

**Universidade Federal de Pernambuco – UFPE**  
Centro de Tecnologia e Geociência – CTG  
Departamento de Oceanografia – DOCEAN

**Viviane Carneiro de Almeida Cidreira**

**Impacto do assoreamento sobre o desenvolvimento estrutural do  
bosque de mangue do rio Tabatinga, Suape, Pernambuco, Brasil**

Dissertação apresentada ao Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Oceanografia, área de Oceanografia Biológica.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa  
Coorientador: Prof. Dr. Clemente Coelho Júnior

Recife, 2014

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

C568i Cidreira, Viviane Carneiro de Almeida.  
Impacto do assoreamento sobre o desenvolvimento estrutural do bosque de mangue do rio Tabatinga, Suape, Pernambuco, Brasil / Viviane Carneiro de Almeida Cidreira. - Recife: O Autor, 2014.  
76 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Antônio do Nascimento Feitosa.  
Coorientador: Prof. Dr. Clemente Coelho Júnior.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2014.  
Inclui Referências.

1. Oceanografia. 2. Manguezal. 3. Caracterização estrutural. 4. Perfis topográficos. 5. Tensor. I. Feitosa, Fernando Antônio do Nascimento. (Orientador). II. Coelho Júnior, Clemente. (Coorientador). III. Título.

UFPE

551.46 CDD (22. ed.)

BCTG/2014-149

Cidreira, V. C. A.

**Viviane Carneiro de Almeida Cidreira**

**Impacto do assoreamento sobre o desenvolvimento estrutural do bosque de mangue do rio Tabatinga, Suape, Pernambuco, Brasil**

Banca Examinadora

---

Dr. Clemente Coelho Júnior  
ICB-UPE

---

Dr. José Zanon Passavante  
DOCEAN- UFPE

---

Dra. Maria Fernanda Abrantes Torres  
Departamento de geografia - UFPE

Dissertação defendida no dia 25/02/2014

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Clemente Coelho Junior, por todo ensinamento, não apenas acadêmico, mas de vida. Obrigada por toda a paciência nestes anos e acima de tudo pela enorme dedicação e amor ao que faz.

Ao Prof. Fernando Feitosa, pelo voto de confiança, por toda a atenção e apoio que tive durante todo o mestrado e acima de tudo agradeço a amizade que foi construída. Obrigada pela oportunidade e por ter acreditado quando nem eu acreditava mais!

Ao meu marido Danillo Cidreira, pelo amor incondicional e companheirismo em todas as fases deste trabalho. Obrigada por ter sonhado comigo esta conquista e pela enorme paciência nesta reta final. Te amo muito!

À minha família, meus pais e minhas irmãs. Vocês sempre estão comigo e saber disso faz toda a diferença.

Aos amigos Gustavo Monte e Danilo Pastor, biólogos do laboratório de Biologia Vegetal do ICB – UPE. Agradeço a enorme ajuda em campo, fundamental para a realização deste trabalho.

À minha amiga Renata Laranjeiras, que me deu grande apoio nesta reta final da dissertação, sempre me encorajando e tranquilizando.

À amiga Ana Paula, pela ajuda fundamental nas análises estatísticas. Muito obrigada!

Aos amigos de turma, que dividiram comigo todos os momentos, sejam eles alegres ou difíceis. Muito obrigada, vocês também fazem parte desta conquista.

À coordenação de pós graduação em oceanografia pelo grande apoio oferecido, e a Myrna Lins pela paciência e dedicação.

À CAPES, pelo apoio financeiro fundamental para a conclusão deste estudo.

À SUSTENTARE, consultores associados pelo apoio logístico nos trabalhos de campo.

À Queiroz Galvão Construção, pelo apoio técnico na realização do levantamento topográfico.

A todos os professores que me passaram enorme conhecimento ao longo destes anos, sendo de grande importância para minha formação.

A todos os funcionários do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, que contribuem para o seu funcionamento.

Ao meu amado Deus que sem Ele não teria chegado até aqui!

