215.9 ha. With regard to urban areas and exposed soil there was an increase of 41.81 ha of mangroves and their environment over the three analyzed decades. These data are related to destabilizing processes and regeneration in certain periods. The results of structural and functional characterization suggested different landscape mosaics environment, where the species did not follow a standard distribution set, and *Laguncularia racemosa* (L.) CF Gaertn presented the highest density and relative dominance, followed by *Rhizophora mangle* L. and to a lesser extent, of *Avicennia schaueriana* Stapf. & Leechman. Structural analysis indicated densities of live trunks reaching around 2.850ind/ha, but some parcels showed low density as a result of the large number of trees cut, as evidenced in parcel A2. This work demonstrates the feasibility of studies that address the dynamics in mangrove areas, being essential for the management, monitoring, and especially for the conservation of these areas.

Keywords: Mangrove Ecosystem - Characterization - Dynamics –Environmental Management.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Climograma do Recife/PE (1911 a 1990) .....	29
Figura 2 -	Localização do Manguezal do Pina, Recife/PE .....	31
Figura 3 -	Vista aérea do Manguezal do Pina .....	32
Figura 4 -	Vista Aérea Parcial do Manguezal do Pina .....	33
Figura 5 -	Localização dos sítios de amostragens no Manguezal do Pina .....	37
Figura 6 -	Análise espaço temporal da vegetação do Manguezal do Pina .....	42
Figura 7 -	Ocupação em hectares da área urbana e solo exposto no Manguezal do Pina e seu entorno em 1987, 1991 e 2008 .....	43
Figura 8 -	Variação Espaço Temporal do Manguezal do Pina e seu entorno nos anos de 1987, 1991 e 2008 .....	44
Figura 9 -	Variação Espaço Temporal da Vegetação do Manguezal do Pina e seu entorno nos anos de 1987, 1991 e 2008 .....	45
Figura 10 -	Análise granulométrica dos sedimentos nas diferentes parcelas analisadas no Manguezal do Pina .....	47
Figura 11 -	Teores de Carbono Orgânico dos sedimentos que compõem as parcelas analisadas no Manguezal do Pina .....	48
Figura 12 -	Teores de cálcio e magnésio dos sedimentos que compõem as parcelas analisadas no Manguezal do Pina .....	49
Figura 13 -	(A) Vista parcial da estrutura do bosque no sítio A; (B) armadilha para guaiamum; (C) clareira no sítio A; (D) armadilha tipo redinha para caranguejo. Autor: Torres (2008) .....	50
Figura 14 -	(A e B) Resíduos sólidos encontrados no sítio B. Autor: Torres (2008) .....	51
Figura 15 -	Vista parcial do sítio C. Autor: Torres (2008) .....	51
Figura 16 -	Densidade de troncos vivos nas parcelas analisadas no Manguezal do Pina .....	57
Figura 17 -	Densidade de troncos vivos por espécie nas parcelas analisadas no Manguezal do Pina.....	58
Figura 18 -	Altura média, altura do dossel e desvio padrão dos indivíduos que	

	compõem as parcelas analisadas no Manguezal do Pina .....	58
Figura 19 -	Área basal dos troncos vivos das parcelas analisadas no Manguezal no Pina .....	59
Figura 20 -	Área basal média dos troncos vivos das parcelas analisadas no Manguezal do Pina .....	60
Figura 21 -	Área basal dos troncos vivos por classe de diâmetro das parcelas analisadas no Manguezal do Pina .....	60
Figura 22 -	Troncos mortos ou com características de corte nas parcelas analisadas no Manguezal do Pina .....	61
Figura 23 -	Relação entre a densidade e DAP médio dos troncos que compõem as parcelas analisadas do Manguezal no Pina .....	62
Figura 24 -	Densidade relativa das espécies encontradas nas parcelas analisadas no Manguezal do Pina .....	62
Figura 25 -	Dominância relativa das espécies encontradas nas parcelas analisadas no Manguezal do Pina .....	63
Figura 26 -	Frequência relativa das espécies encontradas nas parcelas analisadas no Manguezal do Pina .....	63
Figura 27 -	Análise dos componentes principais (CP1 e CP2) e parcelas que formam os sítios A, B e C no Manguezal do Pina.....	65
Figura 28 -	Análise dos componentes principais (CP1 e CP3) e parcelas que formam os sítios A, B e C no Manguezal do Pina.....	66
Figura 29 -	(A) Vista aérea do Manguezal do Pina e (B) traçado da Via Mangue .....	79

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	População e Domicílios - Zeis: Pina/Encanta Moça e Ilha de Deus (2000) da Via Mangue .....	32
Tabela 2 -	Varição espaço temporal em hectares do Manguezal do Pina nos anos de 1987, 1991 e 2008 .....	43
Tabela 3 -	Valores correspondentes às análises da água intersticial, temperatura do ar e temperatura do solo nas diferentes parcelas .....	46
Tabela 4 -	Granulometria dos sedimentos das parcelas analisadas no Manguezal do Pina .....	47
Tabela 5 -	Teores de C.O (Carbono Orgânico), pH, Ca (Cálcio) mais Mg (Magnésio), Ca (cálcio) e Mg (Magnésio) encontrados nas parcelas analisadas no Manguezal do Pina .....	49
Tabela 6 -	Área basal e área basal média dos troncos vivos, altura média, altura desvio padrão, altura do dossel e DAP médio das parcelas analisadas no Manguezal do Pina .....	59
Tabela 7 -	Valores de área basal dos troncos vivos por classe de diâmetro nas parcelas analisadas no Manguezal do Pina .....	61
Tabela 8 -	Porcentagem de área basal por espécie nas parcelas analisadas no Manguezal do Pina .....	61
Tabela 9 -	Análise dos componentes principais das parcelas analisadas no Manguezal do Pina .....	64

## 1 INTRODUÇÃO

Os estuários podem ser definidos como ambientes de transição entre o continente e o oceano, onde rios encontram o mar, resultando na diluição mensurável da água salgada, caracterizando uma foz litorânea. Em condições naturais, os estuários são biologicamente mais produtivos do que os rios e o oceano adjacente, por apresentarem altas concentrações de nutrientes que estimulam a produção primária. Os ambientes estuarinos, em regiões tropicais e subtropicais, que se caracterizam pela presença da vegetação lenhosa típica de mangue, são denominados de manguezais ou mangal (MIRANDA; CASTRO; KJERFVE, 2002).

Schaeffer-Novelli (1995) define o manguezal como um ecossistema costeiro, de transição entre ambientes terrestres e marinhos, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime de marés, sendo constituído de espécies vegetais lenhosas típicas (Angiospermas), além de micro e macroalgas (Criptógamas), adaptadas à flutuação da salinidade e caracterizadas por colonizarem sedimentos predominantemente lodosos, com baixos teores de oxigênio.

De acordo com Kiener (1973), Diegues (1987), Schaeffer-Novelli (1995) e Vannucci (2002), os manguezais são constituídos de florestas arbóreas ou arbustivas adaptadas para viverem em terrenos alagados banhados pelas marés, as quais são o principal mecanismo de penetração das águas salinas nos manguezais. Para que haja um máximo desenvolvimento do manguezal, estes autores consideram que são necessárias algumas condições básicas, tais como: elevadas temperaturas, onde o mês mais frio deve ser maior que 20°C e amplitude térmica anual menor que 5°C; águas com teor de salinidade entre 10 e 30; grande amplitude de maré, pois quanto maior for a maré, maior será a intrusão de água salgada e, conseqüentemente, maior será a extensão do manguezal; substratos aluvionares ricos em matéria orgânica; ambientes protegidos contra ondas e marés fortes, pois a alta energia provoca erosão e impede a fixação das sementes e das plântulas.

Kiener, (1973), Schaeffer-Novelli, (1985), Diegues (1987), Coelho et al. (2004), FAO (2007) e GERCO (2009) destacam a importância desse ecossistema para um ambiente mais equilibrado:

- ✓ os manguezais funcionam como exportadores de matéria orgânica para o estuário, contribuindo para a produtividade na zona costeira;
- ✓ funcionam como área de abrigo, reprodução, desenvolvimento e alimentação de espécies marinhas, estuarinas, límnicas e terrestres, além de pouso e alimentação de aves migratórias;
- ✓ a produção dos manguezais constituem cerca de 95% do alimento que o homem captura do mar; sua manutenção é vital para as comunidades que vivem em seu entorno e para a biodiversidade da zona costeira;
- ✓ a vegetação dos manguezais funciona como estabilizadora da costa pois suas raízes fixam as terras;
- ✓ o manguezal funciona como um importante banco genético para a recuperação de áreas degradadas; absorção e imobilização de produtos químicos (por exemplo metais pesados), filtro de poluentes e sedimentos, além do tratamento de seus efluentes em seus diferentes níveis;
- ✓ fonte de recreação e lazer, associada ao seu apelo paisagístico e alto valor cênico.

As espécies de mangue são caracterizadas como plantas halófilas, próprias de ambientes salinos. Embora possam sobreviver em ambientes sem a presença do sal, em tais condições não ocorre formação de bosques, perdendo espaço para aquelas espécies melhor adaptadas à presença de água doce.

De acordo com Vannucci (2002), a estrutura do ecossistema manguezal é determinada não só por fatores físicos e químicos, mas também pela posição biogeográfica e pelas espécies de plantas e animais disponíveis para colonizar a área.

As zonas de transição distribuídas na porção mais interna do manguezal na interface médio/supralitoral são chamadas de apicuns, ocorrendo em áreas de solo geralmente arenoso, ensolaradas, desprovidas de cobertura vegetal ou com vegetação herbácea, aparentemente desprovida de fauna. Juntamente com os manguezais, os apicuns formam um estágio sucessional natural do ecossistema. Estas zonas também são consideradas reservatórios de nutrientes, no contexto do ecossistema manguezal, mantendo em equilíbrio os níveis de salinidade e a constância da mineralomassa (NASCIMENTO, 1993 citado por SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

Os manguezais estão presentes em quatro continentes e seis regiões geográficas do planeta, com maior ocorrência na América Central e Caribe, Índia, Península da Indochina, Brasil e Austrália (FONSECA; ROCHA, 2001).

A distribuição dos manguezais entre os oceanos, considerando a diversidade de espécies, permite a divisão em dois setores: Atlântico Leste Pacífico e Indo-Oeste Pacífico; neste último setor o número de espécies é cerca de quatro vezes maior que no primeiro, 58 e 13 espécies, respectivamente (LABOMAR UFC/ ISME-BR, 2005). Yokoya (1995) destaca a riqueza de espécies na região Indo-Pacífica em comparação com o Novo Mundo, o que pode ser explicado pelo fato de ser esta área considerada como o centro de origem das plantas de mangue, segundo vários estudos.

Em escala global, os mangues são limitados, de maneira geral, pela temperatura, mas na escala regional, a área e a biomassa das florestas de mangue podem variar com relação às condições hidrológicas e oceanográficas, ou seja, em função das diversas condições climáticas e outras variáveis oceanográficas os mangues podem assumir características específicas aos diversos compartimentos geoambientais encontrados pelo mundo (LABOMAR UFC/ ISME-BR, 2005).

Os manguezais ocupam uma fração significativa do litoral brasileiro, cerca de 92% da linha de costa ( $\pm 6.800$  km), estendendo-se do extremo norte no Oiapoque, Estado do Amapá ( $4^{\circ}30'N$ ), até seu limite sul na Praia do Sonho, em Santa Catarina ( $28^{\circ}53'S$ ) (LABOMAR UFC/ ISME-BR, 2005), apresentando seu desenvolvimento máximo estrutural nas proximidades da linha do Equador.

Segundo Schaeffer-Novelli (2000), os manguezais e marismas encontram-se ao longo de praticamente todo o litoral brasileiro, dominando a zona tropical, enquanto as marismas são ecossistemas homólogos, porém de zonas temperadas.

Segundo Coelho et al. (2004), em Pernambuco o manguezal se estende desde o nível médio das marés até o nível médio das preamares, entre 1,0 e 2,0 m de altitude sobre o nível médio do mar e a altitude de 1,0 m das cartas terrestres. A estrutura da floresta está composta principalmente pelo “mangue vermelho” *Rhizophora mangle* L. (Rhizophoraceae), “mangue siriúba” (*Avicennia schaueriana* Stapf. & Leechmam (Avicenniaceae), “mangue branco” *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn.f. (Combretaceae) e o “mangue de botão” *Conocarpus erectus* L. (Combretaceae).

O padrão de distribuição nem sempre é regular, porém o mangue vermelho seria mais comum na parte mais próxima ao mar, o mangue de botão na margem externa ao manguezal, o mangue siriúba na porção média e o mangue branco na porção mais afastada do mar, rio acima. Essa distribuição pode ter sido modificada muitas vezes, ora por eventos naturais, ora intervenção humana (COELHO et al., 2004). Em relação a Pernambuco, Coelho e Torres (1982) estimaram a área total ocupada por manguezal em 17.372 hectares.

As zonas costeiras representam a porção do planeta onde habita a maior parte do contingente populacional da Terra. Mais da metade da população mundial vive a menos de 60 km do litoral. No Brasil, 13 das 17 capitais de Estados litorâneos localizam-se à beira mar. Então, não por acaso, as zonas costeiras encontram-se sob maior estresse ambiental e entre os vários ecossistemas distribuídos nessas áreas, o manguezal é um dos que mais vêm sofrendo com a expansão urbana desordenada.

É importante destacar que o manguezal é uma área de preservação permanente, com restrições de uso descritas em diversas leis, entre elas a Constituição Federal (1988), Resolução nº 004/85 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), e Código Florestal Lei nº 4771/65 (alterada pelas Leis 7803 e 7875/89). Apesar de protegido por lei, é comum a utilização do manguezal para aterro e construção de moradias, lançamento de esgoto, pesca, deposição de lixo, utilização da madeira para a construção civil e como combustível.

O Manguezal do Pina, localizado na porção sul da cidade do Recife, no bairro do Pina, em uma área pertencente à Marinha do Brasil conhecida como antiga “Estação Rádio Pina”, vem sofrendo ameaça de deterioração, tanto pelo depósito do lixo quanto pelas ocupações espontâneas, o que vem acelerando sua degradação. O adensamento populacional contíguo a esse ecossistema vem colocando em questão o modelo de expansão urbana do Recife atualmente consolidado.

Tendo em vista a importância dos manguezais, este trabalho propõe contribuir com informações relevantes para a compreensão do comportamento dos elementos biológicos frente a processos modificadores da sua dinâmica natural. O estudo busca identificar as variações espaço temporais do Manguezal do Pina através de imagens de satélite de diferentes décadas, utilizando, também, índices de vegetação, além de caracterizar a composição estrutural e funcional do bosque de

mangue, procurando compreender a dinâmica do ecossistema e suas condições ambientais.

As análises visam fornecer subsídios para políticas de manejo, monitoramento e conservação da área, visto que o Manguezal do Pina representa uma grande área verde encravada em uma das regiões mais urbanizadas do Nordeste brasileiro. Sua conservação promove um salto significativo para a manutenção da qualidade de vida dos habitantes da cidade, bem como constitui ferramenta importante para o equilíbrio do meio ambiente e fortalecimento da gestão ambiental.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Vários estudos têm sido realizados no Brasil sobre o ecossistema manguezal e os aspectos mais analisados se referem à caracterização estrutural, funcional, zonação das formações de mangue, análises espaço temporais (com utilização do sensoriamento remoto), aferições de graus de perturbação, determinação da vulnerabilidade em áreas urbanas e propostas de reflorestamento.

As técnicas de sensoriamento remoto são ferramentas que têm sido bastante utilizadas em diversos trabalhos, inclusive em áreas de manguezal. Análises espaço temporais com a utilização de imagens de satélites e fotografias aéreas detectam prováveis alterações ocorridas em áreas com vegetação. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Área Foliar (IAF), Índice de Realce da Vegetação (EVI) e Índice de Vegetação Ajustado por Solo (SAVI) fornecem informações a partir de medidas espectrais para avaliação qualitativa e quantitativa de fatores diretamente relacionados com a cobertura vegetal, dentre elas: biomassa, área foliar, parâmetros de crescimento e desenvolvimento, além da dinâmica entre solo/vegetação, fornecendo subsídios para gestão dos recursos NATURAIS (JUNGES; ALVES; FONTANA, 2007; JENSEN, 2009; Silva, 2009).

No trabalho intitulado “Manguezais do Brasil”, Herz (1991) fez uma avaliação espacial dos manguezais da costa brasileira a partir da metodologia de processamento digital para apóio à fotointerpretação de aerolevantamentos convencionais, apresentando resultados relacionados ao condicionamento espectral, fotointerpretação e mapeamento.

Froidefond e Soriano-Sierra (1995) buscaram adequar técnicas atuais de sensoriamento remoto para cartografar as formações vegetais de mangue em Santa Catarina. O trabalho fez uso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e Análise de Componentes Principais (ACP). O estudo demonstrou a viabilidade da técnica do sensoriamento na elaboração de uma tabela de valores específica para as áreas de manguezal de dimensões reduzidas.

Lignon (2001) buscou caracterizar a dinâmica dos bosques de mangue do Sistema Cananéia-Iguape - SP, a partir do levantamento de imagens digitais, dinâmica de feições sedimentares, estrutura dos bosques e topografia. A autora

comprovou a ocorrência de zanação nos bosques de mangue em feições sedimentares ao longo de um gradiente de deposição de sedimento.

A fim de analisar o índice de vegetação para o monitoramento da cobertura verde no perímetro urbano da cidade de Manaus, Jardim-Lima e Walker Nelson (2003) utilizaram os índices de vegetação NDVI e Índice de Vegetação utilizando o Infravermelho Médio (IVN). As imagens com índice de vegetação permitiram alcançar o objetivo proposto, confirmando sua aplicabilidade como ferramenta no monitoramento de cobertura verde em área urbana, ou seja, não confundiram áreas florestadas como sendo áreas urbanas. O mesmo resultado não foi verificado para o índice SAVI (Índice de Vegetação Ajustado por Solo), que apresentou confusão entre as duas classes de cobertura do solo citadas.

A dinâmica do manguezal no Sistema de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo, a partir do tratamento de imagens de satélite e da digitalização de mapas topográficos, fotografias aéreas e dados fornecidos em campo, foi pesquisada por Cunha-Lignon (2006). A partir das análises, observou-se novas áreas de manguezal relacionadas às áreas de deposição de sedimento, sobretudo nos meandros dos canais lagunares do sistema costeiro.

Técnicas de sensoriamento remoto para o diagnóstico ambiental do estuário do rio Acaraú, Ceará, foram aplicadas por Araújo; Freire e Santos (2007), a partir de fotografias e imagens de satélites multitemporais. O resultado se deu da correlação, análise e síntese dos atributos ambientais estudados, onde foi possível compartimentar e mapear a região estuarina do Rio Acaraú, em acordo com as características genéticas e do comportamento morfodinâmico, revelando as potencialidades e limitações de uso dos recursos naturais de cada área.

Em um projeto intitulado “Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade de Manguezais em Áreas Protegidas no Brasil”, Zagaglia et al. (2007) buscaram realizar, através do Centro de Sensoriamento Remoto, o mapeamento dos manguezais em alguns mosaicos pré-definidos na ilha de Santa Catarina. O estudo se baseou em imagens orthoretificadas dos sensores TM e ETM+, tendo como objetivo subsidiar a quantificação das áreas de manguezais, bem como das porções desses ecossistemas protegidos pelos limites de Unidades de Conservação e Áreas de Proteção.

De acordo com Junges, Alves e Fontana (2007) os índices de vegetação são uma importante ferramenta gerada por técnicas de sensoriamento remoto que têm sido amplamente empregados em diversos trabalhos que buscam relacionar as informações captadas pelos sensores com a vegetação presente na área imageada. Através destes índices são obtidas informações a respeito da quantidade de biomassa verde e dos parâmetros de crescimento e desenvolvimento da vegetação.

Especificamente no que se refere à composição e estrutura dos bosques de mangue destacam-se os trabalhos de Soares (1999), Soares et al. (2003), Deus et al. (2003), Bernini; Rezende (2004), Menghini (2004), Silva et al. (2005), Matni et al (2006), Melo (2006), Menghini (2008), dentre outros.

A estrutura vegetal e o grau de perturbação dos manguezais da lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, foram estudados por Soares (1999), através da metodologia de parcelas múltiplas proposta por Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986), sendo também analisada a variação temporal a partir de imagens aéreas. O mesmo identificou uma grande variedade no desenvolvimento estrutural do bosque entre os diversos pontos de amostragem, sendo essa heterogeneidade considerada um forte indicador de área alterada.

A caracterização estrutural e funcional dos bosques de mangue na Baía da Guanabara, Rio de Janeiro, foi realizada por Soares et al. (2003). O trabalho apresentou resultados relacionados à ação de tensores que determinam diferentes graus de degradação e estágios de regeneração (sucessão secundária) das parcelas estudadas.

Deus et al. (2003) abordaram os diferentes históricos de antropização na estrutura da vegetação lenhosa de três áreas do manguezal no Piauí. A amostragem da vegetação foi feita através do método de parcelas múltiplas, sendo ainda caracterizada a arquitetura de cada fitocenose através de histogramas de intervalos fixos de 1m.

A estrutura da vegetação do manguezal do estuário do rio Paraíba do sul foi analisada por Bernini; Rezende (2004), que adotaram o método de parcelas múltiplas, distribuídas na franja e no interior da floresta. Tal estudo identificou que, a área analisada apresentou melhor desenvolvimento estrutural do bosque quando relacionado a outros manguezais do litoral fluminense, como nas Baías da Guanabara e Sepetiba.

Menghini (2004), a fim de avaliar o grau de perturbação e os processos regenerativos dos bosques de mangue da Ilha Barnabé, Baixada Santista – SP, caracterizou a estrutural vegetal, área foliar, microtopografia e produção de serapilheira, tendo sido também observadas deformidades foliares e erosão.

As características estruturais de bosques de mangue no estuário do rio São Mateus, Espírito Santo, foram analisadas por Silva et al. (2005), utilizando o método de parcelas múltiplas. O estudo demonstrou diferenças no desenvolvimento estrutural dos bosques, as quais correspondem as variações de frequência e da periodicidade das energias subsidiárias.

Matni, Menezes e Mehlig (2006) descreveram a estrutura de três bosques de mangue da península de Bragança, no Pará, utilizando o método de quadrante centrado (PCQM). A pesquisa concluiu que os bosques de mangue nesta área são de grande porte, dominados pela *R. mangle*. O estudo abordou sobre a frequência de inundação como um fator importante na diferenciação estrutural entre os bosques.

Melo (2006) identificou a estrutura e a zonação das formações de mangue existentes nos limites da Estação Ecológica de Guaraqueçaba - PR. Neste estudo observou-se que os manguezais nesta área de estudo apresentam formas bem desenvolvidas do ponto de vista fitossociológico.

Menghini (2008) tratou sobre a dinâmica da recomposição natural em bosques de mangue impactados na Ilha Barnabé (Baixada Santista) - SP. Os resultados obtidos referem-se da análise multitemporal, recomposição natural, produção de serapilheira, sazonalidade, microtopografia e da caracterização dos bosques em diferentes estágios sucessionais.

Os estudos desenvolvidos sobre os manguezais do Estado de Pernambuco tratam de variações espaço temporais, distribuição das espécies, caracterização estrutural e funcional do bosque e levantamentos sócio ambientais, dando ênfase à conservação dessas áreas.

Cavalcanti et al. (1980) estudaram as condições ecológicas e estresses naturais e artificiais sobre o ambiente de mangues em Suape - PE. O estudo aborda observações sobre os principais parâmetros físicos químicos da água e aspectos qualitativos das populações planctônicas, bentônicas e nectônicas.

Baseando-se em mapas e fotografias aéreas de 1970/71, Coelho e Torres (1982) estimaram as regiões estuarinas de Pernambuco em 25.040 hectares, dos quais 17.372 hectares eram ocupados por manguezais.

Silva (1995) estudou os parâmetros oceanográficos e a distribuição das espécies e bosques de mangue do estuário do rio Paripe, Vila Velha - PE. Em relação à produtividade e biomassa das espécies arbóreas desse manguezal foram analisadas por Medeiros (1996).

Durante o período de 1995-1998 foi realizado um projeto denominado "Gerenciamento Ambiental Participativo: aplicação ao caso dos manguezais do Canal de Santa Cruz", cujos resultados foram reunidos por Barros et al. (2000). Neste diagnóstico ficou evidenciado que o primeiro passo para a introdução de técnicas de gerenciamento é o conhecimento do ecossistema, sob os mais variados aspectos.

Os manguezais de Suape - PE foram pesquisados por Souza; Sampaio (2000, 2001), que abordaram os tipos fisiográficos e a variação temporal da estrutura dos bosques de mangue, respectivamente. Os resultados mostraram que, em relação à distribuição das espécies não houve mudanças marcantes significativas entre 1988 e 1995 e nem diferenças nas situações de antropização. Em relação aos aspectos estruturais, notou-se que oito anos não foram suficientes para a recuperação do bosque de mangue.

Schuler; Andrade e Santos (2000) avaliaram a composição e estrutura das quatro espécies de bosques de mangues encontradas no Canal de Santa Cruz - PE. Os autores caracterizam uma maior abundância na área da *R. mangle*, seguida pela *L. racemosa* e *A. schaueriana*, sendo a espécie menos frequente o *Conocarpus erectus*. O estudo identificou uma redução do bosque de 23,59% entre o período de 1974 e 1988, enquanto a área urbana apresentou um aumento de 625,03% neste mesmo período.

Moura et al. (2002) identificaram e caracterizaram as áreas estuarinas do Canal de Santa Cruz e Rio Jaguaribe - PE como parte do projeto "Utilização das Técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento como Instrumentos para Gestão Ambiental das Áreas Estuarinas do Canal de Santa Cruz e Rio Jaguaribe", visando inibir a desenfreada agressão ambiental e, ao mesmo tempo, buscar alternativas de desenvolvimento sustentável desses ecossistemas. De acordo com estes autores, foi imprescindível programar um contínuo monitoramento e

fiscalização nas áreas estuarinas, de forma a fornecer subsídio à avaliação dos programas de políticas públicas, traduzindo os resultados de pesquisas científicas e avanços tecnológicos em melhoria da qualidade de vida da população.

As características estruturais do bosque de mangue do estuário do rio Timbó foram analisadas por Correia (2002). O estudo avaliou a composição e características estruturais do manguezal utilizando o método de parcelas, tendo sido também avaliados os impactos antrópicos através de registros fotográficos e da aplicação de uma *check list*.

A Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH), através do Programa de Gerenciamento Costeiro de Pernambuco (GERCO-PE), realizou o Levantamento Sócio-ambiental do Litoral Norte (CPRH, 2003) e Litoral Sul (CPRH, 2003).

Para o litoral norte (CPRH, 2003) foi avaliada a extensão das áreas estuarinas através da comparação dos dados obtidos pela FIDEM (1987) e por Bryon (1994), tendo sido observado que, apesar de protegidas pela Lei 9. 931/86, estas áreas não ficaram isentas de usos/atividades impactantes, uma vez que foi estimada uma redução em alguns estuários.

O levantamento socioambiental do litoral sul concluiu que a retirada de madeira e lenha, o corte do mangue para instalação e ampliação de viveiros, o aterro para construção de moradia em consequência da ocupação urbana desordenada, a poluição dos estuários, a pesca predatória e a exploração descontrolada da fauna estuarina são alguns dos fatores que contribuem para a redução do estoque pesqueiro e comprometem a função ecológica e social dos manguezais (CPRH, 2003).

Coelho et al. (2004) discorreram sobre o ecossistema manguezal, enfatizando as suas características de ocorrência em Pernambuco. Segundo os autores, em Pernambuco o manguezal se estende desde o nível médio dos marés até o nível médio das preamares, entre 1,0 e 2,0 m de altitude sobre o nível médio do mar e a altitude de 1,0 m das cartas terrestres. A estrutura da floresta está composta principalmente pelo “mangue vermelho” (*R. mangle*), “mangue siriúba” (*A. schaueriana*), “mangue branco” (*L. racemosa*) e o “mangue de botão” (*Conocarpus erectus*).

Nascimento Filho (2007) caracterizou os padrões de zonação e desenvolvimento estrutural dos bosques de mangue do rio Ariquindá, Tamandaré -

PE, contemplando também aspectos sobre o gradiente ambiental, graus de inundação e salinidade das áreas estudadas.

A partir da fusão de imagens multiespectrais, Santiago et al. (2009), mapearam e quantificaram as áreas de vegetação de mangue e dos tanques de carcinicultura do Manguezal do Pina - PE. O estudo apresentou resultados relacionados à redução do solo exposto, mais especificamente os bancos de areia, em detrimento à expansão da vegetação de mangue e um incremento na área ocupada por tanques de carcinicultura.

Silva; Oliveira e Torres (2009) realizaram uma análise temporal da vegetação de mangue no estuário conjunto dos rios Pirapama e Jaboatão - PE, através da utilização de imagens de satélite e fotografias aéreas. A análise do uso e ocupação do solo durante período estudado (1974 a 2008) mostrou que houve um acelerado incremento dos processos de urbanização e industrialização, e também uma expansão dos manguezais. Por outro lado, as áreas ocupadas por vegetação rala e solo exposto e por tanques de carcinicultura apresentaram uma diminuição.

Silva et al. (2009) analisaram a evolução espaço temporal na microrregião de Itamaracá - PE, a partir do uso do sensoriamento remoto através dos seguintes índices de vegetação: NDVI, SAVI e IAF. Neste estudo foi possível perceber, que nos três índices a vegetação de mangue apresentou respostas semelhantes às faixas de vegetação esparsa e de agricultura.

Vale ressaltar que embora a maioria dos trabalhos relacionados à caracterização estrutural adote a metodologia sugerida por Schaeffer-Novelli; Cintrón (1986), não há um padrão definido de análise, o que torna muitas vezes difícil a comparação entre os diversos resultados obtidos.

### 3 JUSTIFICATIVA

O manguezal representa um ecossistema com grande importância tanto ecológica quanto social. Do ponto de vista ecológico, representa uma das regiões mais produtivas do planeta, pois exporta matéria orgânica para as regiões estuarinas e várias espécies encontram nesse berçário natural condições específicas para sua reprodução. Do ponto de vista social, em uma cidade com tantos contrastes como o Recife, sua fauna e flora servem como fonte de renda para um grande contingente populacional que vê nesse ambiente sua única fonte de subsistência.

Apesar de sua importância, o Manguezal do Pina, (um dos últimos resquícios de mangue da cidade do Recife), o qual muitos consideram como a maior área de manguezal urbano do Brasil, vem ao longo do tempo sofrendo ameaças de deterioração tanto pela ocupação espontânea de seus arredores, quanto pela pressão exercida por grandes construtoras as quais são responsáveis pelo aumento desenfreado da especulação imobiliária no local. Entretanto, as ameaças ao Manguezal do Pina não se resumem apenas a ação de particulares. O próprio poder público ao longo dos anos vem enxergando no citado manguezal uma saída para melhoria no sistema viário da cidade, porém sem deixar claro até que ponto os impactos a que essa área será submetida comprometerão o equilíbrio desse ecossistema.

Portanto, torna-se oportuno o estudo que busque entender o funcionamento do Manguezal do Pina, o qual abrange um santuário ecológico que influencia a biodiversidade dos ecossistemas associados, exercendo também grande relevância na vida do homem. Dessa forma, o monitoramento das mudanças ocorridas na vegetação de mangue através da caracterização estrutural e funcional permitirá estabelecer um sistema permanente de dados que viabilizem a proteção da área, facilitando assim um acompanhamento desse sistema natural e das suas variações cíclicas. A seleção de um conjunto de ecossistemas a serem estudados, com fonte de recursos assegurada, garantindo a continuidade dos trabalhos, permitiria a visualização efetiva do panorama litorâneo (a médio e longo prazo), adequando medidas preventivas para se reduzir a necessidade da adoção de medidas corretivas e/ou punitivas (SCHAEFFER-NOVELLI, 2000).

A descrição estrutural dos bosques de mangue fornece a idéia do grau de desenvolvimento, além de permitir a identificação e a delimitação de bosques com propriedades semelhantes, permitindo realizar comparações em áreas diferentes (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1986).

O estudo da caracterização estrutural da vegetação de mangue constitui-se numa valiosa ferramenta no que concerne à resposta às condições ambientais existentes, atuando como bioindicador respondendo a processos de alteração do meio ambiente, auxiliando, assim, nos estudos e ações que objetivam a conservação desse ecossistema (SOARES, 1999). É fundamental que a caracterização estrutural da vegetação de mangue seja entendida como um meio de se chegar ao processo de desenvolvimento bem estruturado dentro de parâmetros que respeitem os limites dos ecossistemas de manguezais e que visem subsídios para manejo, monitoramento e conservação da área.

Assim, o presente estudo contribuirá com importantes informações sobre o Manguezal do Pina, tais como: mapeamento da vegetação, reconhecimento ambiental, interferências, caracterização estrutural, acompanhamento de sua expansão ou retração e limites, as quais poderão ser utilizadas para implementação de políticas públicas que visem dar à área uma destinação que não prejudique, ainda mais, o equilíbrio e a sustentabilidade dos seus recursos.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GERAL

Realizar a análise estrutural da vegetação de mangue e um diagnóstico espaço-temporal do Manguezal do Pina, visando contribuir para o desenvolvimento sustentável de seus recursos, facilitando futuras ações de conservação e monitoramento.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar o mapeamento da área ocupada pelo Manguezal do Pina e seu entorno ao longo de três décadas, com especial referência à distribuição da vegetação de mangue;
2. Identificar e quantificar as alterações espaço temporais das áreas ocupadas pelo manguezal e seu entorno ao longo de três décadas;
3. Analisar a composição e estrutura do bosque de mangue;
4. Relacionar alguns fatores ambientais à composição e estrutura do bosque.

## 5 CARACTERIZAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade do Recife situa-se no litoral oriental da América do Sul, na costa do Nordeste brasileiro, tendo como limite norte, sul e oeste a mesorregião da Mata Pernambucana e a leste o Oceano Atlântico. Juntamente com 13 municípios (Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo, Camaragibe, Igarassu, Itamaracá, Ipojuca, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Olinda, Paulista e São Lourenço da Mata) formam a Região Metropolitana do Recife, sendo Recife o núcleo principal e onde se concentra a metade da população metropolitana (ATLAS AMBIENTAL DO RECIFE, 2000).

O município está geologicamente situado em um substrato constituído por rochas cristalinas e sedimentares que podem ser subdivididas nos seguintes domínios: Domínio das Rochas Cristalinas de idade Pré-Cambriana; Domínio das Bacias Sedimentares da Margem Continental, de idade Cretácea; Domínio dos Sedimentos de Coberturas. Da sua estrutura geológica resultam três tipos de solos: aluviais arenosos, latossolos e indiscriminados de mangues (ATLAS AMBIENTAL DO RECIFE, 2000).

Estando a uma altitude aproximada de 4m, a referida cidade foi edificada, originalmente, sobre uma planície de origem flúvio-marinha, de origem quaternária, resultante da acumulação de sedimentos carreados pelos rios principais da região, Capibaribe e Beberibe, com influência também de rios menores como Tejipló, Jiquiá, e Jordão, além de sedimentos trazidos pelo oceano Atlântico. Esta planície é circundada por colinas originadas no período Terciário, as quais estão dispostas em forma de um semicírculo, a sua borda aflorando entre o Cabo de Santo Agostinho, ao sul, e a atual cidade de Olinda, ao norte. A baía em forma de semicírculo foi sendo formada durante milhões de anos, com entulhos a oeste de sedimentos fluviais e a leste pelos sedimentos de origem marinha. A existência dessa planície e elevações evidencia a ocorrência de mudanças climáticas que alternaram períodos mais secos e outros mais úmidos (ATLAS AMBIENTAL DO RECIFE, 2000).

A formação dessa planície se deu entre as colinas terciárias e os arrecifes sobre terreno de solos de aluvião, argilosos (massapê). Na porção litorânea, os depósitos areno-argilosos ficam submersos quando em marés altas. Os processos de transgressão e regressão marinhas associados às contribuições dos rios e dos

ventos moldaram a feição do sítio do Recife, para as fases seriais e pioneiras do seu ecossistema, consolidando as comunidades de mata litorânea. Na formação de delta-estuário a superfície se dividiu em porções separadas por canais, rios e camboas, favorecendo a formação de ilhas que se cobriram por uma vegetação específica a essas áreas, o mangue.

O clima observado na área em estudo é o tropical quente e úmido do tipo As', segundo a classificação climática de Köppen. Andrade (1977) classifica este clima como pseudotropical da costa nordestina, pois na maioria das áreas que apresenta este tipo climático (Tropical Úmido) o regime de chuva é de primavera-verão, enquanto que no litoral pernambucano o regime de chuvas é de outono (antecipada) e inverno (concentrada). A precipitação média anual na cidade do Recife é 1.651,3mm e a temperatura média anual é 25°C, conforme dados fornecidos pelo Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande. Na figura 01 são apresentadas as médias mensais de precipitação e temperatura da cidade do Recife entre os anos de 1911 e 1990.

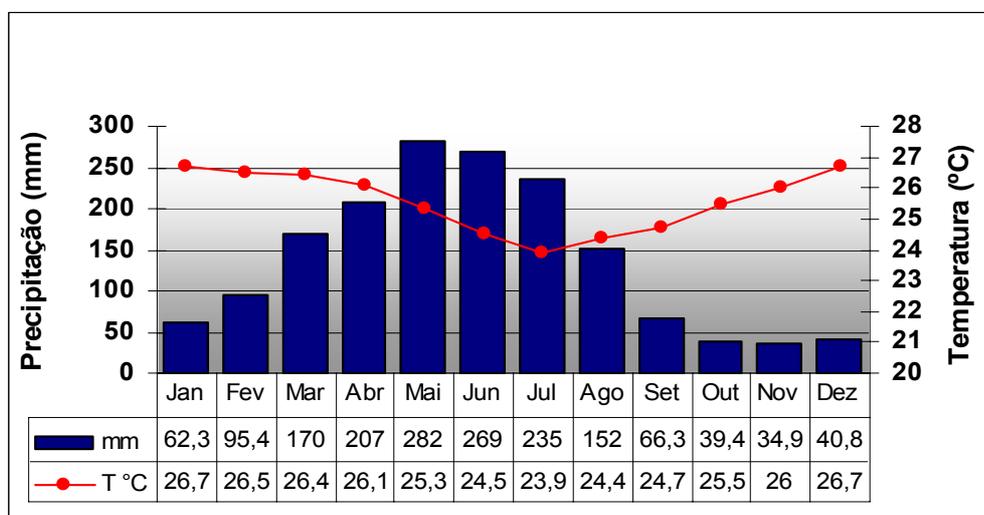


Figura 1 - Climograma do Recife/PE (1911 a 1990).  
Fonte: DCA – UFCG ( 2008).

A vegetação é constituída por Floresta Tropical (Mata Atlântica), Campos de Várzea, Restinga e Mangues, atualmente devastada devido aos aterros e extração ilegal de madeira.

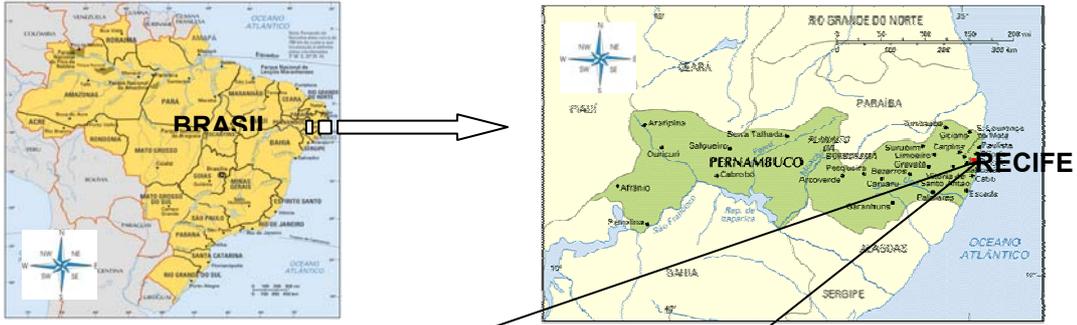
A paisagem do Recife sofreu alterações ao longo do tempo com os diversos aterros empreendidos na área, os quais contribuíram para a formação das ilhas dos bairros do Recife, São José, Santo Antônio e Boa Vista. Além dos diversos fatores

geoambientais, a feição da planície recifense exhibe características das atividades antrópicas destacando-se: os desmatamentos, os aterros e as construções que alteraram significativamente seu sítio, ampliando e consolidando os solos, reduzindo os espaços ocupados pela vegetação e solos.

O Manguezal do Pina localiza-se na porção sul da cidade do Recife, no bairro do Pina, entre as coordenadas de 8°5'30" e 8°6'30" S; 34°54'30" e 34°53'00" W, em uma área pertencente à Marinha do Brasil, conhecida como antiga "Estação Rádio Pina" (Figura 2). Os manguezais que se desenvolvem nesta localidade sofrem ameaça de deterioração, tanto pelo acúmulo do lixo como pelas ocupações espontâneas e desordenadas, o que vem acelerando seu processo de degradação.

Segundo o Relatório de Impactos Ambientais, oriundo do projeto de construção da Via Mangue, o Manguezal do Pina ocupava, no ano de 2007, uma extensão aproximada de 223,26ha. Esta área está inserida na Região Político Administrativa 6 (RPA 6), sendo considerada uma Zona Especial de Proteção Ambiental (ZEPA 2). A região em estudo possui aspecto essencialmente aquático, com manguezais e ilhas envolvidos por braços dos rios Jordão e Pina, mas com influência de outros dois rios, Tejipió e Capibaribe, possuindo uma das maiores extensões de mangue em ambiente urbano do Brasil (Figuras 3 e 4).

De acordo com o Atlas de Desenvolvimento Humano da Cidade do Recife (2005), as comunidades situadas em Zonas Especiais de Interesse Social (Zeis) da Região Político Administrativa 6, a qual o Manguezal do Pina faz parte são: Zeis Ilha de Deus: Ilha de Deus, no bairro do Pina e Zeis Pina/Encanta/Moça: Bode, Encanta Moça, Areinha e Beira Rio/Joca, no bairro do Pina. As comunidades situadas em outras áreas pobres dos bairros são: Pantanal, Pantanal 2 e Xuxa, no bairro do Pina. A maioria da população residente na RPA 6 mora em áreas pobres e perfaz a maior parte dos domicílios (Tabela 1).



Parte da Região Sul da Cidade do Recife

Manguezal do Pina



Figura 2 - Localização do Manguezal do Pina. Fonte: RIMA (2008); Atlas de Desenvolvimento Humano da Cidade do Recife (2005).

**Tabela 1****População e Domicílios - Zeis: Pina/Encanta Moça e Ilha de Deus (2000)**

	<b>População</b>	<b>Domicílios</b>
Total	17.392	4.615
Morando em ZEIS e outras áreas pobres	16.895	4.477
Percentual morando em ZEIS e outras áreas pobres	97,14%	97,01%

Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano da Cidade do Recife (2005).

A partir da década de 40, o Manguezal do Pina passou a sofrer uma grande especulação imobiliária e intervenções por conta da instalação de um Aeroclub e de uma estação militar de rádio (a rádio Pina). Ao mesmo tempo, uma população de pescadores iniciou a ocupação de suas margens e da Ilha de Deus (PROEST 1, 1996). Atualmente o manguezal se encontra envolvido por ocupações urbanas de alto e baixo poder aquisitivo, entre elas 11 comunidades que se estabeleceram nas margens dos dois rios, o Pina e Jordão, de maneira espontânea e sem planejamento urbano. Esses fatores contribuem para o aumento da poluição dos rios e do manguezal, agravado pela insuficiência de serviços de saneamento básico.



Figura 3 - Vista aérea do Manguezal do Pina. Fonte: <[www.revistaalgomais.com.br](http://www.revistaalgomais.com.br)>

Martins e Melo (2008) tratam das condições em que a prática da carcinicultura marinha é desenvolvida na região pelos moradores da comunidade da Ilha de Deus, cujos diques dos viveiros são construídos com o material disponível no próprio mangue. De maneira geral, a qualidade da água dos viveiros não é satisfatória do ponto de vista bacteriológico e da condição sanitária do produto, apesar de obtidas altas produtividades.



Figura 4 – Vista aérea parcial do Manguezal do Pina. Autor: Antônio Rocha (2009).

## 6 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.1 MAPEAMENTO

Para o mapeamento espaço temporal do Manguezal do Pina e seu entorno foram utilizadas imagens digitais multiespectrais dos anos de 1987, 1991 e 2008, do satélite LANDSAT 5, sensor TM, órbita 214, ponto 66 da faixa espectral do visível-infravermelho (VISIR, com resolução espacial de 30 metros), trabalhadas com o *software* ERDAS 9.3, do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE e para o *layout* das imagens foi utilizado o *software* ARCGIS 9.3. As imagens selecionadas admitiram um baixo índice de nebulosidade.

As imagens foram adquiridas gratuitamente através site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), sendo identificadas pelo Sistema de Referência Universal.

#### 6.1.1 Processamento Digital das Imagens

As imagens foram georeferenciadas no *software* ARCGIS 9.3 com base cartográfica (UTM/ South American Datum 1969) através de shapes criados a partir de pontos coletados com o GPS.

Para diminuir os efeitos da atmosfera nas imagens foi feita a calibração radiométrica, sendo realizados cálculos de radiância e reflectância a partir do *software* ERDAS 9.3. Na primeira etapa obteve-se a radiância espectral aparente da imagem, que consistiu em transformar o número digital da imagem em radiância a partir da fórmula abaixo:

$$L_{\lambda i} = [L_{\min} + (L_{\max} - L_{\min}) \times N.D] \div 255$$

Onde:  $L_{\min}$  e  $L_{\max}$  são coeficientes de calibração, 255 é o valor máximo da radiância (valor máximo do número de cinza) e N.D é o número digital da imagem.

Para a obtenção da reflectância dos objetos presentes nas imagens foi feito o cálculo da reflectância representado na seguinte fórmula:

$$\text{Ref}\lambda = (L\lambda i \times \pi \times d^2) \div (KLi \times \cos Z)$$

Onde:  $L\lambda i$  é a imagem da radiância,  $\pi \times d^2$  é o valor da distância Terra Sol,  $KLi$  refere-se à irradiância,  $\cos Z$  é o ângulo zenital.

Os valores correspondentes à distância Terra Sol, irradiância solar no topo da atmosfera e o cosseno do ângulo zenital das imagens foram obtidos a partir do cruzamento de dados com uma planilha compatível ao *software* do EXCEL disponível no site do INPE.

Após a calibração da imagem foi feito um recorte do entorno do Manguezal do Pina, sendo o mesmo utilizado para todas as imagens, evitando contabilizar e analisar tamanhos de áreas distintos.

### 6.1.2 Análise Espaço Temporal da Vegetação a partir das Imagens

A análise espaço temporal da vegetação consistiu no emprego do Índice por Diferença Normalizada (NDVI), o qual utiliza as bandas 3 e 4 da imagem, as quais atuam no comprimento de onda que vai de  $0,4\mu\text{m}$  a  $0,8\mu\text{m}$  correspondente à região do visível-vermelho e ao infravermelho próximo.