## RESUMO

Manguezal é um ecossistema costeiro tropical que coloniza depósitos sedimentares formados por vasas lamosas, argilosas ou arenosas, ocupando a faixa do entremarés até o limite superior das preamares equinociais. O Complexo Industrial Portuário de Suape (CIPS) localiza-se no litoral sul do estado de Pernambuco. A região caracteriza-se como um ambiente costeiro, formado por extensos manguezais e que vem sofrendo intenso processo de alteração na paisagem devido a instalações das atividades portuárias e industriais. O presente estudo foi realizado no manguezal do rio Tabatinga, impactado por assoreamento oriundo de aterro para duplicação da Rodovia TDR-Norte, de acesso a Suape. Para se avaliar o grau de perturbação sofrido pelo bosque de mangue foi realizada a caracterização estrutural ao longo de perfis topográficos paralelos georreferenciados, com estação total. Ao longo dos perfis e dentro das parcelas foram coletadas amostras de sedimento para leitura da salinidade intersticial. O levantamento topográfico retratou o assoreamento sofrido na área, principalmente nos 10 primeiros metros dos perfis analisados, crescendo de 0,30 a 0,80 cm a altura topográfica em relação ao substrato não assoreado. Os perfis D e E foram os mais afetados, onde o assoreamento atingiu aproximadamente 10 metros para dentro do bosque. A salinidade variou entre 12 a 42. A caracterização estrutural mostrou que o bosque analisado é maduro e que apresenta um bom desenvolvimento estrutural, variando em área basal total de 11,17m<sup>2</sup>/ha na parcela B1 a 42,35 m<sup>2</sup>/ha na parcela B2. O bosque é monoespecífico, dominado por *Laguncularia racemosa*. As análises estatísticas mostram que existe uma relação positiva entre área basal morta e a topografia com  $R^2=0,650$ , destacando o efeito deletério do assoreamento sobre as árvores de mangue. A parcela E1, apresentou a maior porcentagem de troncos mortos, representando cerca de 90%. Esta parcela se destaca por estar localizada próxima ao talude da Rodovia TDR-Norte. Tal fato implica que as modificações da hidrodinâmica local, impostas pelo assoreamento, foram suficientes para que o bosque respondesse negativamente à presença do tensor. Conclui-se que as variáveis analisadas, relacionadas ao desenvolvimento estrutural foram satisfatórias para identificar o impacto agudo do assoreamento, entretanto, apenas uma análise em médio prazo, através do monitoramento da dinâmica do bosque de mangue, poderá descrever o efeito crônico do mesmo.

**Palavras Chave:** manguezal, caracterização estrutural, perfis topográficos, tensor.

## ABSTRACT

Mangroves, tropical coastal ecosystem that colonizes sedimentary deposits formed by vasas lamosas, clayey or sandy, occupying the boundaries of entremares until the upper limit of the equinoctial high tide. The Suape Port and Industrial Complex (CIPS) is located on the south coast of the State of Pernambuco. The region is placed as a coastal environment, formed by extensive mangroves that have been suffering intense process of change in the landscape due to the port and industrial facilities activities. The present study was carried out in Tabatinga river mangrove which was impacted by siltation coming from the landfill caused by the TDR-North Highway duplication access to Suape. A structural characterization was made in order to assess the degree of disturbance suffered by the mangrove wood forest along the parallel geo-referenced topographic profiles with total station. Sediment samples for reading interstitial salinity were collected along the profiles and within plots. The D and E profiles were the most affected where the silting reached approximately 10 meters into the woods. Salinity ranged from 12 to 42. The structural characterization showed that the analyzed wood is mature and presents a good structural development ranging basal area 11.17m<sup>2</sup> /ha in plot B1 to 42.35 m<sup>2</sup> /ha in plot B2 in total. The wood is mono-specific, dominated by *Laguncularia racemosa*. The statistical analysis shows that there is appositive relationship between basal area dead and topography with  $R^2 = 0.650$ , highlighting the deleterious effect of siltation on mangrove trees. Parcel E1, showed the highest percentage of dead trunks, with approximately 90%. Highlighting the plot E1 which is located by the TDR-North highway slope. This fact implies that the local hydrodynamics changes imposed by silting were sufficient for the wood answering negatively to presence of tensioner. As a conclusion is was possible to see that the analyzed variables related to structural development were satisfactory to check the impact of acute silting. However, you can only describe the chronic effect of the impact through an analysis in the medium monitoring the dynamics of the mangrove forest.