Para o cálculo do NDVI foi utilizada a equação que é definida por:

$$\text{NDVI} = (\text{ReflectB4} - \text{ReflectB3}) \div (\text{ReflectB4} + \text{ReflectB3})$$

Onde:

Reflect B4 = reflectância no infravermelho próximo;

ReflectB3 = reflectância no vermelho.

Os valores numéricos do NDVI podem variar entre -1 e 1, estando a vegetação está associada aos valores positivos. Materiais que refletem mais intensamente na porção do vermelho em comparação com o infravermelho próximo (nuvens, água e neve) apresentam NDVI negativo. Solos descobertos e rochas refletem o vermelho e o infravermelho próximo quase na mesma intensidade, por conseguinte, seu NDVI aproxima-se de zero (RIZZI, 2004).

Para o NDVI foram feitas classificações supervisionadas. Os valores de 0,005 a 0,421 representaram o solo exposto e área urbana; entre 0,422 a 0,514 representaram a vegetação rala (rasteira); a vegetação semi-densa (de transição) foi classificada nos intervalos de 0,515 a 0,621; a vegetação densa (vegetação de mangue) nos intervalos de 0,622 a 0,793. Os valores negativos corresponderam à hidrografia.

## 6.2 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

Para a caracterização ambiental foram analisadas nove parcelas de 20x20m<sup>2</sup>, divididas em três sítios de amostragens (A, B e C) (Figura 5). Em cada sítio foram realizadas três parcelas (A1, A2, A3; B1, B2, B3 e C1, C2 e C3) mantendo uma distância de 10 m uma da outra, posicionadas perpendicularmente aos gradientes físico-químicos, estando orientadas paralelamente à margem do rio (Figura 5). As análises foram realizadas nas seguintes datas: 25/07/09 (parcelas A1 e A2); 26/06/09 (A3); 20/08/09 (sítio B) e 18/09/09 (sítio C).

O primeiro sítio corresponde ao A, localizado a 30 m das margens de um dos braços do rio Pina, nas coordenadas UTM de 0290895 e 9104376 (erro de 10m). O sítio B está situado a 10 m de um dos braços do rio Pina, entre as coordenadas UTM de 0290998 e 9104974 (erro de 15m). O sítio C localiza-se nas coordenadas UTM de 0291537 e 9104338 (erro de 10m), a uma distância de 10 m da margem de um dos braços do rio Pina (Figura 5).

### 6.2.1 Dados Abióticos

#### 6.2.1.1 Temperatura do Solo, do Ar e Salinidade da Água Intersticial

Em todas as parcelas foram aferidos a temperatura do solo e do ar com um termômetro graduado marca Incoterm, além dos valores da salinidade da água intersticial a 30 cm de profundidade. Este último parâmetro foi medido com auxílio de um refratômetro óptico modelo Instrutherm, escala 0 a 100.

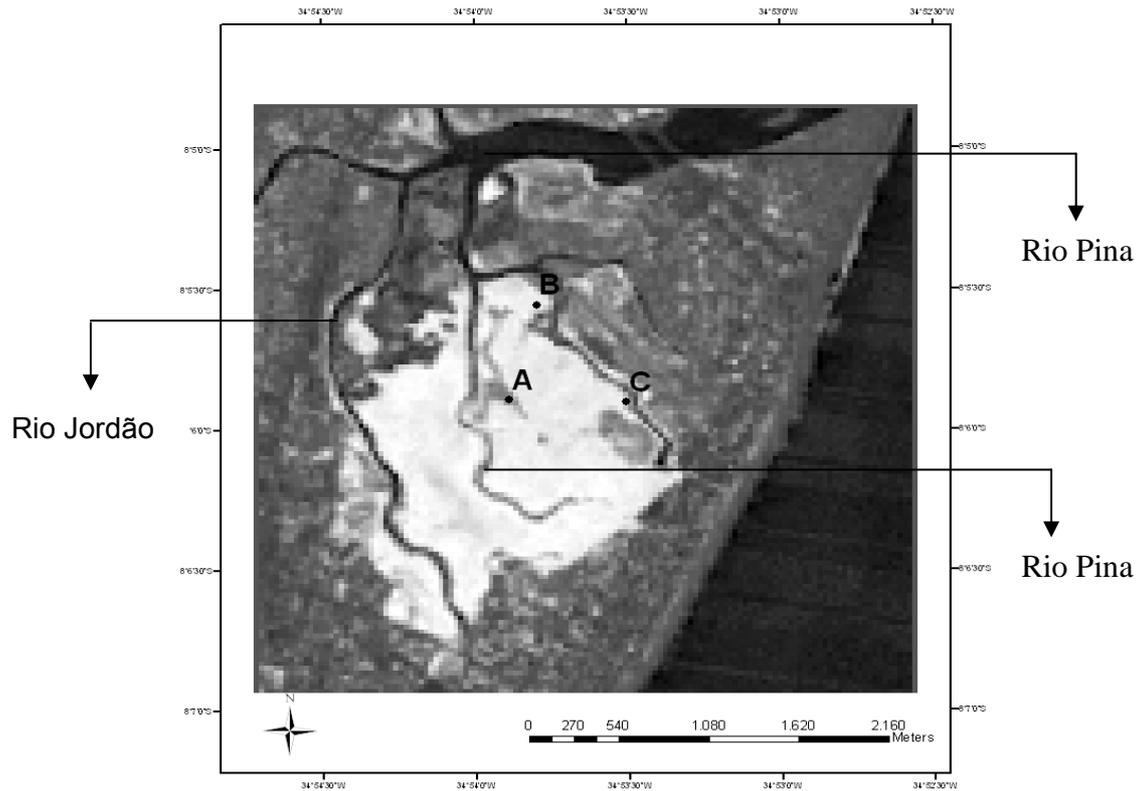


Figura 5 – Localização dos sítios de amostragens no Manguezal do Pina. A mancha mais clara corresponde ao Manguezal do Pina.

#### 6.2.1.2 Análise de Sedimento

As análises foram realizadas no laboratório de Química do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, tendo sido determinadas a caracterização física (granulometria) e química (pH em água,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  trocáveis e carbono orgânico). Foram recolhidas quatro amostras de cerca de 150 g de sedimentos em cada parcela para as análises. Após a coleta o material foi seco ao ar, destorroado e peneirado em malha de 2 mm para a realização das análises.

##### 6.2.1.2.1 Análise Granulométrica

Fundamentou-se na quantificação dos teores das frações do solo, determinados por metodologia proposta pela EMBRAPA (1997). O processo consistiu na pesagem das amostras e posterior dispersão/separação das frações

primárias do solo, esta feita através de agitação mecânica lenta e quimicamente com aplicação NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> (Hidróxido de sódio).

#### 6.2.1.2.2 Análises Químicas

Para pH em Água (1:2,5) foi utilizado 10cm<sup>3</sup> de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) adicionando 25mL de água destilada, agitando em seguida cada amostra durante 1 minuto e após trinta minutos foi procedida a leitura através de potenciômetro.

A extração dos trocáveis cálcio e magnésio foi baseada nos valores da determinação potenciométrica, e assim selecionado o extrato, o qual foi a solução de KCl (cloreto de potássio) 1mol/L<sup>-1</sup> e dosados conjuntamente por complexometria, utilizando-se Na<sub>2</sub>-EDTA como quelante, na presença do indicador eriocromo, a partir da metodologia sugerida pela EMBRAPA (1997).

O teor de Carbono nas amostras foi analisado pelo método de Yeomans; Bremner (2000). O procedimento titrimétrico de oxi-redução consistiu na oxidação do carbono orgânico contido em uma determinada massa da amostra, com solução de dicromato de potássio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) em meio ácido, seguida de titulação do excesso de dicromato com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,2 ml/L<sup>-1</sup>, utilizando-se solução de Ferroim como indicador sugerida por Freire (2000).

#### 6.2.2 Analise Estrutural do Bosque

A estrutura da vegetação foi analisada de acordo com a metodologia descrita em Cintrón e Schaeffer-Novelli (1981) e Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986), a qual consiste no emprego de parcelas múltiplas para a caracterização das propriedades estruturais e características funcionais do sistema.

Para a aplicação dos parâmetros estruturais foram consideradas algumas características do bosque como: composição das espécies, DAP (diâmetro à altura do peito dos troncos vivos), área basal dos troncos vivos (AB), área basal média (ABM), altura dos indivíduos, número de troncos, densidade de indivíduos por hectare, dominância e frequência.

Para a delimitação das parcelas foram utilizadas corda de náilon, fita métrica calibrada e estacas de bambu. À medida que cada árvore estava sendo catalogada

marcava-se uma a uma com barbante ou tinta spray para evitar a recontagem dos indivíduos.

As metodologias empregadas para medir estas variáveis estruturais são descritas a seguir:

- Diâmetro das Árvores

O diâmetro das árvores (DAP) foi medido a partir de regras que obedecem as irregularidades de cada uma. Utilizou-se trenas graduadas em centímetros e os valores foram divididos por  $\pi = 3,1416$ , para a obtenção do diâmetro de cada indivíduo. O DAP foi medido à altura de 1,30m do solo, sendo utilizada uma vara graduada. As medidas dos diâmetros foram agrupadas em classes de troncos com diâmetros  $<2,5$  cm  $\geq 2,5$  cm e  $\geq 10$  cm.

O diâmetro médio é definido como sendo o diâmetro da árvore de área basal média. Esse valor permite a comparação entre os bosques, podendo ser correlacionado com outras medidas estruturais. O diâmetro médio é dado por:

$$DAPM\u00e9dio = \sqrt{(AB) \times (12732,39)} \div n$$

Onde: AB é o valor da área basal e n é o número de indivíduos por hectare.

- Área Basal dos Troncos Vivos

A área basal dos troncos vivos foi definida como a área ocupada, dentro de uma parcela, por um tronco vivo com um dado diâmetro, expressa em m<sup>2</sup> (metro quadrado) por ha (hectare). A área basal serve como indicador do índice de grau de desenvolvimento adquirido pelo bosque, pois expressa o volume de madeira e biomassa do bosque.

A área basal (AB) é expressa pela seguinte fórmula:  $AB = \pi r^2$ , onde g é a área basal e r é o raio, substituindo o raio por  $r = dap/2$ , então têm-se o  $AB = \pi/4 \times dap^2$ , formando a seguinte fórmula:  $g = \pi (DAP)^2/ 4 \times 10.000$ . Para expressar a fórmula em m<sup>2</sup> por hectare têm-se:

$$AB(m^2) = 0,00007854 \times (DAP_{cm})^2$$

Para o cálculo da área basal média divide-se o valor da área basal pelo número de indivíduos medidos.

- A altura das árvores

A altura das árvores foi medida com vara “telescópica” e hipsômetro. A altura média do bosque foi obtida a partir da média da altura de todas as árvores contabilizadas em cada parcela.

- Número de Troncos

Para a contagem do número de troncos considerou-se que quando a árvore bifurca abaixo da altura do peito devem ser contabilizados dois troncos e um único indivíduo.

- Densidade Relativa

A densidade relativa é a contribuição em número de indivíduos por cada bosque. Essa medida é uma comparação entre as várias parcelas fixas, sendo obtida por:

$$Densidade\ Relativa = \frac{Número\ de\ Indivíduos}{Número\ Total\ de\ Indivíduos \times 100}$$

- Dominância Relativa

Definida como a área basal de dominância entre as várias parcelas sendo obtida por:

$$Dominância\ Relativa = \frac{Dominância\ de\ uma\ Espécie}{Dominância\ Total\ (Área\ Basal) \times 100}$$

- Frequência Relativa

Valor relacionado à probabilidade de ocorrência de uma espécie em uma única parcela. Esse valor foi calculado entre as várias parcelas de um mesmo tamanho, tendo sido obtido por:

$$\text{Frequência Relativa} = \frac{\text{Frequência de uma Espécie}}{\text{Soma da Frequência de todas as Espécies}} \times 100$$

### 6.2.3 Análise dos Componentes Principais (ACP)

Na análise de componentes principais a matriz formada com os dados das espécies e os parâmetros ambientais mais significativos foram submetidos a uma padronização, para reduzir os efeitos das diferentes escalas. Em seguida foi calculada a similaridade por correlação momento-produto de Pearson, depois foram computados os autovalores da matriz de dispersão, associando a cada um desses autovalores, autovetores, os quais correspondem aos eixos principais do espaço multidimensional. O primeiro eixo principal descreve a maior dimensão elipsóide multidimensional, enquanto que os eixos principais seguintes passam por dimensões sucessivas gradativamente menores (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998). Os dois primeiros fatores foram projetados em espaço bi-dimensional.

Todos estes cálculos foram realizados no Laboratório de Zooplâncton do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, utilizando-se o programa computacional NTSYS (*Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System*) da *Metagraphics Software Corporation*, Califórnia/USA.

## 7 RESULTADOS

### 7.1 ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL

Os cálculos do NDVI e a classificação das imagens correspondentes aos anos de 1987, 1991 e 2008 possibilitaram visualizar e quantificar variações espaço temporais do Manguezal do Pina. Os índices de NDVI mostram que houve modificações tanto na configuração da área urbana e solo exposto, quanto na distribuição da vegetação ao longo do período analisado (Figura 8).

Todas as imagens apresentaram diferentes mosaicos de paisagem na organização espacial da vegetação. Na imagem de 1987 a área total ocupada por vegetação correspondeu a 400ha, sendo 120,7 de vegetação rala (rasteira), 93,1ha de semi-densa (transição entre a rasteira e a densa) e 186,4ha de densa (mangues). Em 1991, a área vegetada englobava 428ha, dos quais 182,8ha correspondiam à vegetação rala, enquanto a semi-densa e densa abrangiam 91,1 e 154ha, respectivamente. No ano de 2008, 399ha estavam ocupados por vegetação, sendo que a rala, semi-densa e densa foram, respectivamente, de 112,0; 71,6 e 215,9ha (Figura 6, Tabela 2).

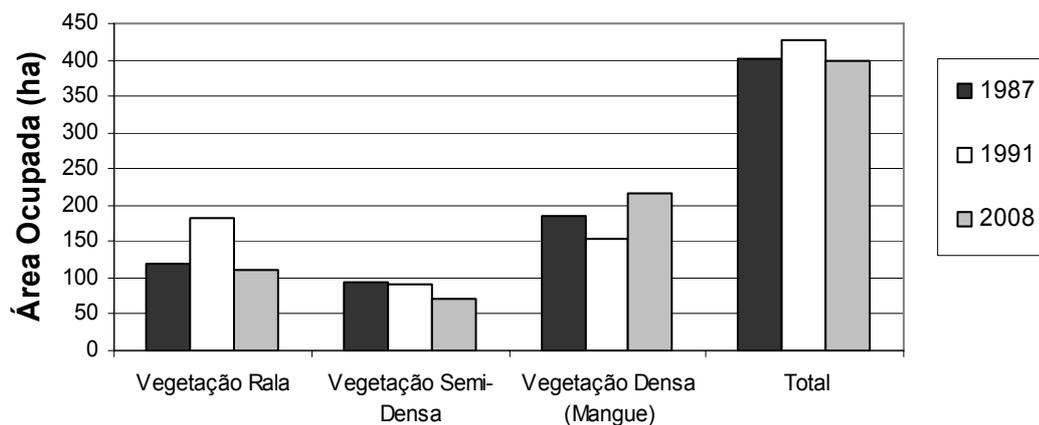


Figura 6 – Análise espaço temporal da vegetação do Manguezal do Pina.

Desta forma, foi possível constatar que houve um aumento de 6,49% da área total ocupada por vegetação num período de apenas quatro anos (1987 a 1991), voltando a decrescer em 2008. Por outro lado, houve uma diminuição da área de mangue (vegetação densa) entre 1987 e 1991 e um aumento em 2008 (Figura 6, Tabela 2).

Tabela 2 - Variação espaço temporal em hectares do Manguezal do Pina nos anos de 1987, 1991 e 2008.

	1987	1991	2008
Vegetação Rala	120,72	182,84	112,06
Vegetação Semi-Densa	93,16	91,15	71,61
Vegetação Densa	186,40	154,07	215,94
<b>Total em hectare (ha)</b>	<b>400,28</b>	<b>428,06</b>	<b>399,61</b>

No que se refere às áreas urbanas e solo exposto notou-se um aumento gradativo, principalmente no entorno do manguezal. Em 1987, a área urbana e o solo exposto ocupavam 104,72ha, em 1991 passou para 118,49ha e, em 2008, já abrangiam 146,53ha, ou seja, um aumento de 28,5% (41,81ha) em 21 anos (Figura 7).

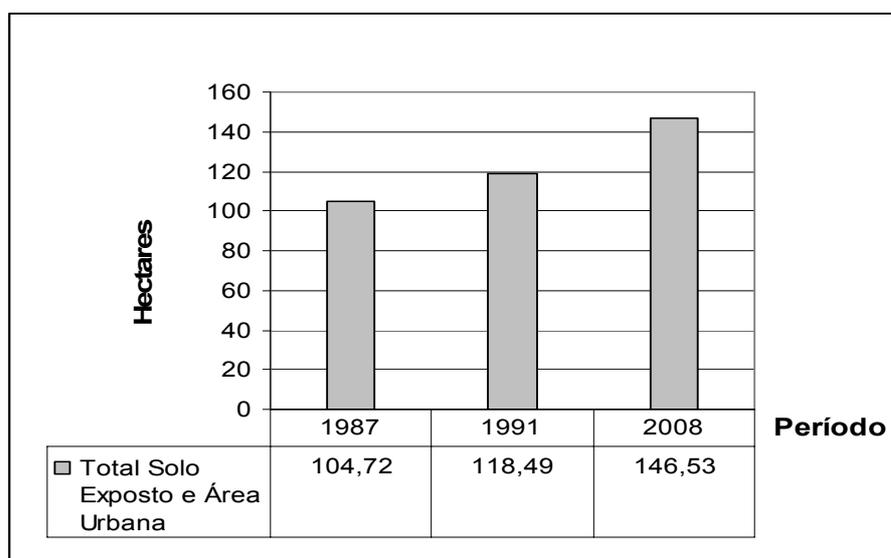


Figura 7 – Ocupação em hectares da área urbana e solo exposto no Manguezal do Pina e seu entorno em 1987, 1991 e 2008.

A variação espaço temporal das classes analisadas no Manguezal do Pina e seu entorno nos anos de 1987, 1991 e 2008 é apresentada nas Figuras 8 e 9.

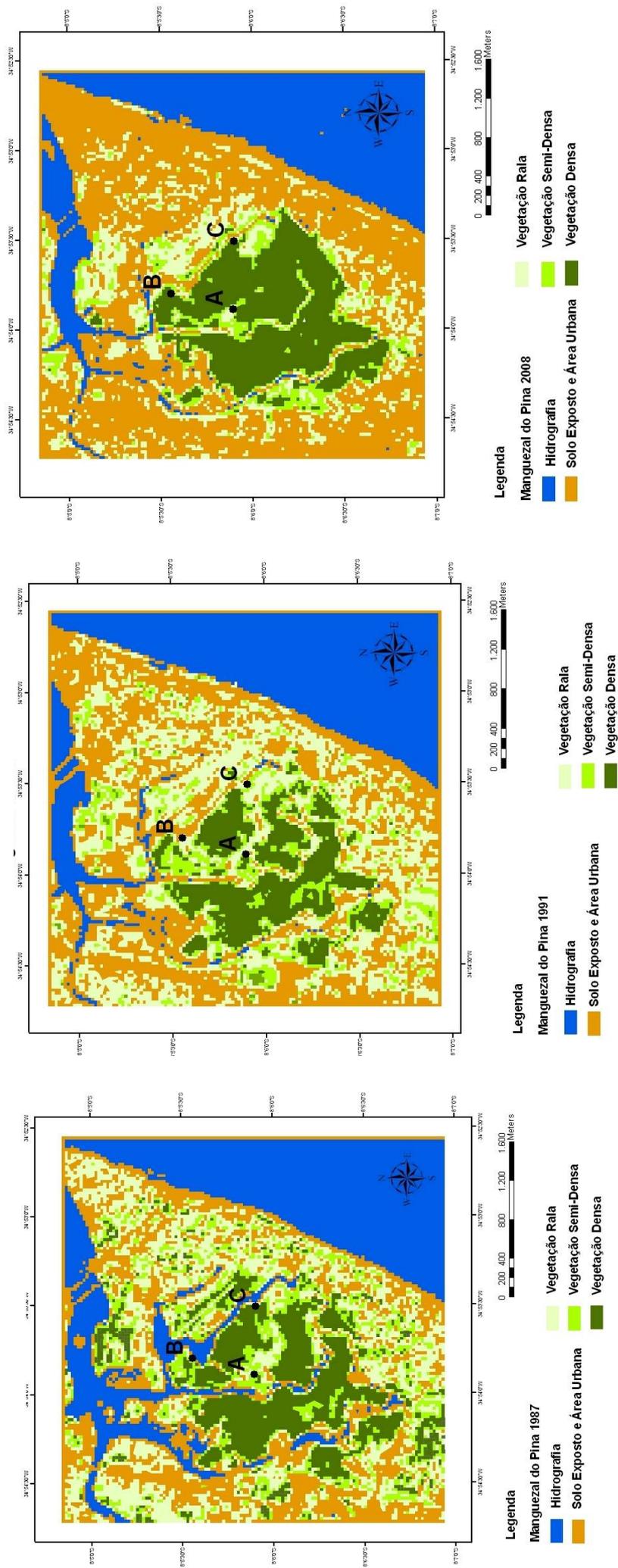


Figura 8 - Variação Espaço Temporal do Manguezal do Pina e seu entorno nos anos de 1987, 1991 e 2008.

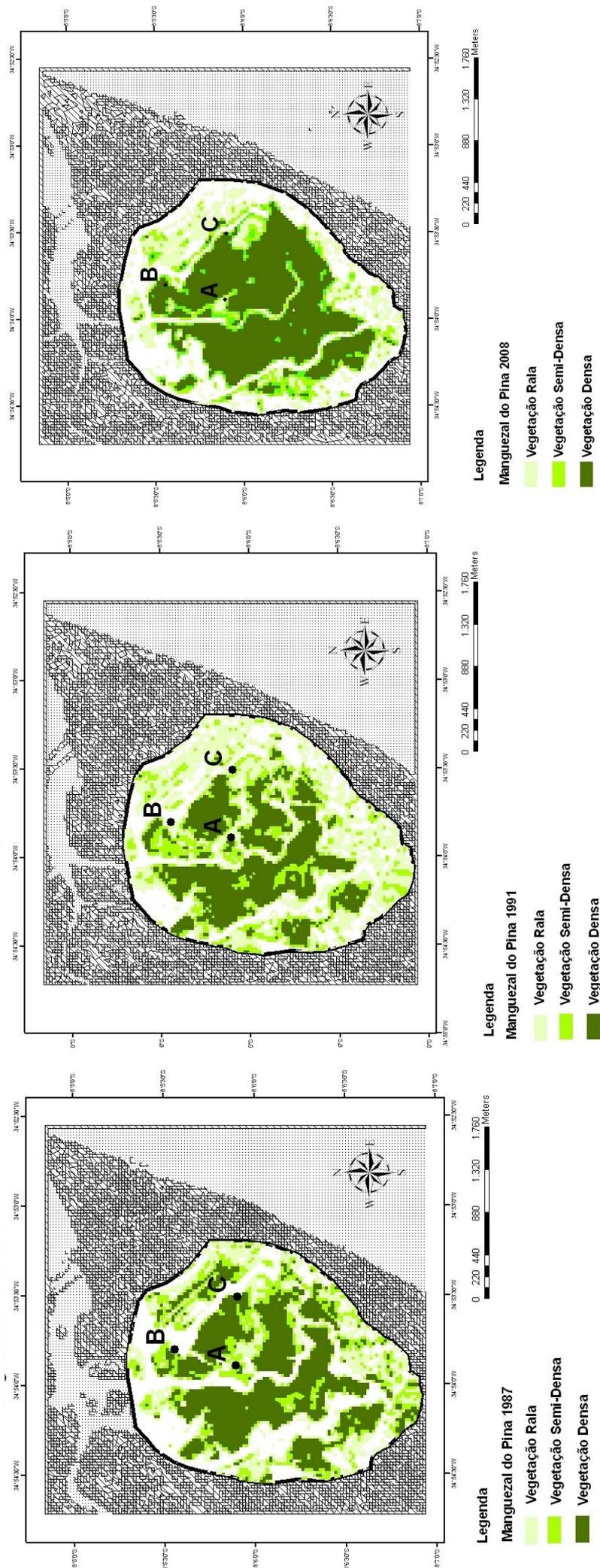


Figura 9 – Variação Espaço Temporal da Vegetação do Manguezal do Pina e seu entorno nos anos de 1987, 1991 e 2008.

## 7.2 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

### 7.2.1 Dados Abióticos

#### 7.2.1.1 Temperatura do Solo, do Ar e Salinidade da Água Intersticial

Foram registradas temperaturas do ar oscilando entre 24°C e 25,5°C em todas as parcelas, enquanto a temperatura do solo variou entre 25°C na parcela B1 e a máxima de 30°C na parcela A3 (Tabela 3).

Em relação à salinidade da água intersticial, os valores se mantiveram em 0,5 em todas as parcelas nos três sítios, com exceção da parcela B3, onde foi registrado um valor de 40 (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores correspondentes às análises da água intersticial, temperatura do ar e temperatura do solo nas diferentes parcelas.

Parcelas	Data da Coleta	Altura da Maré	Horário da Maré	Salinidade da Água Intersticial	Temperatura do Ar (°C)	Temperatura do Solo (°C)	Horário das Amostragens
A1	25/07/09	0,1	12h36	0,5	25,0	29,0	12h00
A2	25/07/09	0,1	12h36	0,5	25,5	29,0	10h15
A3	26/06/09	0,2	13h00	0,5	25,0	30,0	11h58
B1	20/08/09	0,0	10h04	0,5	24,0	25,0	9h28
B2	20/08/09	0,0	10h04	0,5	25,0	26,0	10h42
B3	20/08/09	0,0	10h04	40,0	24,0	26,0	12h35
C1	18/09/09	0,0	09h47	0,5	24,0	26,0	10h42
C2	18/09/09	0,0	09h47	0,5	24,0	27,0	12h35
C3	18/09/09	0,0	09h47	0,5	25,0	26,0	14h35

#### 7.2.1.2 Sedimentos

As características principais dos sedimentos analisados nas parcelas foram a granulometria, carbono orgânico, pH, cálcio e magnésio. Na análise granulométrica observou-se que a classe textural variou de arenosa a franco arenosa, com porcentagens de areia total de 87,7 a 91,9kg.kg<sup>-1</sup>, com médias de 86,4 kg.kg<sup>-1</sup>; o teor de argila atingiu o máximo de 17% e o de silte, 10% (Figura 10, Tabela 4).

As análises das amostras em seis parcelas (B1, B2, B3, C1, C2 e C3) indicaram que o percentual de areia fina foi superior ao de areia grossa, variando de 49 a 66% e de 21 e 43%, respectivamente, os teores de argila oscilaram entre 4 e 14%, enquanto os de silte, entre 2 a 10%. Nas demais parcelas (A1, A2 e A3) as porcentagens de areia fina variaram de 38 a 41%, areia grossa, de 44 a 49%, com teores de argila entre 11 e 17% e silte de 1 a 2% (Figura 10 e Tabela 4).

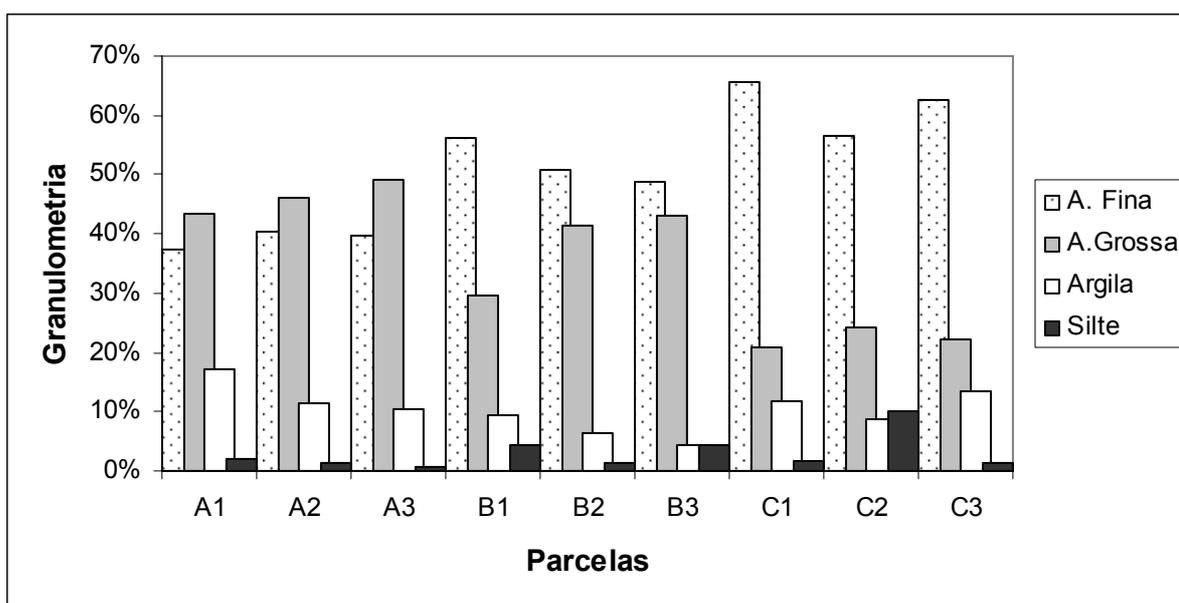


Figura 10 - Análise granulométrica dos sedimentos nas diferentes parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

Tabela 4 - Granulometria dos sedimentos das parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

PARCELAS	Areia Fina (%)	Areia Grossa (%)	Argila (%)	Silte (%)
A1	38	44	17	2
A2	41	46	12	2
A3	40	49	11	1
B1	56	30	10	4
B2	51	41	6	2
B3	49	43	4	4
C1	66	21	12	2
C2	57	24	9	10
C3	63	22	14	2

Analisando a granulometria nos três sítios foi possível observar que houve uma nítida diminuição da fração areia grossa do sítio A em direção ao C, havendo, por outro lado, um aumento da percentagem de areia fina (Figura 10).

O carbono orgânico variou de 0,7 a 2,5dag.kg<sup>-1</sup>, com maior representatividade nas parcelas A2 e C3, com valores de 2 e 2,5dag kg<sup>-1</sup>, respectivamente, enquanto os menores valores foram registrados nas parcelas A3 e A1, com 0,7 e 0,8dag kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 11).

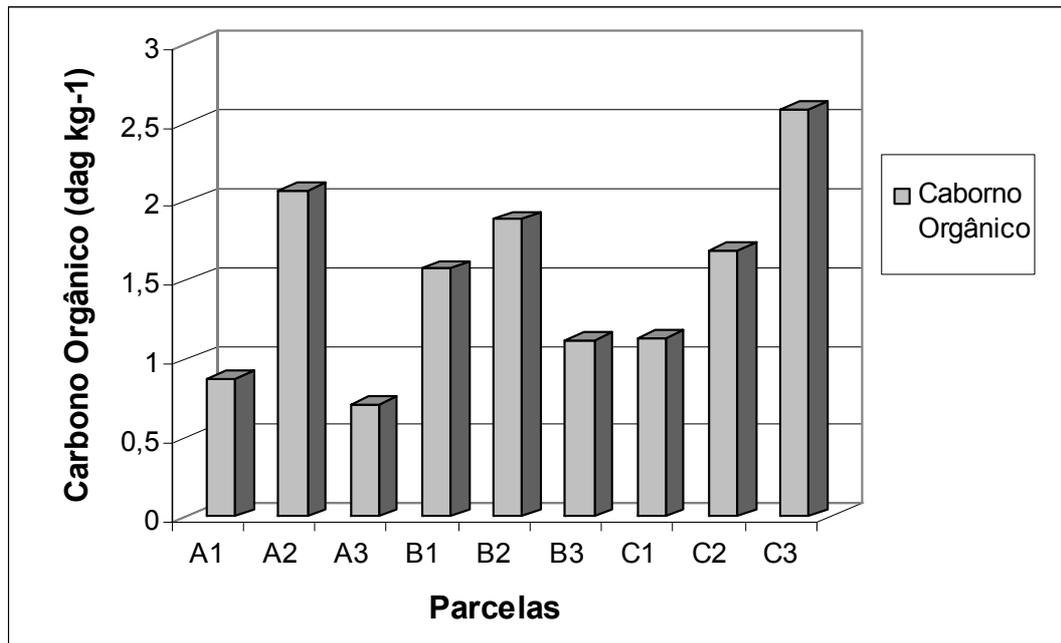


Figura 11 – Teores de Carbono Orgânico dos sedimentos que compõem as parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

Os valores referentes ao pH variaram entre 4,7 na parcela A3 e 5,8 na B2 (Tabela 5). Em relação aos teores de Ca e Mg, as amostras apresentaram teores de Mg variando entre 6,1 e 9,1cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, nas parcelas A1 e B2, respectivamente, enquanto os de Ca oscilaram entre 2,2cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (parcela C2) e 4cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (parcela A2) (Figura 12, Tabela 5).

Tabela 5 - Teores de C.O (Carbono Orgânico), pH, Ca (Cálcio) mais Mg (Magnésio), Ca (cálcio) e Mg (Magnésio) encontrados nas parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

PARCELAS	C. O. (dag kg <sup>-1</sup> )	pH	Ca + Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )
A1	0,877	5,245	8,850	2,725	6,125
A2	2,070	5,357	10,625	4,050	6,575
A3	0,712	4,757	9,000	2,725	6,275
B1	1,572	5,630	10,150	2,650	7,500
B2	1,882	5,835	12,700	3,575	9,125
B3	1,120	5,482	10,450	3,150	7,300
C1	1,132	5,287	9,850	2,875	6,975
C2	1,692	5,367	9,950	2,225	7,725
C3	2,582	5,187	7,950	2,675	7,025

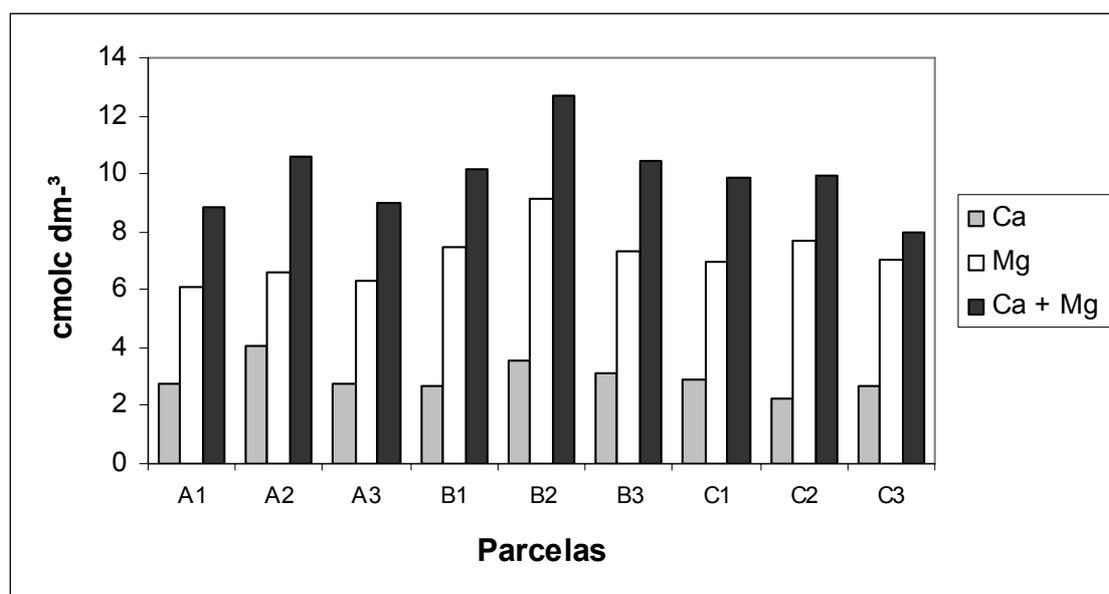


Figura 12 – Teores de cálcio e magnésio dos sedimentos que compõem as parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

### 7.2.2 Análise Estrutural do Bosque

O Manguezal do Pina é do tipo fisiográfico ribeirinho e de bacia, ocorrendo ao longo dos rios que compõem a área e seus respectivos braços, sofrendo influência da maré e maior aporte de nutrientes.

No que se refere ao nível de degradação do ecossistema foram observados alguns impactos antrópicos, tais como: grande quantidade de resíduos sólidos trazidos pelos rios, elevado número de cortes de árvores, expansão desordenada de ocupações no entorno do manguezal e a pesca predatória.

No sítio A destacou-se o grande número de indivíduos com características de corte, além de um número elevado de armadilhas para guaiamum e do tipo redinha para coleta de caranguejos (Figura 13). No sítio B a quantidade de resíduos sólidos foi bastante expressiva (Figura 14), enquanto no sítio C os indícios de desmatamento e resíduos sólidos foram pouco evidenciados (Figura 15).



Figura 13 – (A) Vista parcial da estrutura do bosque no sítio A; (B) armadilha para guaiamum; (C) clareira no sítio A; (D) armadilha tipo redinha para caranguejo. Autor: Torres (2009).

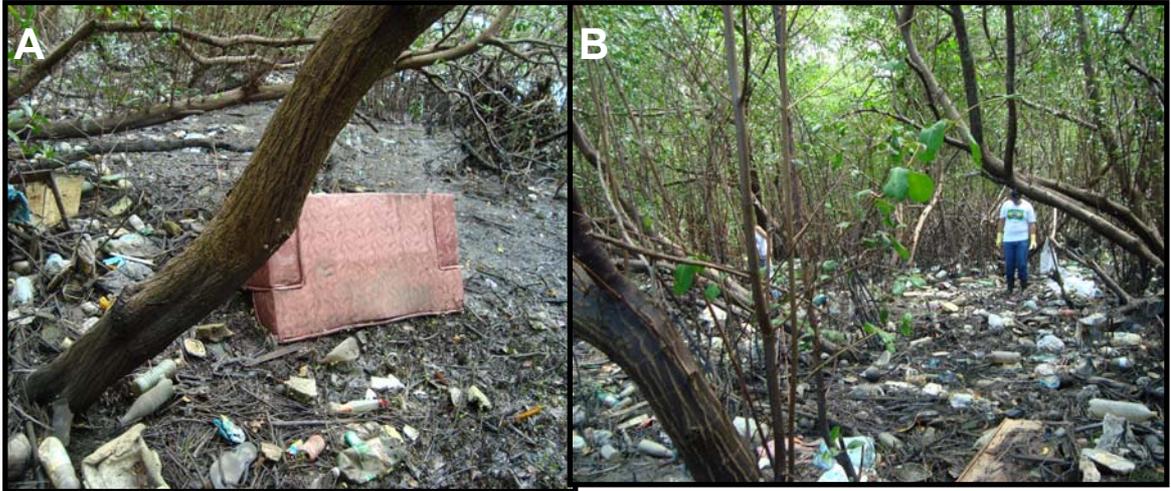


Figura 14 – (A e B) Resíduos sólidos encontrados no sítio B. Autor: Torres (2009).



Figura 15 – Vista parcial do sítio C. Autor: Torres (2009).

### 7.2.2.1 Sítio A

Em relação à composição do bosque de mangue no Sítio A, em todas as parcelas foi registrada a presença das espécies *R. mangle*, *L. racemosa* e *A. schaueriana*.

Na parcela A1 foram contabilizados 1.675 troncos vivos por hectare, com predominância de 72% de *R. mangle*, seguida de *L. racemosa*, com 19% e *A. schaueriana*, com 9% (Figuras 16 e 17). A altura média das árvores foi 8,83m, enquanto a altura do dossel atingiu 13,23m (Figura 18, Tabela 6). A área basal de troncos vivos foi 17,99m<sup>2</sup>/ha e a área basal média de troncos vivos foi 0,27m<sup>2</sup>/ha, com maior contribuição de troncos  $\geq 2,5$ cm e  $\geq 10,0$ cm (Figuras 19 e 20, Tabelas 6 e 7). Os indivíduos com maiores diâmetros foram da espécie *L. racemosa*, atingindo até 24cm. Os maiores valores de área basal por classe de diâmetro foram dos indivíduos  $\geq 2,5$ cm, com 4,1m<sup>2</sup>/ha e  $\geq 10,0$ cm, com 13,8m<sup>2</sup>/ha (Figura 21, Tabela 7). A maior área basal foi de *R. mangle* com 52%, seguida por *L. racemosa* e *A. schaueriana*, com 43% e 5%, respectivamente (Tabela 8). O DAP médio nesta parcela foi de 1,42cm (Tabela 6), os indivíduos mortos totalizaram 1.300m<sup>2</sup>/ha, enquanto 700m<sup>2</sup>/ha apresentaram características de corte (Figura 22).

Na parcela A2 a densidade de troncos vivos foi de 775 por hectare, com predominância de *L. racemosa*, com 52%, enquanto *R. mangle* totalizou 26% e *A. schaueriana*, 22% (Figuras 16 e 17). O bosque apresentou altura média de 8,32m e altura do dossel de 11m (Figura 18, Tabela 6). Em termos de área basal de troncos vivos a contribuição foi de 12,58m<sup>2</sup>/ha, correspondendo a uma área basal média de 0,41m<sup>2</sup>/ha (Tabela 6, Figuras 19 e 20). Quanto à percentagem de área basal, *L. racemosa* contribuiu com 81%, *R. mangle*, com 18% e *A. schaueriana*, com 1% (Tabela 8). Os maiores diâmetros foram da espécie *L. racemosa* com valor máximo de 23cm. A área basal por classe de diâmetro  $\leq 2,5$ cm foi de 0,06m<sup>2</sup>/ha,  $\geq 2,5$ cm, foi 0,82m<sup>2</sup>/ha e  $\geq 10,0$ cm, 11,69m<sup>2</sup>/ha (Figura 21, Tabela 7). Em relação ao DAP médio, a parcela apresentou 2,58cm, portanto o maior índice do sítio A (Tabela 6). Nesta parcela o número de árvores com características de corte foi extremamente elevado, atingindo 1.075m<sup>2</sup>/ha, enquanto as árvores mortas totalizaram 225m<sup>2</sup>/ha (Figura 22).

A parcela A3 apresentou uma densidade de 2.200 troncos vivos por hectare (Figuras 16). Os valores mais altos de densidade relativa foram, respectivamente, de *L. racemosa*, com 63%, *A. schaueriana*, com 31% e *R. mangle*, com 6% (Figura 17).

A altura média do bosque foi 7,76m e a altura do dossel foi 13m (Figura 18, Tabela 6). A área basal nesta parcela foi de 15,40m<sup>2</sup>/ha e a área basal média foi 0,18m<sup>2</sup>/ha (Figuras 19 e 20, Tabela 6). A predominância da área basal de *L. racemosa* foi bastante expressiva com 97,1%, de *A. schaueriana*, com 2,8 e 0, 1% de *R. mangle* (Tabela 8). A área basal por classe de diâmetro  $\leq 2,5$ cm foi de 0,24m<sup>2</sup>/ha,  $\geq 2,5$ cm, de 1,72m<sup>2</sup>/ha e  $\geq 10,0$ cm, 13,44m<sup>2</sup>/ha (Figura 21, Tabela 7). O DAP médio da parcela A3 foi de 1cm (Tabela 6). Em relação aos indivíduos mortos foram contabilizados 1.100m<sup>2</sup>/ha, enquanto 425m<sup>2</sup>/ha apresentaram características de corte (Figura 22).

Comparando-se as três parcelas do sítio A foi possível observar que a A1 apresentou maiores valores de área basal de troncos vivos (destacando-se a contribuição de *R. mangle*), maior altura do dossel e maior número de indivíduos mortos. Em relação à densidade por espécies, também na parcela A1 foi encontrada uma maior quantidade de indivíduos de *R. mangle* e menor densidade de *A. schaueriana*. Na parcela A2 destacou-se a grande quantidade de cortes de espécimes de *L. racemosa* e *R. mangle*, o que refletiu diretamente sobre os valores de área basal e de densidade de troncos vivos, os quais apresentaram valores menores que nas parcelas A1 e A3, porém com maior valor de DAP médio. A parcela A3 apresentou maiores valores de densidade de troncos vivos por hectare e o número de árvores com características de corte foi menor. Nas três parcelas a área basal teve maiores contribuições dos troncos com DAP >10cm.

#### 7.2.2.2 Sítio B

Na maioria das parcelas do Sítio B também ocorreram as espécies *R. mangle*, *L. racemosa* e *A. schaueriana*, com exceção da B3, onde esta última esteve ausente.

Na parcela B1 a densidade de troncos vivos foi de 2.850ind/ha, com *L. racemosa* contribuindo com 51% e *R. mangle* e *A. schaueriana* com 46 e 3%, respectivamente (Figuras 16 e 17). A altura média nesta parcela foi de 7, 32m, sendo a altura do dossel de 12,1m (Figura 18, Tabela 6). A área basal de troncos vivos atingiu 30,8m<sup>2</sup>/ha e a área basal média dos troncos vivos foi de 0,27m<sup>2</sup>/ha (Figuras 19 e 20, Tabela 6). Em termos de contribuição de área basal *L. racemosa* obteve a maior percentagem, 75,5%, enquanto *R. mangle* e *A. schaueriana* ficaram

com 21,5 e 3%, respectivamente (Tabela 8). Foram contabilizados 700ind/ha, com características de corte, enquanto que o número de árvores mortas foi 1.300ind/ha (Figura 22). A maior parte dos diâmetros à altura do peito variou entre  $\geq 2,5$  e  $\geq 10,0$ cm, com os maiores valores correspondendo aos espécimes de *L. racemosa*, chegando até 23cm, embora um indivíduo de *A. schaueriana* tenha apresentado o maior diâmetro nesta parcela, 30cm. A área basal por classe de diâmetro  $\leq 2,5$ cm foi de 0,13m<sup>2</sup>/ha,  $\geq 2,5$ cm, 3,68m<sup>2</sup>/ha e  $\geq 10,0$ cm, 27,05m<sup>2</sup>/ha (Figura 21, Tabela 7), sendo o DAP médio de 1,09cm (Tabela 6).

Em relação à parcela B2, a densidade de troncos vivos foi de 900 ind/ha, com predominância da espécie *L. racemosa* (67%), seguida de *R. mangle*, com 28% e *A. schaueriana*, com 5% (Figuras 16 e 17). A área basal total de troncos vivos foi de 10,02m<sup>2</sup>/ha, sendo a área basal média dos troncos vivos de 0,28m<sup>2</sup>/ha (Figuras 19 e 20, Tabela 6). No que se refere aos valores de área basal, a maior contribuição foi de *L. racemosa*, com 85%, enquanto *R. mangle* e *A. schaueriana* representaram 13% e 2%, respectivamente (Tabela 8). A altura média nesta parcela foi de 6,37m e a altura do dossel de 8,01m (Figura 18, Tabela 6). O número de árvores cortadas foi de 50 ind/ha, enquanto o de árvores mortas, 500 ind/ha (Figura 22). Os valores do DAP variaram entre  $\geq 2,5$  e  $\geq 10,0$ cm, com os maiores valores referentes aos indivíduos de *L. racemosa*, chegando até 21cm de diâmetro. A área basal por classe de diâmetro  $\geq 2,5$ cm foi de 1,16m<sup>2</sup>/ha e  $\geq 10,0$ cm, de 8,85m<sup>2</sup>/ha, com DAP médio de 1,98cm (Figura 21, Tabelas 6 e 7).