**Key words:** mangrove, structural characterization, topographic profiles, tightener.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Figura (modificada) propondo um padrão de desenvolvimento de bosques de mangue, segundo Jimenez et al. (1985), corroborado por dados de Fromard et al. (1998) e modificada por Alongi (2002). .....	13
<b>Figura 2:</b> Modelo esquemático proposto por (Duke 2001) mostrando as seis fases observadas na recomposição de clareiras no dossel de bosques de mangue. ....	15
<b>Figura 3:</b> Modelo (modificado) proposto por Duke (2001), incorporando a dinâmica de clareiras ao modelo de desenvolvimento dos bosques de mangue de Jimenez et al. (1985). .....	16
<b>Figura 4:</b> Diagrama proposto por Lugo (1980), retratando os diferentes pontos de atuação dos tensores no ecossistema manguezal. ....	18
<b>Figura 5:</b> Série temporal de fluxo de precipitação médio anual da região de Suape – PE. No período de janeiro de 2011 a dezembro de 2013. Dados obtidos na estação meteorológica do cabo. Fonte: APAC. ....	29
<b>Figura 6:</b> Localização do rio Tabatinga, Suape (PE). Fonte: Goolge earth (Modificada). .....	30
<b>Figura 7:</b> Mapa (Modificado) das Bacias Hidrográficas do Ipojuca, 1986. Fonte: CONDEPE	30
<b>Figura 8:</b> Manguezal do rio Tabatinga, Suape (PE), dominado por <i>L. racemosa</i> . Fonte: Autora. ....	31
<b>Figura 9:</b> Detalhe do assoreamento provocado pela duplicação da TDR Norte, Suape, PE. Fonte: Clemente Coelho Júnior .....	33
<b>Figura 10:</b> Imagem do levantamento topográfico e da equipe de trabalho no manguezal do rio Tabatinga, Suape, PE. Fonte: Clemente Coelho Junior. ....	33
<b>Figura 11:</b> Levantamento topográfico. Estação posicionada no início do bosque de mangue do rio Tabatinga, Suape, PE. Fonte: Clemente Coelho Junior. ....	34
<b>Figura 12:</b> Imagem da área de estudo com o posicionamento dos perfis topográficos perpendiculares a estrada TDR- Norte no bosque de mangue do rio Tabatinga, Suape, PE. Fonte: Google earth (Modificada). ....	35
<b>Figura 13:</b> Coleta da água para leitura da salinidade intersticial no manguezal do rio Tabatinga, Suape, PE. Fonte: Autora .....	36
<b>Figura 14:</b> Preparação para leitura da salinidade intersticial no manguezal do rio Tabatinga, Suape, PE. Fonte: Autora. ....	36
<b>Figura 15:</b> Leitura in situ da salinidade intersticial, com o auxílio do refratômetro óptico, no manguezal do rio Tabatinga, Suape, PE. Fonte: Autora.....	37
<b>Figura 16:</b> Detalhe do bosque de mangue do rio Tabatinga, Suape (PE) e da delimitação das parcelas de estudos da caracterização estrutural. Fonte: Autora.....	38