A parcela B3 apresentou uma densidade de 2.325 ind/ha, com predominância de *R. mangle*, com 58%, seguida por *L. racemosa*, com 42% (Figuras 16 e 17). Nenhum exemplar de *A. schaueriana* foi encontrado nesta parcela. Os valores de área basal e área basal média dos troncos vivos foram de 25,37 e 0,27m<sup>2</sup>/ha, respectivamente (Figuras 19 e 20, Tabela 6). Em relação à área basal dos troncos vivos a maior contribuição foi dos espécimes de *L. racemosa*, com 72,5 e de 27,5 % de *R. mangle* (Tabela 8). A altura média do bosque foi de 6,75 e de 10,2m a altura do dossel (Figura 18, Tabela 6). Em relação ao número de árvores cortadas e mortas, os valores foram de 225 e 1.375m<sup>2</sup>/ha, respectivamente (Figura 22). A área basal por classe de diâmetro  $\geq 2,5$ cm foi de 4,85m<sup>2</sup>/ha e  $\geq 10,0$ cm, de 20,52m<sup>2</sup>/ha (Figura 21, Tabela 7). Os maiores valores de DAP foram dos exemplares de *L. racemosa*, chegando até 25cm de diâmetro. O DAP médio foi de 1,2cm (Tabela 6).

Analisando conjuntamente as três parcelas do sítio B observou-se que a B1 apresentou os maiores valores de densidade de troncos vivos e área basal, as maiores alturas médias e do dossel, além do menor valor de DAP e maior número de cortes. Os valores de área basal por classe de diâmetro e os indivíduos com DAP  $\geq 10$  cm também foram mais expressivos nesta parcela. A parcela B2 apresentou os menores valores de área basal, altura média e do dossel e menor densidade de troncos vivos, assim como os maiores valores de densidade da espécie *L. racemosa* e maiores valores de DAP médio. A parcela B3 apresentou o maior número de árvores mortas.

### 7.2.2.3 Sítio C

Nesta área de estudo as espécies *L. racemosa*, *R. mangle* e *A. schaueriana* estiveram distribuídas nas três parcelas.

Na parcela C1 a densidade de troncos vivos foi de 1.325 ind/ha, sendo 75,5% da espécie *L. racemosa*, 15% de *R. mangle* e 9,5% de *A. schaueriana* (Figuras 16 e 17). A área basal e área basal média de troncos vivos por hectare foram, respectivamente, 24,60 e 0,46m<sup>2</sup>/ha (Figuras 19 e 20, Tabela 6). A contribuição em termos de área basal de *L. racemosa* foi de 98%, enquanto *R. mangle* e *A. schaueriana* contribuíram cada uma com 1% (Tabela 8). A altura média foi de 9,20m, enquanto a altura do dossel foi de 14,53m (Figura 18, Tabela 6). Em relação aos indivíduos mortos, foram contabilizados 950 e 350m<sup>2</sup>/ha de indivíduos cortados (Figura 22). A contribuição de indivíduos com DAP  $\geq 10$ cm foram em grande parte dos espécimes de *L. racemosa*, chegando a atingir diâmetro máximo de 26cm. O DAP médio foi de 2,11cm (Tabela 6). A área basal por classe de diâmetro  $\leq 2,5$ cm foi de 0,08m<sup>2</sup>/ha,  $\geq 2,5$ cm, 0,77m<sup>2</sup>/ha e  $\geq 10,0$ cm, 23,74m<sup>2</sup>/ha (Figura 21, Tabela 7).

A densidade de indivíduos na parcela C2 foi de 975 ind/ha, sendo 59% da espécie *L. racemosa*, 38, 5% de *A. schaueriana* e 2,5 % de *R. mangle* (Figuras 16 e 17). A área basal e área basal média de troncos vivos por hectare atingiram os seguintes valores: 19,10 e 0,49m<sup>2</sup>/ha, respectivamente (Figuras 19 e 20, Tabela 6). A área basal de *L. racemosa* foi de 89,8%, de *A. schaueriana*, 10,1% e de *R. mangle*, 0,1% (Tabela 8). A altura média nesta parcela foi de 8,89m e a altura do dossel de 13,10m (Figura 18, Tabela 6). Em relação aos troncos mortos e cortados

foram contabilizados, respectivamente, 500 e 150 ind/ha (Figura 22). Os diâmetros  $\geq 10$ cm foram em grande parte pertencentes aos indivíduos da espécie *L. racemosa*, com maior diâmetro de 26,7cm, e por alguns espécimes de *A. schaueriana*, com maior diâmetro de 21cm. A área basal por classe de diâmetro  $\leq 2,5$ cm foi de 0,02m<sup>2</sup>/ha,  $\geq 2,5$ cm, de 0,61m<sup>2</sup>/ha e  $\geq 10,0$ cm, de 18,45m<sup>2</sup>/ha (Figura 21, Tabela 7). O DAP médio nesta parcela foi de 2,5cm (Tabela 6).

A densidade de troncos vivos na parcela C3 foi de 1.550 ind/ha, sendo 74% da espécie *L. racemosa*, 24% de *R. mangle* e 2% de *A. schaueriana* (Figuras 16 e 17). Os valores de área basal e área basal média dos troncos vivos foram 23,72 e 0,38m<sup>2</sup>/ha, respectivamente (Figuras 19 e 20, Tabela 6). A contribuição de área basal de *L. racemosa* foi de 96,6%, *R. mangle*, 3,3% e *A. schaueriana*, 0,1% (Tabela 8). A altura média foi de 9,42m e a altura do dossel de 13,1m (Figura 18, Tabela 6). O número de indivíduos com características de corte foi de 150 e de 425 ind/ha mortos (Figura 22). A área basal por classe de diâmetro  $\leq 2,5$ cm foi de 0,04m<sup>2</sup>/ha,  $\geq 2,5$ cm, de 0,72m<sup>2</sup>/ha e  $\geq 10,0$ cm, de 22,95m<sup>2</sup>/ha (Tabela 7). O DAP médio foi de 1,77cm (Tabela 6).

Em relação ao sítio C, a comparação entre as parcelas mostrou que a C1 apresentou os maiores valores de área basal, número de árvores mortas e cortadas, altura do dossel, densidade e área basal da espécie *L. racemosa*. A parcela C2 apresentou os menores índices de área basal, densidade de troncos vivos por hectare, densidade da espécie *L. racemosa* e a maior densidade da *A. schaueriana* e o maior DAP médio. A parcela C3 apresentou os maiores valores de altura média, densidade de troncos vivos e densidade da espécie *R. mangle* e os menores valores de densidade de *A. schaueriana*, DAP médio e número de árvores mortas. A maior contribuição de área basal por diâmetro  $\geq 10,0$ cm do sítio C foi da parcela C1.

#### 7.2.2.4 Relação Estrutural entre os Sítios A, B e C

Comparando a composição e a estrutura da vegetação de mangue nos três sítios estudados foi possível observar que o maior valor de DAP médio foi encontrado na parcela A2 do sítio A, no qual foram também encontrados os maiores valores de troncos com características de corte, além de menor valor de área basal total, onde a área basal de *L. racemosa* foi menor. A maior densidade de *A.*

*schaueriana* ocorreu no sítio A, porém a maior área basal desta espécie foi encontrada no sítio C.

O sítio B destacou-se pelas maiores densidades de troncos vivos por hectare, maiores densidades de *L. racemosa* e *R. mangle*, maior área basal de *R. mangle*, maior número de árvores mortas, além das menores alturas médias e do dossel.

Em relação ao sítio C, foram encontradas as maiores alturas das árvores e do dossel, maior área basal média dos troncos vivos. Nos três sítios foi observada uma relação direta entre o DAP e a densidade (Figura 23).

A densidade relativa das espécies nos três sítios foi de 54% de *L. racemosa*, 35% de *R. mangle* e 11% de *A. schaueriana* (Figura 24). Em relação à dominância relativa, *L. racemosa* apresentou 82%, enquanto *R. mangle* e *A. schaueriana*, 15 e 3%, respectivamente (Figura 25). A frequência relativa de *L. racemosa* e *R. mangle* foi de 100%, enquanto *A. schaueriana* foi de 89% (Figura 26). Em todos os sítios predominaram os valores de área basal por classe de diâmetro  $\geq 10,0$  cm.

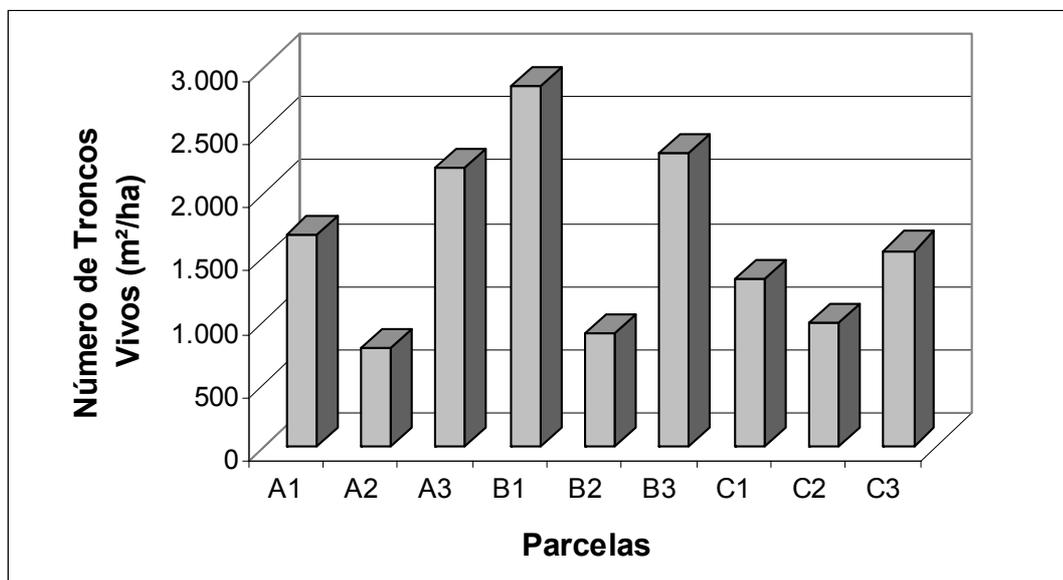


Figura 16 – Densidade de troncos vivos nas parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

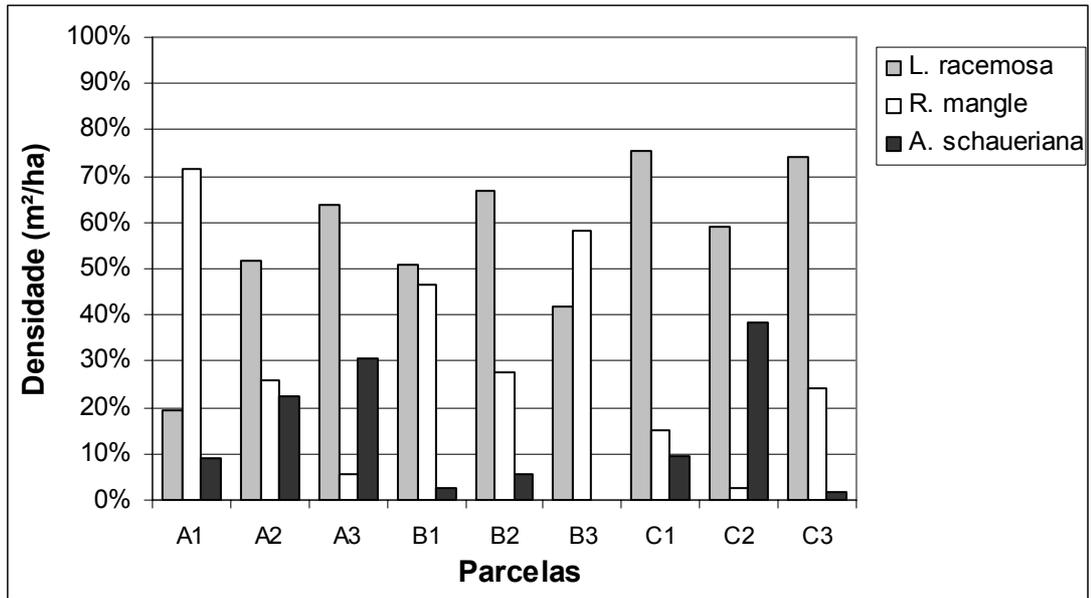


Figura 17 - Densidade de troncos vivos por espécie nas parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

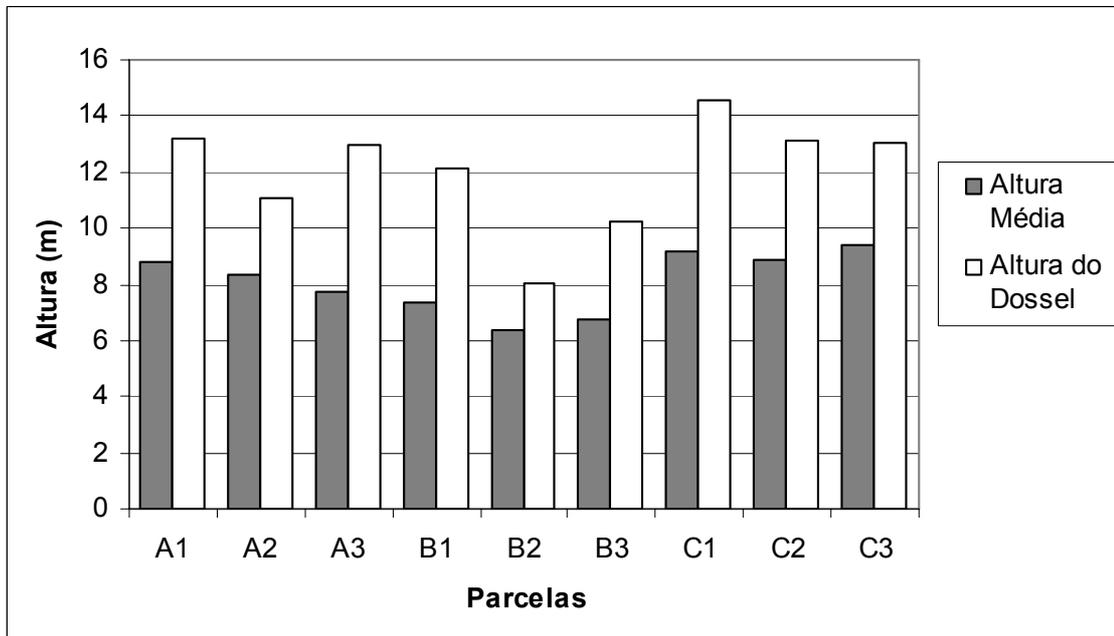


Figura 18 – Altura média, altura do dossel e desvio padrão dos indivíduos que compõem as parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

Tabela 6 - Área basal e área basal média dos troncos vivos, altura média, altura desvio padrão, altura do dossel e DAP médio das parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

PARCELAS	Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)	Área Basal Média (m <sup>2</sup> /ha)	Altura Média (m)	Altura Desvio Padrão (m)	Altura do Dossel (m)	DAP Médio (cm)
A1	17,99	0,27	8,83	3,06	13,23	1,42
A2	12,58	0,41	8,32	3,52	11,10	2,58
A3	15,40	0,18	7,76	4,35	13,00	1,00
B1	30,86	0,27	7,32	2,36	12,10	1,09
B2	10,02	0,28	6,37	1,81	8,01	1,98
B3	25,37	0,27	6,75	1,92	10,20	1,22
C1	24,60	0,46	9,20	3,89	14,53	2,11
C2	19,10	0,49	8,89	3,99	13,10	2,52
C3	23,72	0,38	9,42	3,35	13,03	1,77

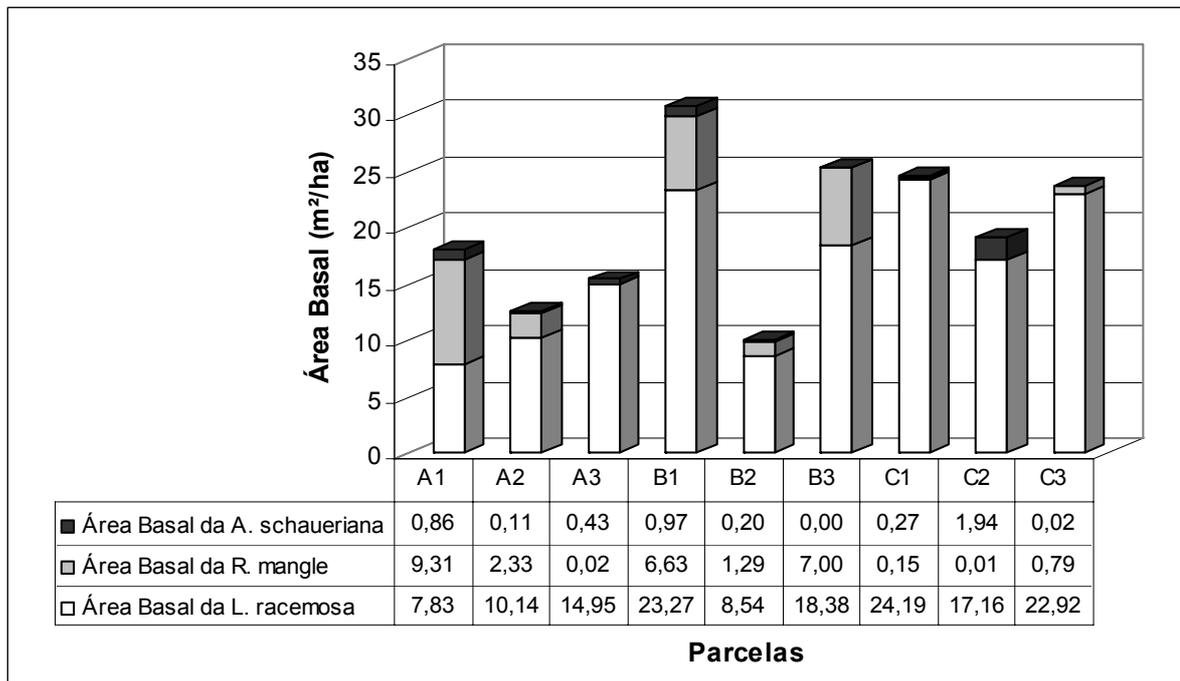


Figura 19 – Área basal dos troncos vivos das parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

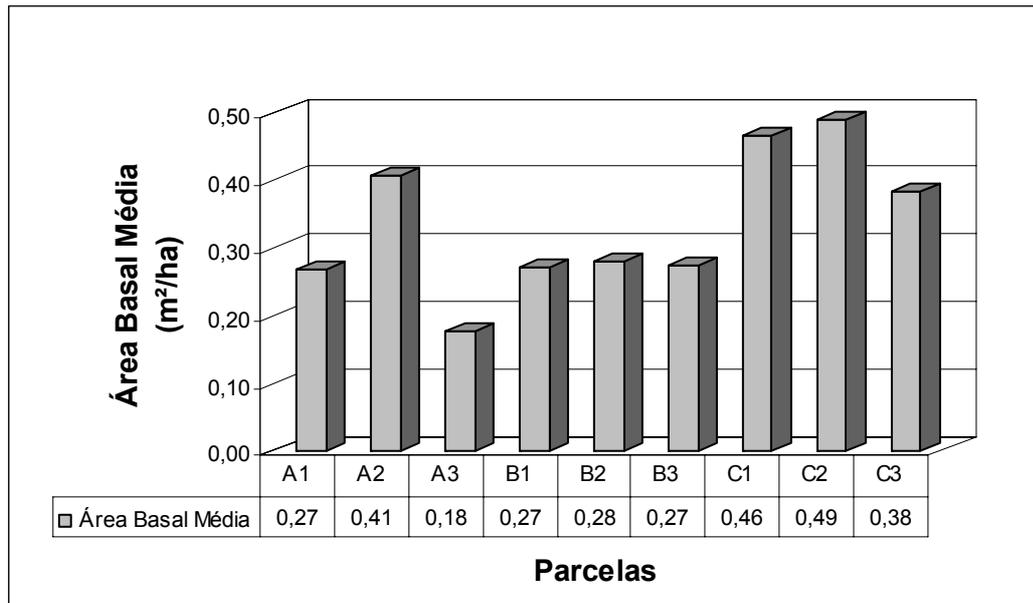


Figura 20 – Área basal média dos troncos vivos das parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

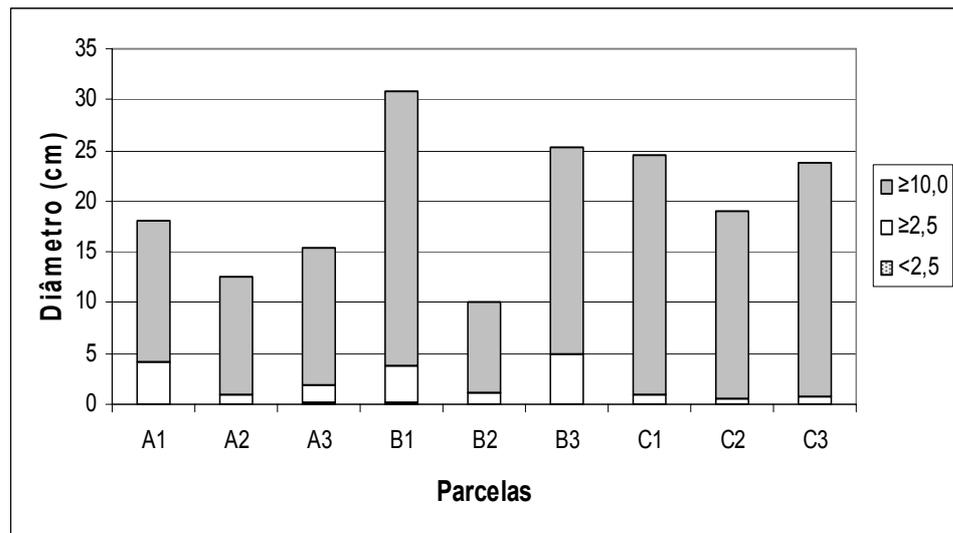


Figura 21 – Área basal dos troncos vivos por classe de diâmetro das parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

Tabela 7 - Valores de área basal dos troncos vivos por classe de diâmetro nas parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

PARCELAS (AB m <sup>2</sup> /ha)	<2,5	≥2,5	≥10
A1	0,00	4,10	13,89
A2	0,06	0,82	11,69
A3	0,24	1,72	13,44
B1	0,13	3,68	27,05
B2	0,00	1,16	8,85
B3	0,00	4,85	20,52
C1	0,08	0,77	23,74
C2	0,02	0,61	18,45
C3	0,04	0,72	22,95

Tabela 8 – Percentagem de área basal por espécie nas parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

PARCELAS	<i>L. racemosa</i> %	<i>R. mangle</i> %	<i>A. schaueriana</i> %
A1	43,00	52,00	5,00
A2	81,00	18,00	1,00
A3	97,10	0,10	2,80
B1	75,50	21,50	3,00
B2	85,00	13,00	2,00
B3	72,50	27,50	0,00
C1	98,00	1,00	1,00
C2	89,80	0,10	10,10
C3	96,60	3,30	0,10

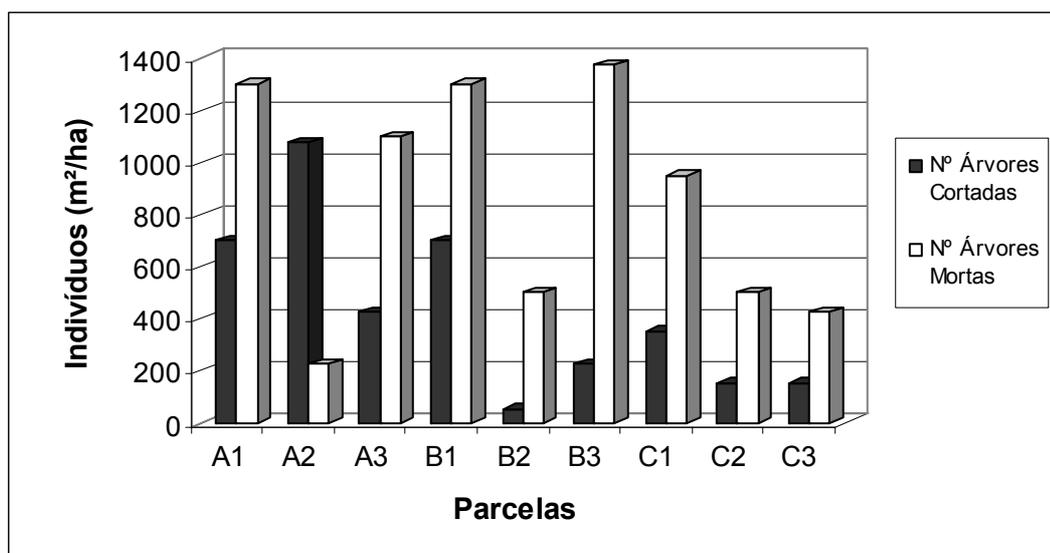


Figura 22 – Troncos mortos ou com características de corte nas parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

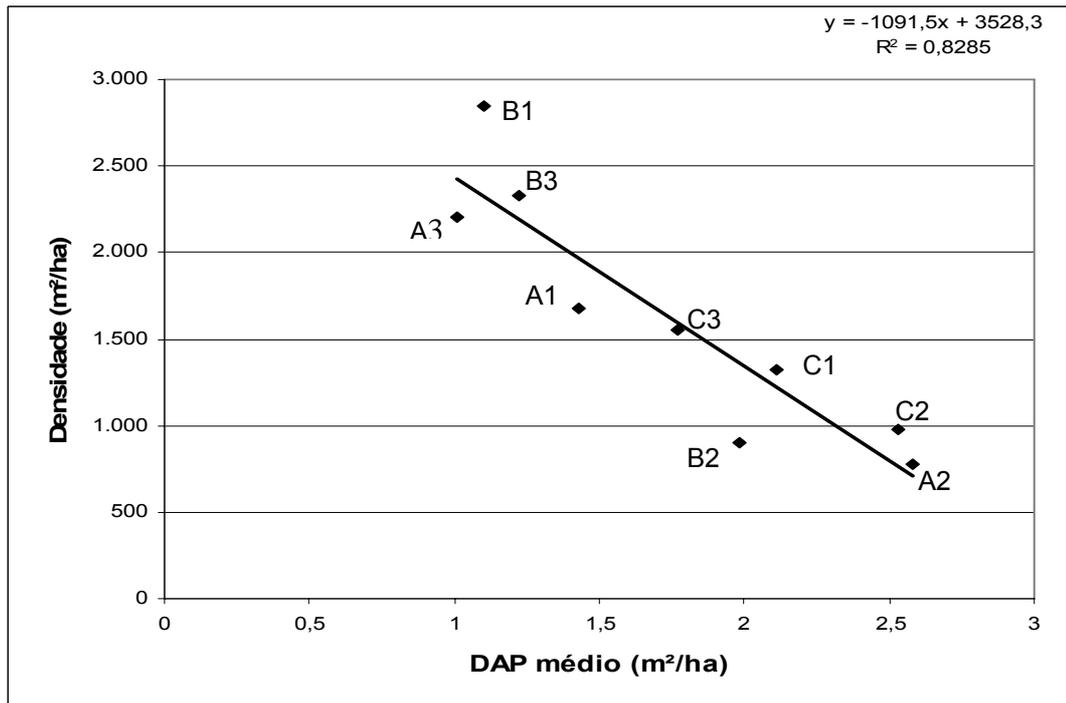


Figura 23 – Relação entre a densidade e DAP médio dos troncos que compõem as parcelas analisadas do Manguezal no Pina.

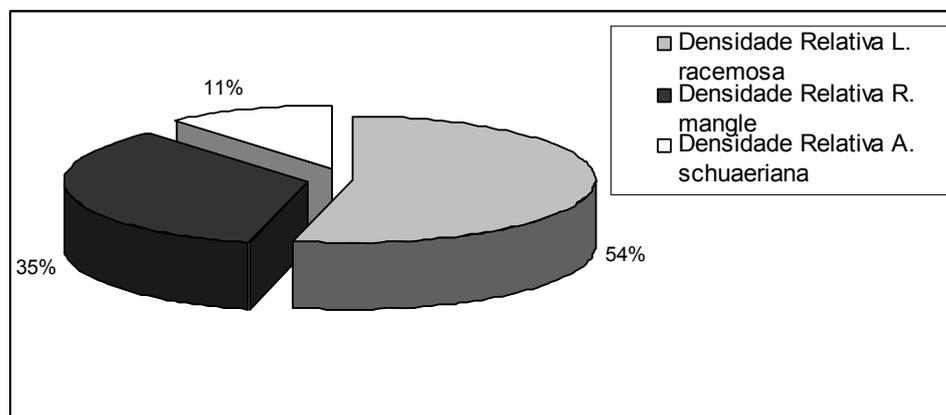


Figura 24 – Densidade relativa das espécies encontradas nas parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

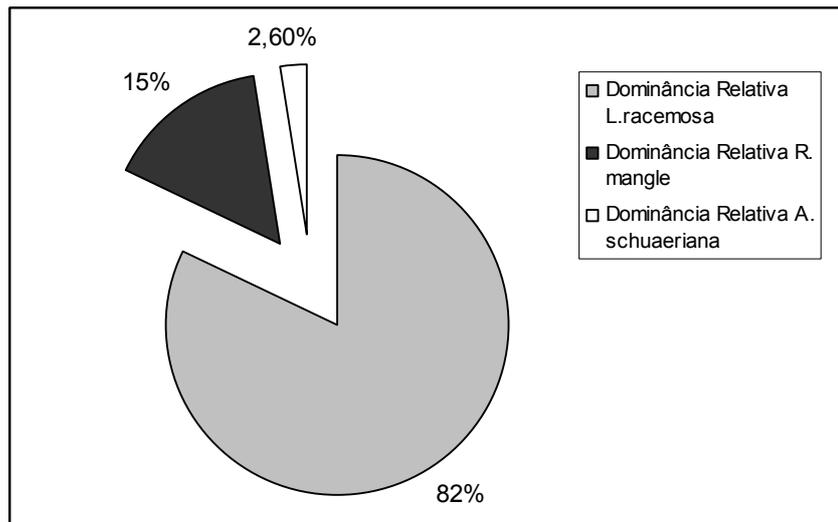


Figura 25 – Dominância relativa das espécies encontradas nas parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

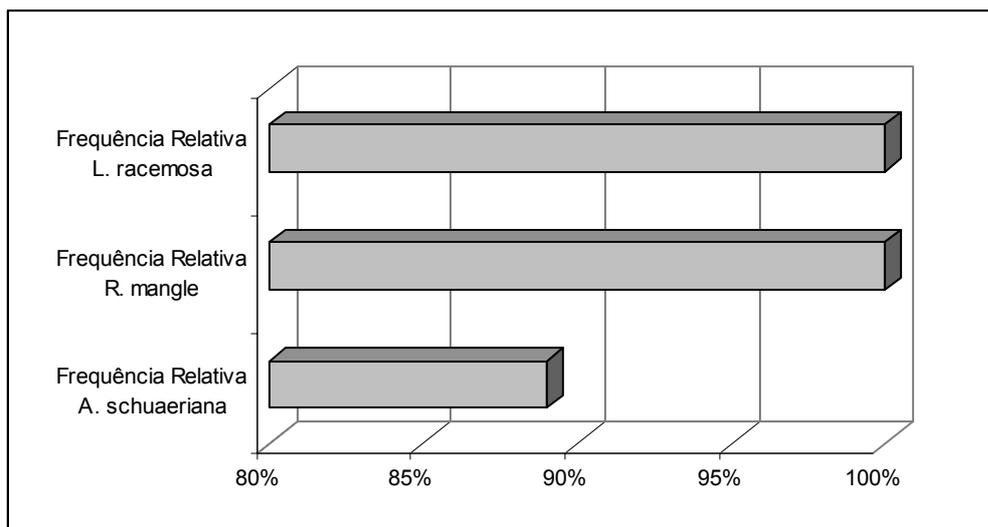


Figura 26– Frequência relativa por espécie nas parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

### 7.2.3 Análise dos Componentes Principais (ACP)

Na análise dos componentes principais os autovalores dos dois primeiros componentes explicaram 52,3% da variação total, sendo 28,1% no primeiro e 24,2% no segundo. O terceiro autovalor foi de 18,6%, totalizando 71% das variáveis que envolvem as nove parcelas nos três autovalores.

No primeiro componente (CP1) os índices estão relacionados com a área basal média, altura média, altura desvio padrão, densidade de *L. racemosa*, área basal de *A. schaueriana* e DAP médio, valores indiretamente proporcionais aos

índices da densidade de *R. mangle*, área basal de *R. mangle* e teor de areia grossa (Tabela 9, Figura 27).

No segundo grupo (CP2) os fatores altura do dossel, densidade de troncos vivos, número de árvores mortas e teor de argila foram indiretamente proporcionais aos valores relacionados ao carbono orgânico, pH, Ca + Mg, Ca e Mg (Tabela 9, Figura 27).

O terceiro grupo explicou valores relacionados à área basal, área basal de *L. racemosa*, teores de areia fina e silte, em detrimento da densidade de *A. schaueriana* e o número de árvores cortadas (Tabela 9, Figura 28).

Tabela 9 – Análise dos componentes principais das parcelas analisadas no Manguezal do Pina.

Variáveis Analisadas (ACP)	CP1	CP2	CP3
AB- Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)	0.0702	0.5077	<b>0.7920</b>
ABM- Área Basal Média (m <sup>2</sup> /ha)	<b>0.7799</b>	-0.2636	0.0716
AM- Altura Média (m)	<b>0.7653</b>	0.4416	-0.1886
ADV- Altura Desvio Padrão (m)	<b>0.7419</b>	0.4006	-0.4708
AD - Altura do Dossel (m)	0.6226	<b>0.7573</b>	-0.0185
DTV- Densidade de Troncos Vivos (ind/ha)	-0.4453	<b>0.6191</b>	0.4953
DLR- Densidade de <i>L. racemosa</i> . (%) (m <sup>2</sup> /ha)	<b>0.6280</b>	-0.4001	0.2322
DRM- Densidade de <i>R. mangle</i> . (%) (m <sup>2</sup> /ha)	<b>-0.7658</b>	0.2961	0.1605
DAS- Densidade de <i>A. schaueriana</i> . (%) (m <sup>2</sup> /ha)	0.4997	0.0062	<b>-0.5653</b>
ABLR- Área Basal de <i>L. racemosa</i> . (m <sup>2</sup> /ha)	0.4529	0.2868	<b>0.7396</b>
ABRM- Área Basal de <i>R. mangle</i> . (m <sup>2</sup> /ha)	<b>-0.7405</b>	0.4072	0.1463
ABAS- Área Basal de <i>A. schaueriana</i> . (m <sup>2</sup> /ha)	<b>0.3430</b>	0.1724	0.0709
DAPM- DAP Médio (m <sup>2</sup> /ha)	<b>0.5938</b>	-0.5603	-0.3465
NarvC - N° Árvores Cortadas (m <sup>2</sup> /ha)	-0.2216	0.3094	<b>-0.5188</b>
NarvM- N° Árvores Mortas (m <sup>2</sup> /ha)	-0.5493	<b>0.6612</b>	0.3573
CO- Carbono Orgânico (dag kg <sup>-1</sup> )	0.3539	<b>-0.5535</b>	0.1233
AF - A. Fina (kg kg <sup>-1</sup> )	0.5901	-0.1643	<b>0.7458</b>
AG - A.Grossa (kg kg <sup>-1</sup> )	<b>-0.7237</b>	-0.0202	-0.6251
A - Argila (kg kg <sup>-1</sup> )	0.2709	<b>0.5847</b>	-0.4128
S - Silte (kg kg <sup>-1</sup> )	0.3286	-0.0763	<b>0.3372</b>
pH- pH	-0.3391	<b>-0.6638</b>	0.4523
CaMg - Ca + Mg (cmolc DM <sup>-3</sup> )	-0.3804	<b>-0.8225</b>	0.0416
Ca - Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )	-0.4088	<b>-0.5835</b>	-0.4352
Mg - Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )	-0.0724	<b>-0.8192</b>	0.4677

\*Os valores em negrito correspondem às variáveis principais.

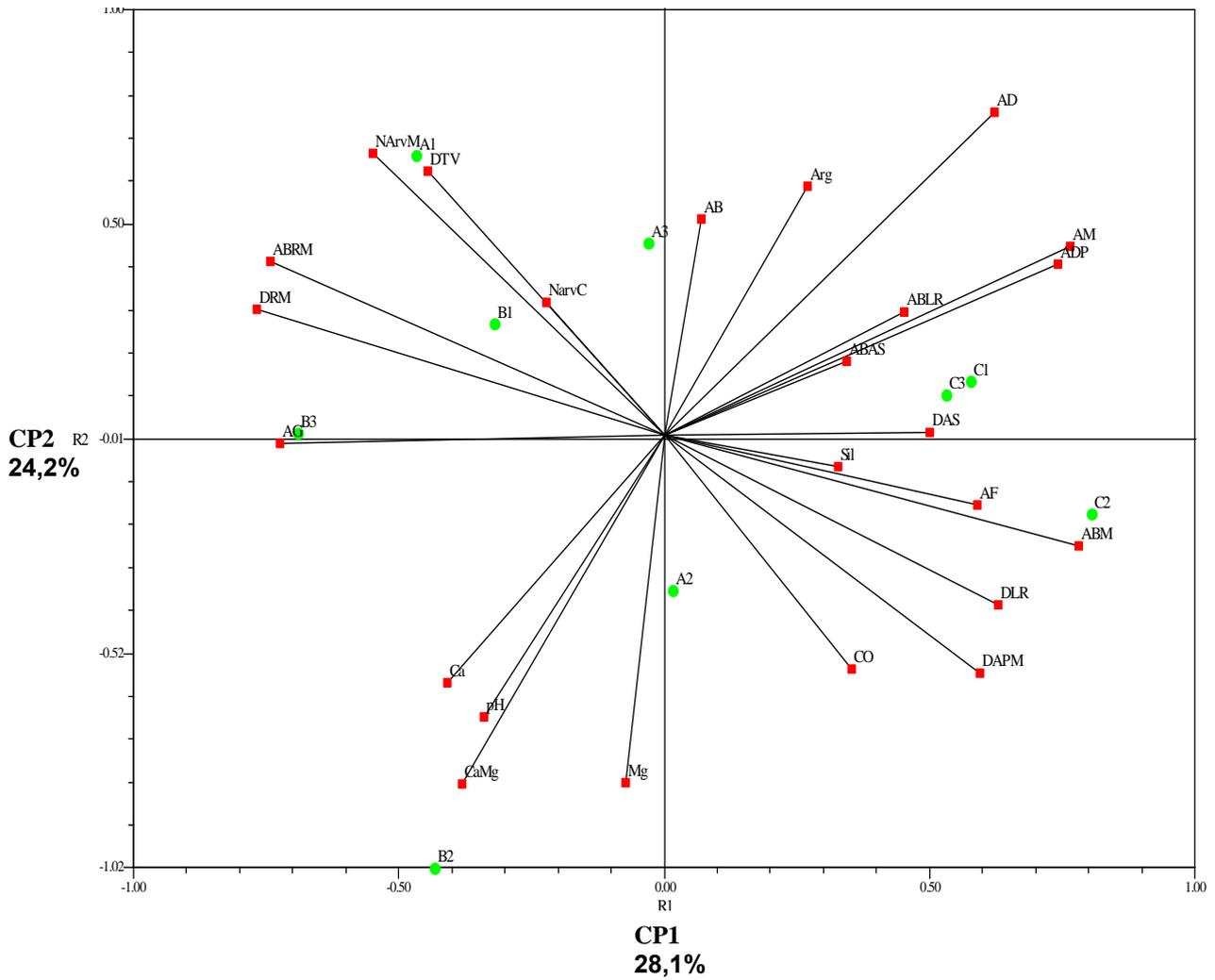


Figura 27 – Análise dos componentes principais (CP1 e CP2) e parcelas que formam os sítios A, B e C no Manguezal do Pina.

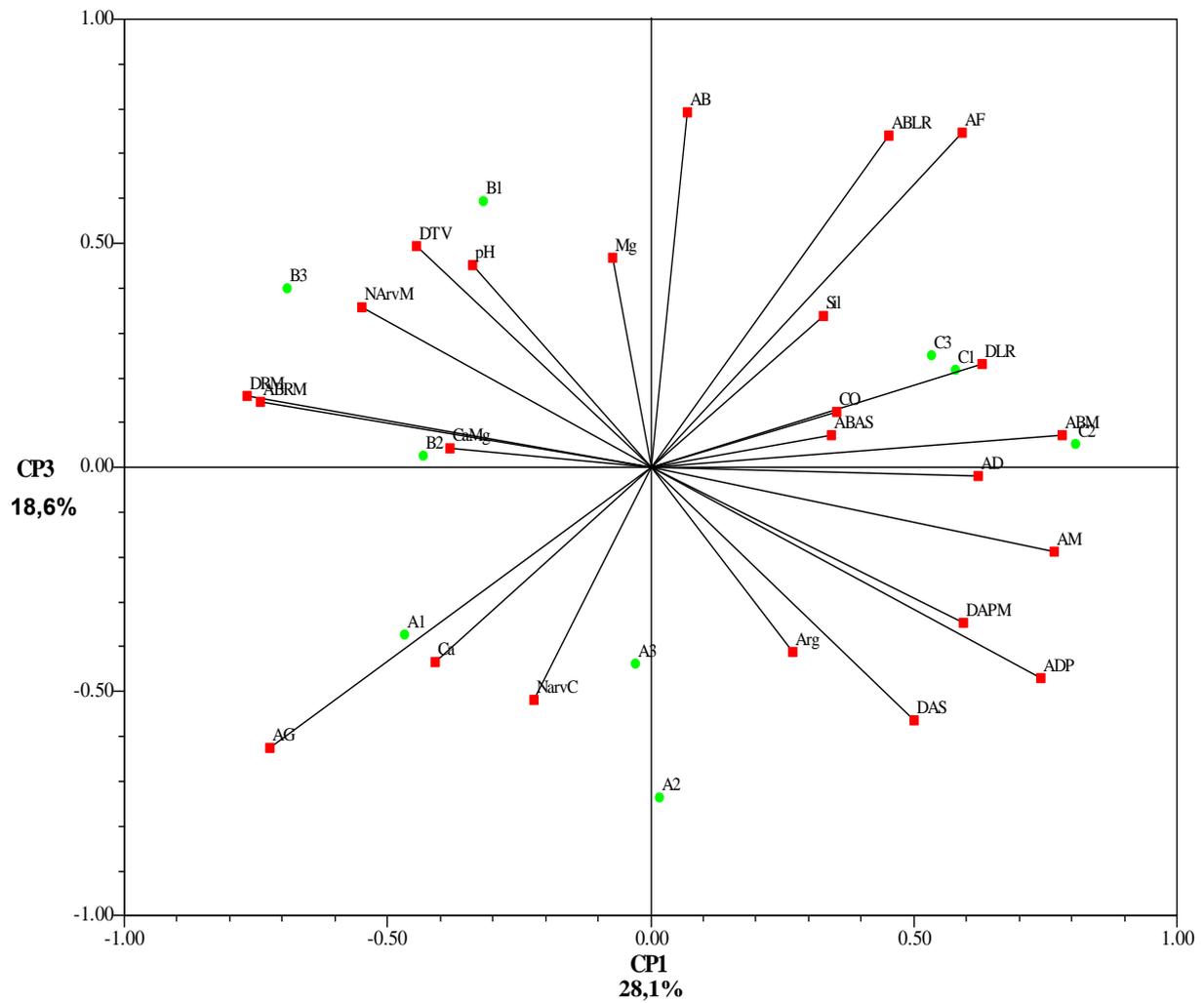


Figura 28 – Análise dos componentes principais (CP1 e CP3) e parcelas que formam os sítios A, B e C no Manguezal do Pina.

## 8 DISCUSSÃO

### 8.1 ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL

O Manguezal do Pina apresentou variações espaço temporais ao longo do período analisado. Na imagem do ano de 1991 a vegetação de mangue apresentou uma significativa diminuição da sua composição arbórea, quando comparada com a imagem de 1987, perdendo 32,4ha de vegetação densa. Esta redução pode estar relacionada a efeitos de interferências mais fortes nesse período, tais como desestabilização do sedimento, ocasionada por assoreamento dos rios, ou ainda por atividades de desestruturação do manguezal, como corte das árvores, instalação de tanques de carcinicultura ou até mesmo por lançamento de resíduos químicos e sólidos nos rios, os quais transportam esse material para o manguezal.

Em 2008 as áreas cobertas por vegetação de mangue atingiram valores mais expressivos, perfazendo 215,9ha, indicando um aumento de 61,87ha, distribuindo-se sobre os espaços anteriormente ocupados por vegetação rala e semi-densa.

O solo exposto e a área urbana apresentaram valores crescentes no decorrer dos anos analisados, com acréscimo de 41,81ha entre 1987 e 2008. O aumento significativo da área urbana no entorno desse manguezal limita seu crescimento, além de pressionar o ecossistema com atividades desestabilizadoras como: desmatamentos, lançamentos de resíduos, aterros, ocupações espontâneas, carcinicultura e desestabilização do sedimento.

Os dados de monitoramento demonstraram que o bosque de mangue estudado apresentou uma capacidade de recomposição natural, mesmo após a redução evidenciada na imagem de 1991, porém os mangues submetidos à grande incidência de tensores podem não alcançar o seu máximo desenvolvimento estrutural. O aumento da recomposição natural dos indivíduos não significa, necessariamente, que o mesmo está sob condições adequadas de conservação.

Santiago et al. (2009) realizaram um mapeamento no Manguezal do Pina e quantificaram a área ocupada por tanques de carcinicultura nos anos de 1974 e 2008, a partir da fusão entre imagens multiespectrais do sensor AVNIR-2 do satélite Alos e HRC do satélite CBERS-2B, através do modelo *Gram-Schmidt Spectral Sharpening*. O estudo mostrou que no ano de 1974 a vegetação do manguezal do Pina abrangia uma área de 132,84ha e em 2008 a mesma apresentou 256,40ha, o

que correspondeu a um aumento de 123,56ha em 34 anos. Observou-se também uma ampliação da área ocupada por tanques de carcinicultura, mais especificamente na Ilha de Deus, passando de 20,19ha em 1974 para 43.82ha em 2008, correspondendo a um incremento de 23,63ha no período considerado. É importante ressaltar que estes autores consideraram toda a mancha de vegetação na área, sem classificar a transição da vegetação que compõe o bosque e, além disso, fizeram uso de um modelo diferente de recorte, o que explica a discrepância com os dados presentemente obtidos.

Schaeffer-Novelli (2002) destaca que os manguezais apresentam uma diversidade funcional bastante forte, são altamente produtivos e complexos e, conseqüentemente, tendem a resistir mais a perturbações tanto naturais quanto às induzidas pelo homem, porém a cada perturbação acarreta perda do sistema, tornando-se mais vulneráveis a essas interferências.

## 8.2 ANÁLISE AMBIENTAL

A estrutura dos bosques de mangue é resultante dos fatores ambientais a que estejam sendo submetidos. Nestes ambientes atuam muitas forças de diferentes intensidades e frequências. Tais sistemas são subsidiados por fontes externas de energia provenientes da interferência das marés, da precipitação, do aporte de água e sedimentos fluviais, sendo captadas pelas espécies vegetais presentes no ambiente e transformadas em estrutura florestal. Quanto maior a disponibilidade e abundância dessas energias maior desenvolvimento será alcançado pelos componentes vegetais (CINTRÓN; LUGO; MARTINEZ, 1980; CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 2002).

Desta forma, a análise de alguns parâmetros ambientais no Manguezal do Pina tentou buscar uma relação entre a estrutura apresentada pelos bosques em cada sítio e os dados abióticos.

Em relação à temperatura, os valores registrados no Manguezal do Pina estão de acordo com as condições ideais para o desenvolvimento dos manguezais, ou seja, temperaturas médias acima de 20°C. Nestes ecossistemas a amplitude térmica anual deve ser menor que 5°C, com média das temperaturas mínimas não

inferiores a 15°C (KIENER, 1973; DIEGUES, 1987; SCHAEFFER-NOVELLI, 1995; VANNUCCI, 2002).

Os valores de salinidade da água intersticial foram baixos em todas as parcelas, e apenas na parcela B3 a salinidade foi de 40, classificada como hiperalina. Os valores mais baixos estão relacionados com a pouca influência marinha nos sítios de coleta, localizados na parte interna do Manguezal do Pina, próximos aos cursos dos rios ou de seus respectivos braços. É importante destacar que além do fluxo e refluxo das marés, a altura, a distância do mar e o regime do rio são fatores que determinam a grande variedade da salinidade no manguezal, além de serem condicionantes da zonação das espécies de mangue.

Coelho et al. (2004) destacam que quanto maior a distância do mar, menor a entrada de água do mar no estuário e quanto maior a vazão do rio, menor a penetração de água do mar. Os autores destacam ainda que quando a evaporação é superior à quantidade de água doce, a salinidade aumenta com o afastamento do mar, causando os estuários “negativos”, muitos deles com importantes salinas. Este fenômeno pode ser observado em alguns estuários pequenos, durante a primavera/verão, quando a preamar coincide com as horas de maior insolação. O valor mais elevado da salinidade na parcela B3 talvez possa ser explicado por este fenômeno ou estar relacionado à maior influência da maré no horário da coleta.

Nascimento-Filho (2007), em seu estudo sobre o rio Ariquindá, Tamandaré/PE, encontrou valores de salinidade que variaram de 40 a 90. O autor enfatiza que a salinidade associada à topografia foi considerada o melhor parâmetro para definir padrões de zonação, uma vez que podem ser facilmente medidos e correlacionados diretamente com a distribuição das espécies.

No estuário do rio São Mateus/ES, Silva et al. (2005) encontraram valores de salinidade que variaram entre 2 e 38.

A condição de salinidade determina a sobrevivência de determinadas espécies, pois espécies de água doce não sobrevivem em salinidade acima de 5, enquanto espécies marinhas geralmente não ocorrem em salinidade abaixo de 18. Por isso, deve-se levar em conta a natureza rigorosa das condições ecológicas dos manguezais (COELHO et al., 2004).

Fernandes e Peria (1995) destacam que as espécies de mangue são próprias de ambientes salinos, embora possam se desenvolver em ambientes livres da presença de sal, nessas condições não ocorrendo a formação de bosques, pois as

espécies de mangue acabam perdendo espaço para aquelas que crescem mais rápido e com melhores adaptações à presença de água doce. Segundo estes autores, *Rhizophora* é o gênero menos tolerante à presença de sal, desenvolvendo-se em ambientes onde a água intersticial apresenta teores menores que 50. *Avicennia* é o gênero mais tolerante, conseguindo sobreviver em locais onde a água intersticial pode variar de 65 a 90 e *Laguncularia* apresenta tolerância intermediária quando comparada com os dois gêneros anteriores.

As análises das amostras de sedimentos coletadas nos sítios do Manguezal do Pina permitiram classificá-los como de classe arenosa e franco arenosa, formado por areia fina, silte e argila orgânica com vegetação típica. Segundo o Atlas Ambiental da Cidade do Recife (2000), os sedimentos que constituem o substrato de mangues da área em questão são arenosos e profundamente misturados a restos vegetais e matéria orgânica em decomposição, com vegetação típica e a presença de água salgada ou salobra, de idade quaternária, típicos de ambientes estuarinos.

No Manguezal do Pina os valores referentes ao magnésio foram maiores que os de cálcio. Ambos os elementos são macronutrientes secundários para as plantas, juntamente com o enxofre. Os teores altos de magnésio no Manguezal do Pina podem estar relacionados às menores perdas por lixiviação, pois de acordo com Gismonti (2010), o Mg é mais solúvel que o cálcio e sujeito, então, à perdas por lixiviação. O magnésio, como o nitrogênio, é parte da clorofila e sua deficiência aparece com um amarelecimento entre as nervuras das folhas mais velhas.

Os efeitos indiretos do cálcio são tão importantes quanto o seu papel como nutriente. O cálcio promove a redução da acidez do solo, melhora o crescimento das raízes e aumenta a atividade microbiana, a disponibilidade de molibdênio (Mo) e de outros nutrientes. O cálcio reduzindo a acidez do solo diminui a toxidez do alumínio (Al), cobre (Cu) e manganês (Mn). Plantas que apresentam altos teores de cálcio resistem melhor à toxidez destes elementos (GISMONTI, 2010). Torna-se relevante estudar teores de Fe, Ca, Mg, K e Na para obtenção de dados relacionados à fertilidade do solo.

Os teores de carbono orgânico foram mais expressivos nas parcelas A2 e C3, provavelmente relacionados à maior produção de detritos ou à menor lavagem pelas marés nessas parcelas. Os menores valores de carbono orgânico foram encontrados nas parcelas A3 e A1.

Os valores de pH caracterizaram os sedimentos como ácidos, pois apresentaram valores entre 4,7 e 5,8. Estes valores podem estar relacionados à oxidação de sulfetos, decomposição de serrapilheira, hidrólise de tanino das plantas de mangue (as quais liberam vários ácidos orgânicos) (LIAO, 1990), ou em função das flutuações do nível freático ou do conteúdo de umidade. Tanto os teores de carbono orgânico quanto os de pH são dados que variam de acordo com as condições ambientais em que as áreas analisadas se encontram.

Odum (1988, citado por CUZZUOI et al. 2001) salienta que o pH e o teor de matéria orgânica também têm sido apontados como possíveis contribuintes da zonação. No entanto, em manguezais, o pH e a matéria orgânica são medidas extremamente variáveis, sujeitas às variações das marés. Portanto, não determinam a ocorrência de agrupamentos vegetais, ficando a posição relativa das espécies vegetais dependente de outros fatores como a salinidade e composição mineralógica do sedimento. Fernandes e Peria (1995) salientam que quando os sedimentos do manguezal entram em contato com o ar ocorre redução, baixando ainda mais os valores de pH, podendo resultar em condições extremamente ácidas, podendo haver produção de ácido sulfúrico.

Em relação à composição dos sedimentos de manguezais, Lamberti (1969, citado por ROSSI et al., 2002) caracteriza amostras coletadas a 20cm de profundidade, em manguezais de Itanhaém (SP), na classe textural Arenos-Barrenta com 35% de silte e 42% de areia fina. A análise química mostra que são solos salinos, com teores de bases ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+} + \text{Na}^{+}$ ) elevados, portanto férteis. A porcentagem de matéria orgânica também é alta, enquadrando esses solos como turfa de manguezal, com teor de umidade muito elevado e o pH apresentou-se sempre superior a 5,0 e inferior a 6,5 .

Segundo Cuzzuol et al. (2001), os sedimentos do manguezal do rio Mucuri apresentaram valores variando de ligeiramente ácido a neutro, com valores de pH variando de 6,5 a 7,7. De maneira geral, a concentração de nutrientes do sedimento deste manguezal segue a ordem decrescente:  $\text{Fe} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Mn} > \text{P} > \text{Zn} > \text{Cu}$ .

No mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Silva; Bernini e Carmo (2005) verificaram que o sedimento apresentou características que variaram de arenoso, lama siltico-arenosa a lama siltosa, com maior percentual de matéria orgânica chegando a 10,9%. A salinidade da água intersticial apresentou grande variação

entre os períodos de coleta e entre os sítios de estudo, enquanto os valores de pH se mantiveram entre 5,7 e 7,9.

Sobre o mangue do estuário do rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro, Bernini; Rezende (2004) salientaram que embora o conteúdo de matéria orgânica seja elevado, apesar das características grosseiras do sedimento na área em estudo, não houve correlação entre o percentual de matéria orgânica com a fração de silte e argila. O trabalho apresentou alguns estudos que demonstram que sedimentos arenosos frequentemente apresentam baixo percentual de matéria orgânica e menor capacidade de retenção de nutrientes se comparado aos sedimentos arenosos.

Embora os manguezais também possam se desenvolver em diferentes substratos, como os constituídos por partículas mais grosseiras (recifes de coral, areias), eles se desenvolvem melhor em locais onde o substrato se apresenta menos consistente, com baixa declividade e granulometria fina (FERNANDES; PERIA, 1995).

Em relação à composição do bosque, no Manguezal do Pina foram registradas três espécies de mangue pertencentes a três gêneros e três famílias, *R. mangle* (Rhizophoraceae), *L. racemosa* (Combretaceae) e *A. schaueriana* (Avicenniaceae). Segundo Coelho et al. (2004), no litoral de Pernambuco são encontrados os três gêneros típicos de manguezal (*Rhizophora*, *Avicennia* e *Laguncularia*) e o gênero considerado de transição (*Conocarpus*).

Esta composição florística encontrada no Manguezal do Pina corrobora com os resultados obtidos por Schuler; Andrade e Santos (2000), no manguezal do Canal de Santa Cruz, por Nascimento Filho (2007), no estuário do rio Ariquindá e por Correia (2002), no estuário do Rio Timbó. Já em relação à Suape, Souza; Sampaio (2001) referem quatro espécies: *R. mangle*, *L. racemosa*, *A. schaueriana* e *A. germinans*.

As espécies não apresentaram um padrão de zonação definido, o que também foi evidenciado para alguns manguezais estudados por vários autores: Lagoa da Tijuca/RJ (SOARES, 1999), Suape/PE (SOUZA; SAMPAIO, 2001), Cananéia Iguape/SP (CUNHA-LIGNON, 2006), Ariquindá/PE (NASCIMENTO-FILHO, 2007), Guaraqueçaba/SP (MELO, 2002).

Segundo Coelho et. al. (2004), as espécies de mangue se distribuíam segundo um padrão regular nem sempre observado; o mangue vermelho seria mais comum na parte mais próxima do mar, o mangue de botão na margem externa do

manguezal, o mangue siriúba na porção média e o mangue branco na porção mais afastado do mar, rio acima. É possível que esta distribuição tenha sido modificada muitas vezes, ora por acidentes naturais, ora por causas antrópicas.

As densidades de troncos vivos no Manguezal do Pina mostraram que a espécie *L. racemosa* apresentou os maiores índices, seguida de *R. mangle* e, com baixa densidade, *A. schaueriana*. Duas parcelas apenas, A1 e B3, apresentaram índices de povoamento maior da espécie *R. mangle*, enquanto nas demais parcelas a predominância foi de *L. racemosa*. *R. mangle* apareceu com maior frequência nas parcelas A1, B3 e B1, sendo seguidamente intercalada por *L. racemosa* e, em menor quantidade, por *A. schaueriana*.

Deus et al. (2003) encontraram espécies e densidades diferentes em manguezais do Piauí, onde a maior densidade foi de *L. racemosa*, seguida de *A. germinans* e, por último, *R. mangle*. O mesmo fato ocorreu no mangue da Península de Bragança/PA (MENEZES; MEHLIG, 2006), onde ocorreram as espécies *R. mangle*, *A. germinans* e *L. racemosa*, sendo *R. mangle* a mais abundante, seguida por *A. germinans* e, em menor quantidade, *L. racemosa*.

Estudando os bosques de mangue de Suape/PE, Souza e Sampaio (2001) também não observaram um padrão de zonação definido, porém *R. mangle* apareceu com maior frequência na franja do mangue, principalmente nas proximidades da desembocadura, sendo gradualmente substituída por *Avicennia* e *L. racemosa*, mais para o interior do continente.

Matni; Menezes e Mehlig (2003) afirmam que os bosques monoespecíficos de *L. racemosa*, com estrutura homogênea, como sendo um forte indicador de bosque secundário. Esta espécie é típica de bosques degradados em processo de regeneração, caracterizando-se como pioneira num processo de sucessão secundária. Sobre esse assunto estes autores citam diversos estudos (TOMLISON, 1986; PERIA et al., 1990; PIRES, 1992; SOARES; TOGNELLA, 1994 citado por et al., 2003).

No Manguezal do Pina o bosque apresentou valores de densidade de troncos vivos chegando a atingir 2.850 ind/ha, porém em algumas parcelas os valores foram baixos (A2, B2 e C2). A parcela A2 apresentou baixa densidade por causa do elevado número de cortes, principalmente de indivíduos das espécies *L. racemosa* e *R. mangle*, enquanto nas parcelas B2 e C2 foi contabilizado o maior número de troncos mortos, talvez em função da competição entre os indivíduos.

A densidade de um bosque é função de sua idade e amadurecimento, ou seja, os bosques passam durante seu desenvolvimento de uma fase em que o terreno está ocupado por uma grande densidade de árvores de diâmetro reduzido, a uma fase de maior amadurecimento, quando o domínio é feito por poucas árvores de grande porte e volume. A densidade se reduz com o amadurecimento do bosque. O processo que causa a redução do número de árvores é devido à competição das copas por espaço, bem como ao desenvolvimento radicular. As árvores mais altas recebem a luz solar diretamente e crescem rapidamente, dificultando ou mesmo impedindo o desenvolvimento daqueles indivíduos cujas copas não recebem luz diretamente, os quais morrem devido à competição, deixando ainda mais espaço para o desenvolvimento dos mais bem dotados (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

Os valores de altura média e do dossel variaram de 6,37 a 9,42 e de 8,01 a 14,53, respectivamente, tendo o sítio C apresentado os maiores valores, indicando característica de bosque mais maduro, em relação aos outros dois sítios. É importante ressaltar que houve uma relação direta entre os valores de DAP e a altura das árvores, ou seja, quanto maior a altura maior o valor do DAP, o que ocorreu com a maior parte dos indivíduos das parcelas analisadas.

Os maiores volumes de madeira e biomassa do bosque do Manguezal do Pina foram das parcelas B1, B3, C1, C3, o que se refere aos maiores valores de área basal total de cada parcela, sendo a maior percentagem de área basal média registrada no sítio C. Tal indicador é um excelente índice de grau de desenvolvimento do bosque, já que está intimamente relacionado com o volume de madeira e com a biomassa do bosque (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986). Em se tratando de maior área basal por sítio, o sítio C e B obtiveram os maiores valores. O sítio B, embora apresentando maiores quantidades de resíduos sólidos, apresentou menores evidências de desmatamento ocasionado por cortes, em relação ao sítio A.

Sobre a contribuição de área basal por classe de diâmetro do Manguezal do Pina, os maiores valores foram dos troncos com diâmetro maior ou igual a 10cm, sendo *L. racemosa* a espécie que mais contribuiu. É importante destacar que nos três sítios a densidade relativa teve predominância de *L. racemosa*, seguida de *R. mangle* e, em menor quantidade, de *A. schaueriana*. Resultados semelhantes foram encontrados em relação à dominância relativa, demonstrando a maior influência de

*L. racemosa* e *R. mangle* na composição do bosque. Em todas as parcelas foram encontrados espécimes de *L. racemosa* (100%) e *R. mangle* (100%) e menor frequência relativa de *A. schaueriana*, que apresentou 89%.

Em relação ao mangue de Suape/PE (SOUZA; SAMPAIO, 2001), os valores de altura média (6,7 a 16,3) e máximas (10 a 18m) foram superiores aos registrados para o Manguezal do Pina. Foram encontrados valores também superiores para a área basal em Suape/PE, chegando a atingir máxima de 60,8m<sup>2</sup>/ha, enquanto no Manguezal do Pina foi contabilizado valor máximo de 30,86m<sup>2</sup>/ha. Essa diferença de área basal está relacionada à maior contribuição da espécie *R. mangle* no manguezal de Suape/PE.

No presente estudo os valores de densidade foram indiretamente proporcionais ao DAP médio, demonstrando que, de acordo com Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986), a densidade se reduz gradualmente durante o desenvolvimento do bosque, de tal forma que os bosques maduros se caracterizam por possuírem poucas árvores de grandes diâmetros médios. Dessa forma, as parcelas B1, B3, A3 apresentaram características de bosque mais jovem, em relação aos bosques das parcelas C1 e C2. Como mencionado anteriormente, a parcela A2 apresentou baixa densidade por causa do elevado número de cortes e, conseqüentemente, o maior valor de DAP médio.

Nascimento-Filho (2007), estudando o manguezal do rio Ariquindá (PE), encontrou o maior valor de área basal de 25,39m<sup>2</sup>/ha e diâmetro máximo de 35cm, com maiores contribuições de indivíduos com DAP maior ou igual a 2,5. A densidade de indivíduos por hectare variou de 256 a 2.733, com altura média do bosque variando de 0,4 a 8,9m e altura do dossel de 1,4 a 11,1m.

Em Guaraqueçaba/PR (MELO, 2002) foram registrados as maiores contribuições de indivíduos com valores superiores a 2,5 cm, com maior DAP médio de 11cm e altura média variando de 4,5cm a 7,5cm. O DAP médio neste mangue foi bastante superior ao encontrado no Manguezal do Pina.

Bernini e Rezende (2004), estudando o mangue do rio Paraíba do Sul/RJ, observaram que a altura do bosque variou de 1,10 a 19,5m, com média de 8,1±3,9m. O DAP médio geral foi de 10,3cm e a área basal dos indivíduos vivos total de 40m<sup>2</sup>/ha, sendo *A. germinans* a espécie dominante, com 60%, seguida de *R.mangle* (25%) e de *L. racemosa*, com 15%. Os valores de densidade de troncos vivos ficaram entre 1250 e 17000 troncos por hectare.

Sobre a estrutura de bosques de mangue da península de Bragança/PA, Menezes, Mehlig (2006) encontraram valores máximos de área basal de 111m<sup>2</sup>/ha, sendo a maior densidade absoluta de 146 indivíduos por hectare. As alturas neste bosque variaram de 9 a 24m, com classes de diâmetro variando de 12,5 a 95cm, sendo *R. mangle* a espécie mais abundante.

Em três áreas de manguezal do Piauí, Deus et al. (2003) encontraram as espécies *R. mangle*, *L. racemosa* e *A. germinans*, com densidades totais de 955 a 12.685 indivíduos por hectare. *L. racemosa* apresentou maior densidade (80%), seguida de *A. germinans* (73%) e *R. mangle* (47%). As alturas máximas variaram de 12 a 28m e com altura média 11,2m, sendo a maior parte dos indivíduos com alturas abaixo de 2m ou em torno de 10m. A área basal foi 34m<sup>2</sup>/ha, com maior contribuição de *R. mangle* (89%). O diâmetro médio do bosque foi de 19,5cm.

Menghini (2004), tratando sobre os bosques de mangue na Ilha de Barnabé/SP, identificou o DAP médio entre 0,88 e 8,74cm e indivíduos com altura média superior variando de 2 a 9,60. A área basal viva foi de 5,30 a 14,02m<sup>2</sup>/ha.

A análise estatística dos componentes principais (ACP) do Manguezal do Pina demonstrou a variabilidade dos componentes analisados, apresentando fatores diferenciados para cada parcela. No sítio C destacaram-se os dados relativos às alturas, valores de área basal média, densidade de *L. racemosa* e DAP médio. Nas parcelas A2 e B2 destacaram-se os valores relativos aos teores de Cálcio, Magnésio, Cálcio mais Magnésio e pH, e na parcela A3, os valores de área basal. Nas outras parcelas os valores mais expressivos foram a densidade e área basal de *R. mangle*, o número de árvores mortas e a densidade de troncos vivos. A análise de componentes principais demonstrou que existe um mosaico de fatores que estão influenciando diferentemente determinadas parcelas.

É importante destacar que a variabilidade na composição específica, assim como o acúmulo de biomassa, caracterizado pelo desenvolvimento estrutural, demonstra a grande maleabilidade dos manguezais e sua potencialidade de acomodação diante de marcadas diferenças ambientais entre pontos geograficamente próximos. Essas diferenças devem ser levadas em consideração em propostas de planos de manejo, uma vez que cada manguezal exige estratégias peculiares para sua manutenção (SCHAEFFER-NOVELLI et al. 1994).

De acordo com os diversos trabalhos passíveis de comparação sobre a estrutura do bosque, o Manguezal do Pina apresentou características de bosque

mais desenvolvido que o da Ilha de Barnabé/SP (MENGHINI, 2004) e índices semelhantes ao estudo desenvolvido no rio Ariquindá/PE (NASCIMENTO FILHO, 2007). As pesquisas realizadas em Suape/PE (SOUZA-SAMPAIO, 2001), no rio Paraíba do Sul/RJ (BERNINI; REZENDE 2004), Bragança/PA (; MENEZES; MEHLIG et al. 2006) e no Piauí (DEUS et al. 2003) indicaram índices superiores de características estruturais do bosque quando comparados com o Manguezal do Pina, principalmente no que se refere aos valores de área basal, densidades de troncos vivos e altura média e do dossel.

### 8.3 MANEJO

O Manguezal do Pina encontra-se antropizado, o que foi constatado pelas observações durante os trabalhos de campo. Destacam-se alguns fatores não naturais que vêm interferindo neste sistema, tais como: a grande quantidade de resíduos sólidos trazidos pelos rios, o elevado número de cortes de árvores, a expansão desordenada de ocupações no entorno do manguezal e a pesca irregular. Os cortes foram bastante evidentes, ocasionando clareiras em diversas áreas.

O aumento da área de mangue (61,87 ha) evidenciado em 2008 em relação aos anos analisados demonstra o quanto o ecossistema é resistente e resiliente, tendo sido observadas características de regeneração natural em diversos pontos, principalmente de *L. racemosa*, uma vez que esta espécie pode ser um forte indicador de bosque secundário, típica de bosques degradados e em processo de regeneração.

O Manguezal do Pina vem sendo objeto de discussão em relação à construção da Via Mangue e de empreendimentos imobiliários.

O projeto da Via Mangue (Figura 29) prevê a construção de uma via com 4,5 quilômetros de extensão que vai da Avenida Antônio Falcão até a Ponte Paulo Guerra, que liga o bairro da Cabanga ao Pina. Segundo o projeto, a Via Mangue será uma rodovia expressa, onde os carros vão poder passar com uma velocidade média de 60 quilômetros por hora. Não haverá semáforos ou cruzamentos. Durante as obras da segunda fase será feito todo o sistema viário como ruas, pontes, anéis e rotatórias.

Segundo o RIMA/Via Mangue (2008), o aterro foi considerado a ação mais impactante porque é definitivo, elimina a possibilidade de retorno da vegetação

original ou povoamento daquela área. Inevitavelmente modificará as características físicas do solo/subsolo naturais da área de intervenção do empreendimento. Os principais impactos decorrentes desses trabalhos serão a retirada do horizonte orgânico (O) e a modificação da estrutura natural do solo (compactação) em toda a área onde este ainda apresenta características naturais.

Sobre a vegetação o RIMA/Via Mangue (2008) destaca que os impactos são negativos, pois haverá a supressão de parte da cobertura vegetal, o que igualmente repercutirá na fauna terrestre e na biota estuarina. Os impactos devem ser compensados através de replantio na própria área do Parque dos Manguezais, na proporção de duas novas árvores para cada uma suprimida. No caso da fauna residente, deve-se mitigar o impacto negativo fazendo com que a limpeza seja efetuada antes da época de reprodução, especialmente da espécie endêmica (sanhaçu-do-mangue).

Para a construção da Via Mangue será necessário retirar cinco ocupações irregulares: Beira Rio (86 famílias), Jardim Beira Rio (230 famílias), Pantanal (131 famílias), Paraíso (mais conhecida como Deus nos Acuda, com 365 famílias) e Xuxa (124 famílias). Ao todo são 936 famílias que serão relocadas para três conjuntos habitacionais. O projeto inclui o saneamento da área e se propõe ao replantio das áreas suprimidas do manguezal.

Vale ressaltar que o projeto não deixa definida a área de supressão do mangue, nem como e onde será o replantio do bosque, já que uma parte da área será ocupada pela via. Na última audiência pública sobre a Via Mangue, realizada em setembro de 2009, a obra foi duramente criticada pelo Ministério Público, alegando que obras básicas não podem ser instigadas por causa do Projeto, sendo direito da população ter acesso às mesmas.

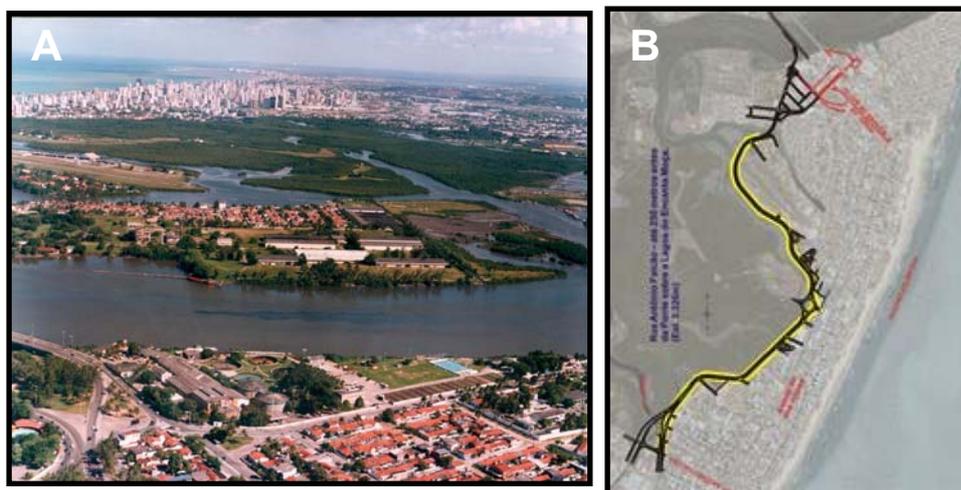


Figura 29 – (A) Vista aérea do Manguezal do Pina e (B) traçado da Via Mangue. Fonte: RIMA/Via Mangue (2008); Jornal on line PE 360 Graus (2009).

Segundo Schaeffer-Novelli (1984), o manguezal é um ecossistema aberto, isto é, aquele que interage com os sistemas vizinhos, está constantemente exportando e importando energia, o que lhe confere grande fragilidade. Assim, interferências sobre os sistemas próximos aos manguezais podem vir a provocar-lhes danos representados por alterações nos suprimentos de água doce e salgada, nutrientes, aporte dos sedimentos, alterações térmicas na água, etc.

Para Diegues (2009), a administração ou o manejo dos recursos naturais objetiva a utilização adequada dos recursos naturais e dos ecossistemas, de modo a respeitar sua capacidade de reprodução e de carga e sua utilização de forma sustentável. Segundo este autor, vários são os parâmetros utilizados no manejo dos recursos naturais renováveis. O critério de produção máxima sustentável é baseado exclusivamente em parâmetros biológicos e define o volume de recursos naturais. Critérios de caráter econômico ou social também são utilizados. Os três critérios isolados apresentam problemas de utilização e uma combinação dos três é necessária.

As zonas costeiras estão constantemente sob a influência do homem e é inevitável que a utilização destas áreas provoque mudanças muitas vezes irreversíveis (YÁÑEZ-ARANCIBIA, 1987).

Embora o ecossistema manguezal beneficie em todos os sentidos a sociedade, o mesmo vem sofrendo interferências que podem ocasionar perdas significativas da sua estrutura e função causando um desequilíbrio no ambiente, e que muitas vezes, como é o caso do Manguezal do Pina, não é observado ou é ignorado.

## 9 CONCLUSÕES

- ✓ O Manguezal do Pina e seu entorno apresentou, em sua avaliação espaço temporal, mudanças significativas de suas áreas de mangue, solo exposto e área urbana, indicando que este foi submetido a processos desestabilizadores.
- ✓ A retração da mancha de mangue em 1991 demonstrou que o bosque enfrentou modificações ambientais que ocasionaram desestruturação do ecossistema.
- ✓ A expansão da área ocupada pelo bosque de mangue, em 2008, indicou que houve uma busca pela recomposição natural dos indivíduos, mostrando que o manguezal em questão não atingiu seus valores máximos de desenvolvimento estrutural, pois foi submetido a uma grande incidência de tensores. Neste ano, observou-se um aumento significativo do mangue em relação aos anos analisados, demonstrando que o mesmo é resistente e resiliente, apresentando características de regeneração em diversos pontos, com predominância da espécie *Laguncularia racemosa*.
- ✓ O bosque tem características estruturais distintas entre as parcelas analisadas, demonstrando que cada parcela está sendo submetida a influências ambientais diferenciadas.
- ✓ Os dados abióticos registrados para o Manguezal do Pina se enquadram dentro dos parâmetros encontrados característicos para áreas o ecossistema manguezal.
- ✓ As espécies que compõem o Manguezal do Pina não apresentaram um padrão de distribuição definido, corroborando com outros trabalhos realizados em diversos manguezais do Brasil.

- ✓ Os maiores valores de densidade relativa e dominância relativa foram de *L. racemosa*, seguida de *R. mangle* e, em menores quantidades da *A. schaueriana*.
- ✓ A análise dos componentes principais demonstrou que existe um mosaico de fatores geoambientais que estão influenciando diferentemente as parcelas analisadas.
- ✓ O grau de antropização no Manguezal do Pina foi considerável, ocasionado por diversos fatores não naturais que vêm interferindo no sistema, evidenciados pela grande quantidade de resíduos sólidos trazidos pelos rios, o elevado número de cortes de árvores, a expansão desordenada de ocupações no entorno do manguezal e a pesca irregular.
- ✓ Os resultados obtidos no presente estudo tornam-se imprescindíveis para políticas de manejo, conservação e monitoramento no Manguezal do Pina.

## 10 REFERÊNCIAS

ANDRADE, G. O. **Alguns Aspectos do Quadro Natural do Nordeste**. Recife, SUDENE, 1977. 75p.

ARAÚJO, M. V; FREIRE, G.S.S; SANTOS, D.M. Uso das Técnicas de Sensoriamento Remoto no Diagnóstico Ambiental do Estuário do Rio Acaraú, Ceará, Brasil. *Estudos Geográficos*, Rio Claro: 2007. 5 (2) p. 58-72.

BARROS H. M.; MACEDO, S. J.; ESKINAZI LEÇA, E.; LIMA, T. **Gerenciamento Participativo de Estuários e Manguezais, Recife (PE)**. Universitária da UFPE, 2000, 252 p.

BERNINI, E; REZENDE, E. R. **Estrutura da Vegetação e Floresta de Mangue do Estuário do rio Paraíba do sul, Estado do Rio de Janeiro, Brasil**. Rio de Janeiro. *Acta bot. bras.* 18(3), 2004. p. 491-502.

BRYON, M. E. Q. **Desenvolvimento Urbano x Meio Ambiente – A Relação de Ocupação do Espaço Urbano com os Recursos Naturais Remanescentes – O Caso das Áreas Estuarinas da Região Metropolitana do Recife – UFPE Recife, 1994**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Urbano e Regional) – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pernambuco, 1994. 194 p.

CAVALCANTI, L. B; COELHO, P.A; LEÇA, E.E; LUNA, J.A.C; MACÊDO, S.J; PARANAGUÁ, Y.M. N. **Condições ecológicas em el area de Suape, Pernambuco – Brasil..** Pernambuco.1980. p. 243 – 255.

CINTRÓN, G.; LUGO, A.E.; MARTINEZ, R. Structural and functional properties of mangrove forests. In: **Symposium signaling the complexion of the flora of Panama**. University of Panama: Panama, 1980. 53-67 p.

CINTRÓN, G; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Proposta para Estudo dos Recursos de Marismas e Manguezais**. Relatório Interno do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, Nº 10. São Paulo,1981. p. 1-13.

COELHO, P. A; TORRES, M. F. A. Áreas estuarinas de Pernambuco: **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de PE**. Recife, v.17, 1982. p. 67-80.

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, 2004. 761 p.

CPRH. GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Diagnóstico Socioambiental do Litoral Norte de Pernambuco. Recife (PE): CPRH/GERCO, 2003a. 211p**

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico Socioambiental do Litoral Sul de Pernambuco. Recife (PE): CPRH/GERCO, 2003b. 87 p.**

CORREIA, V.L. **O Bosque de Mangue do Estuário do Rio Timbó, Estado de Pernambuco, Brasil: Características Estruturais e Vulnerabilidade da Área Frente as Tensões Antrópicas**. Dissertação de Mestrado, Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente/PRODEMA, 2002.

CUNHA-LIGNON, M. **Variação Espaço-Temporal de Bosques de Mangue. III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Aracajú/SE: 2006.**

CUZZUOL, G.R. F; CAMPOS, A. Aspectos nutricionais na vegetação de manguezal do estuário do Rio Mucuri, Bahia, Brasil. **Revista Brasil. Bot.**, São Paulo, V.24, n.2, jun. 2001. p. 227-234.

DEUS, M. S. M.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODRIGUES, S. M. C. B.; ANDRADE, V. C. **Estrutura da vegetação lenhosa de três áreas de manguezal do Piauí com diferentes históricos de antropização**. *Brasil Florestal*, n. 78, 2003. p. 53-60.

DIEGUES, A. C.S. **Ecosistemas Marinhos e sua Degradação na América do Sul, Central e Caribe**. Secretaria do Meio Ambiente: São Paulo, 1987. 88 p.

DIEGUES, A.C. **Desenvolvimento Sustentado, Gerenciamento Geoambiental e o de Recursos Naturais**. Cadernos FUNDAP, Ano 9 – nº 16. São Paulo:1989. p. 33-45.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise do Solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2ª Ed. Ver. Atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FERNANDES, A.J; PERIA, L.C.S. In: **Manguezal**: Ecossistema entre a terra e o mar. Caribbean Ecological Research: São Paulo, 1995. 64 p.

FIDEM. Proteção das Áreas Estuarina. **Série de Desenvolvimento e Meio Ambiente**. Recife, 1987, 40 p.

FONSECA, S. M.; ROCHA, M. T. O MDL e as florestas de Manguezal. **Trabalho Científico Gestão Socioambiental VII SEMEAD**. São Paulo, 2001.13 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The World's mangroves 1980- 2005**. FAO: Italy, 2007. 89 p.

FREIRE, G.S.S.; OLIVEIRA, A.M.E. Mangroves of northeastern Brazil. In: LACERDA, L.D.; FIELD, C.D. (ed.) **Conservation and Sustainable Utilization of Mangrove Forests in Latin America and Africa Regions**. ITTO/ISME, Okina, 1993. p.14-15.

FREIRE, M. B. G. S. **Métodos de Análises Químicas para Solos Salinos**. Minas Gerais, Junho de 2000. 84 p.

FROIDEFOND, J.M; SORIANO-SIERRA, E.J. Sensoriamento Remoto sobre Ecossistemas de Manguezal da Ilha de Santa Catarina, Brasil: Adequação da Técnica. **Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Salvador, 1995. p. 4-19.

HERZ, R. **Manguezais do Brasil**. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991. 227 p.

JARDIM-LIMA, D; NELSON, B. W. Uso De Índices de Vegetação no Monitoramento da Cobertura Verde no Perímetro Urbano da Cidade de Manaus. **Anais XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 1827 - 1833.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente – Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. São José dos Campos: Parêntese Editora, 2009. 598p.

JORNAL DO COMÉRCIO. **Favelas ameaçam área do Parque dos Manguezais**. Recife, 13 jun.2004. Ciência e Meio Ambiente, 5 p.

JUNGES, A. H; ALVES, G; FONTANA, D.C. Estudo indicativo do comportamento do NDVI e EVI em lavouras de cereais de inverno da região norte do Estado do Rio Grande do Sul, através de imagens MODIS. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil. 21-26 abril 2007, INPE, 241-248 p.

KIENER, A. **Les mangroves du globe: Aspects écologiques, biocénétiques et physiologiques particuliers, mise en valeur.** Bulletin de Muséum National D'Histoire Naturelle. 3<sup>a</sup> série, n<sup>o</sup> 164, mai-jun 1973.

KJERFVE, B.; LACERDA, L. A. Mangroves of Brazil. In: LACERDA, L.D.; FIELD, C.D. (ed.) **Conservation and Sustainable Utilization of Mangrove Forests in Latin America and Africa Regions.** Part I. Latin America. ITTO/ISME, Okinawa, 1993. p. 245-272.

LABOMAR. Universidade Federal do Ceará (UFC). Instituto de Ciências do Mar - Sociedade Internacional para Ecossistemas de Manguezal – ISME-BR. **Estudo das Áreas de Manguezais do Nordeste do Brasil:** Avaliação das áreas de manguezais dos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Ceará: novembro de 2005. 62 p.

LACERDA, L. D.; MAIA, L. P.; MONTEIRO, L. H. U.; SOUZA, G. M.; BEZERRA, L. J. C.; MENEZES, M. O. T. **Manguezais do Nordeste e mudanças ambientais.** Ciência Hoje, 2006. v. 39, n. 229, p. 25-29.

LEGENDRE P, LEGENDRE L, (1998) **Numerical Ecology.** 2nd edition. Elsevier, Amsterdam. 853 p.

LIAO, J.F. The chemical properties of the mangrove Solonchak in the northeast part of Hainan Island. **The Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni (Suppl.)** 9(4). p. 67-72.

MARTINS, G. N; MELO, A S. S. A. **O valor da preservação do parque dos manguezais em Recife-pe:** Uma utilização do método de opções reais. Recife, 2008.

MATNI, A. S.; MENEZES, M. P. M.; MEHLIG, U. **Estrutura dos bosques de mangue da península de Bragança, Pará, Brasil.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais, Belém, v. 1, n. 3, 2006. p. 43-52.

MEDEIROS, T.C.C. **Produtividade e Biomassa das Espécies Arbóreas do Manguezal do Estuário do Rio Paripe – Vila Velha – Itamaracá – PE.** Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1996. (Dissertação de Mestrado). 191 p.

MELO, K.C. **Estrutura e Zonação dos Manguezais da Estação Ecológica de Guaraqueçaba (PR)**. Universidade de São Paulo, 2002. 109-122 p.

MIRANDA, B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários**. Universidade de São Paulo: São Paulo, 2002. 411 p.

MOURA, A. R. L. U; SÁ, L. T. L.; LIMA, G. M.; ALVES, F. P. Utilização de Técnicas de Sensoriamento Remoto na Identificação de Áreas Estuarinas do Canal de Santa Cruz e Rio Jaguaribe – Pernambuco. **Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**. UFSC, Florianópolis, 2002.

NASCIMENTO FILHO, G. A. **Desenvolvimento Estrutural e Padrão de Zonação dos Bosques de Mangue no Rio Ariquindá, Baía de Tamandaré, Pernambuco, Brasil**. Recife, 2007. 82 p.

PROEST I. Projeto de Agenciamento das Margens do Rio Pina: **Diagnóstico. Programa Estruturador da Cidade do Recife, Fase I**. Prefeitura da Cidade do Recife: Recife, 1996.

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. Secretaria de Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente. **Atlas Ambiental da Cidade do Recife**. Recife, novembro de 2000.

RIZZI, R. **Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja: estudo de caso no Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos. 2004. 212 p.

ROSSI, M.; MATTOS, I.F.A. Solos de Mangue do Estado de São Paulo: Caracterização Química e Física. **Revista do Departamento de Geografia**, 15 (2002) 101–113 p.

SAMPAIO, E.V.S.B. Fotossociologia. In: Sampaio, E.V.S.B; MAYO, S.I; BARBOSA, M.R.V. **Pesquisa Botânica Nordestina: Progresso, perspectivas**. Recife, Sociedade Botânica do Brasil, 1996. 24 p.

SANTIAGO, M. M; OLIVEIRA, T. H; SILVA, C. A. V; TORRES, M. F. A. T; GALVINCIO, J. D. G. **Fusão de Imagens do Satélite Alos E Cbers-2b como Suporte ao Mapeamento e Quantificação da Área do Manguezal do Pina – PE**. Universidade Federal de Viçosa, 2008.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Ecologia dos Manguezais. In: **Seminário Brasileiro sobre a Conservação e Utilização dos Estuários**, 1, Recife. Abril de 1984. Recife, 1984. p. 55 – 57.

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

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Grupo de Ecossistemas: Manguezal, Marisma e Apicum**. São Paulo: Brasil, 2002. 119 p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Inventario de los biorecursos del manglar em La costa equatorial. **UNESCO Regional Office for Science and Techonoly for Latin America and Caribbean**. Nontivideo, 1985. p. 1-39.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y; CINTRÓN, G. **Guia para estudos de áreas de manguezais** (estrutura, função e flora). [S.I.]: Caribbean Ecological Research. 1986. 156 p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y; CINTRÓN –MOLERO, G. Manguezais Brasileiros: uma síntese sobre aspectos históricos (séculos XVI e XIX), zonação, estrutura e impactos ambientais. In: **Anais do Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira, Subsídios a um Gerenciamento Ambiental**. v. 1. São Paulo: ACIESP, 1994. p. 333-341.

SCHULER, C. A. B.; ANDRADE, V. C.; SANTOS, D. S. O manguezal: composição e estrutura. In: BARROS, H. M.; ESKINAZI-LEÇA, E; MACEDO, S. J; LIMA, T. **Gerenciamento participativo de estuários e manguezais**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000 p.27-38

SILVA, C.A.V; SILVA, H.A, OLIVEIRA, T. H; GALVINCIO, J.D. Uso do Sensoriamento Remoto através de Índices de Vegetação NDVI, SAVI e IAF na microrregião de Itamaracá – PE. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3079-3085.

SILVA. J.D.V. Parâmetros Oceanográficos e Distribuição das Espécies e Bosques de Mangues do Estuário do rio Paripe – PE. Recife, Universidade Rural de Pernambuco, 1995, 98 p. (Dissertação de Mestrado).

SILVA, J.S; OLIVEIRA, T.H; TORRES, M.F.A. **Análise Temporal da Vegetação de Mangue no Estuário Conjunto dos Rios Pirapama e Jaboatão – PE**: Através da

Utilização de Imagens de Satélite e Fotografias Aéreas. Departamento de Ciências Geográficas. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 2009. 6 p

SILVA, M.A.B; BERNINI, E.; CARMO, T.M.S. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil. **Acta Botânica Brasília**.19(3), 2005. p. 465-471.

SOARES, M. L. G.; CHAVES, F. O. CORRÊA, F. M.; JÚNIOR, C. M. G. S. **Diversidade estrutural de bosques de mangue e sua relação com distúrbios de origem antrópica: o caso da Baía da Guanabara (Rio de Janeiro)**. Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ, v. 26, 2003. p. 101-116.

SOARES, M. L. G. Estrutura vegetal e grau de perturbação dos manguezais da Lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 3, 1999. p. 503-515.

SOUZA, M. M. A.; SAMPAIO, E. V. **Tipos fisiográficos dos manguezais de Suape-PE-Brasil: estrutura da vegetação e sedimento**. In: Mangrove 2000 – Sustentabilidade de estuários e manguezais: desafios e perspectivas. Trabalhos completos. Recife, CD-ROM, 2000. p.1-11.

SOUZA, M. M. A.; SAMPAIO, E. V. Variação temporal da estrutura dos bosques de mangue de Suape-PE após a construção do porto. **Acta Botânica Brasília**. v. 15, n. 1, 2001. p. 1-12.

VANNUCCI, M. **Os Manguezais e Nós: Uma Síntese de Percepções**. 2ª ed. rev. e amp. São Paulo: EDUSP, 2002. 244 p.

YÁÑEZ-ARANCIBA.A. **Lagunas costeras y estuarios: cronología, creterios y conceptos para uma classificação ecológica de Sistemas Costeros**. In: Simpósio Ecossistemas Costeiros da Costa Sul e Sudeste. Publicação ACIESP, São Paulo: 1987. 54 (3): 1-36 p.

YOKOYA, N. S. Distribuição e Origem. In: SCHAEFFER-NOVELLI, Y. (Coord). **Manguezal: Ecossistema entre a terra e o mar**. Caribbean Ecological Research: São Paulo1995. 64p.

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE. **Departamento de Ciências Atmosféricas**. Dados Pluviométricos. Disponível em < <http://www.dca.ufcg.edu.br/> > Acesso em: julho de 2009.

AGENDA 21. **Proteção dos oceanos**: todos os tipos de mares, inclusive mares fechados e semifechados e das zonas costeiras, proteção, uso racional e desenvolvimento de seus recursos vivos [online]. Capítulo 17. Disponível em: <[www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)> Acesso em: 03 de jul. 2009.

BRASIL. Presidência da República, Casa Civil. Sub Chefia para Assuntos Jurídicos. **Lei Nº 4.771, de 15 de setembro DE 1965**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm)>. Acesso em 10/09/2009.

\_\_\_\_\_. **Constituição da República Federativa do Brasil DE 1988**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm)>. Acesso em 13/09/2009.

GERENCIAMENTO COSTEIRO DE PERNAMBUCO (GERCO 10). **Ecosistema de Manguezal**. Disponível em: <[www.cprh.pe.gov.br](http://www.cprh.pe.gov.br)> Acesso em: julho de 2009.

GISMONTI. **Cálcio, Magnésio e Enxofre**. Disponível em: <<http://recantodasletras.uol.com.br/tutoriais/1394531>> Acesso em: 23/02/10.

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. **Atlas de Desenvolvimento Humano da Cidade do Recife, 2005**. Atlas Municipal. Disponível em: <[www.recife.pe.gov.br](http://www.recife.pe.gov.br)> Acesso em: novembro de 2009.

REVISTA ALGO MAIS. **Manguezal do Pina**. Disponível em: <<http://www.revistaalgomais.com.br/noticias>>. Acesso em: 14/09/2009.

PE 360 graus. **Via Mangue**. Disponível em < <http://pe360graus.globo.com/noticias/cidades/transito/2009/09/23/nws,498855,4,61,noticias,766-via-mangue-sera-concluida-copa-confederacoes-2013.aspx> > Acesso em: 23 de setembro de 2009.

RIMA/VIA MANGUE. **Relatório de Impacto Ambiental da Via Mangue**. Disponível em <[www.cprh.pe.gov.br/downloads/rima\\_final\\_via\\_mangue.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/rima_final_via_mangue.pdf)> . Acesso em: outubro de 2008.