<b>Figura 17:</b> uso de trena graduada em $\pi$ para medidas do DAP das árvores de maior espessura. Fonte: Autora.....	39
<b>Figura 18:</b> Medidas do DAP através do uso do paquímetro para medição das árvores de menor espessura. Fonte: Autora .....	39
<b>Figura 19:</b> Vara telescópica para medição de altura das árvores de mangue menores de 2m. Fonte: Autora.....	40
<b>Figura 20:</b> Uso do telêmetro óptico para medição de altura das árvores de mangue maiores de 2m. Fonte: Autora .....	40
<b>Figura 21:</b> Plano altimétrico gerado pela topografia.....	43
<b>Figura 22:</b> Representação gráfica do levantamento topográfico.....	44
<b>Figura 23:</b> Representação gráfica da salinidade intersticial ao longo dos perfis. ....	44
<b>Figura 24:</b> Gráfico da relação Tronco/Indivíduo. ....	45
<b>Figura 25:</b> Densidade relativa de troncos vivos e mortos.....	46
<b>Figura 26:</b> Densidade relativa de troncos por classe de diâmetro.....	47
<b>Figura 27:</b> Altura total média das parcelas ao longo dos perfis topográficos. ....	48
<b>Figura 28:</b> Altura média do dossel ao longo dos perfis topográficos. ....	49
<b>Figura 29:</b> Gráfico referente a Área basal total ao longo dos perfis topográficos. ....	50
<b>Figura 30:</b> Representação gráfica das parcelas quanto a área basal por classe de diâmetro.....	51
<b>Figura 31:</b> representação da dominância em área basal de espécies vivas e mortas .....	52
<b>Figura 32:</b> Relação positiva para área basal morta e Topografia .....	53
<b>Figura 33:</b> Relação negativa para área basal viva e Topografia .....	53
<b>Figura 34:</b> Detalhe do talude da duplicação da rodovia TDR-Norte, do Sedimento carreado para dentro do mangue e da vegetação de terra – firme (Glicófito) que invade esta área. Fonte: Autora. ....	59
<b>Figura 35:</b> Bosque de mangue impactado adjacente a TDR-Norte, Suape (PE). Observa-se árvores mortas próximo ao talude. Fonte: Clemente Coelho Junior. ....	64
<b>Figura 36:</b> Desobstrução do leito do rio Tabatinga, retirando o aterro e os bueiros instalados durante a duplicação e construção de ponte. Foto tirada em 19/10/2012 Fonte: Clemente Coelho Júnior .....	69
<b>Figura 37:</b> Construção do canal artificial. Foto tirada em 06/12/2012 Fonte: Clemente Coelho Júnior .....	69
<b>Figura 38:</b> Canal artificial. Foto tirada em 19/12/2012 Fonte: Clemente Coelho Júnior .....	70

## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	II
AGRADECIMENTOS .....	III
RESUMO .....	V
ABSTRACT .....	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VII
1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Ecossistema manguezal: considerações gerais. ....	11
1.2 Fases de desenvolvimento do ecossistema manguezal.....	12
1.3 Ação de Tensores no ecossistema manguezal .....	16
1.4 Tipos fisiográficos de bosques de mangue .....	20
1.5 Cobertura vegetal e sua distribuição ao longo do manguezal.....	20
1.6 Áreas de manguezal ao longo do mundo x Pernambuco.....	21
1.7 Complexo Industrial Portuário de Suape - CIPS .....	23
2 OBJETIVOS.....	25
2.1 Objetivo Geral.....	25
2.2 Objetivos Específicos .....	25
3 RELEVÂNCIA .....	26
4 ÁREA DE ESTUDO .....	28
4.1 Características Gerais .....	28
4.2 Hidrologia e Clima .....	28
4.3 Rio Tabatinga.....	29
5 METODOLOGIA.....	32
5.1 Escolha da Área .....	32
5.2 Levantamento topográfico .....	32
5.3 Salinidade Intersticial do Sedimento.....	35
5.4 Caracterização Estrutural.....	37
5.4.1 Tratamento dos Dados Estruturais .....	41
5.5 Análise estatística.....	42
6 RESULTADOS .....	43
6.1 Levantamento topográfico .....	43
6.2 Salinidade .....	44

6.3 Caracterização estrutural do bosque de mangue .....	45
6.3.1 Relação Tronco/Indivíduo .....	45
6.3.2 Densidade de indivíduos .....	46
6.3.3 Densidade relativa de indivíduos por classe de diâmetro .....	47
6.3.4 Altura Média e Altura do Dossel .....	47
6.3.5 Área Basal .....	49
6.3.6 Área Basal por Classe de Diâmetro .....	50
6.3.7 Dominância em área basal de espécies vivas e mortas .....	51
6.4 Tratamento estatístico.....	52
7 DISCUSSÃO.....	55
8 CONCLUSÕES.....	67
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
REFERÊNCIAS.....	71

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Ecossistema manguezal: considerações gerais.

Manguezal é um ecossistema costeiro tropical que coloniza depósitos sedimentares formados por vasas lamosas, argilosas ou arenosas, ocupando a faixa do entremarés até o limite superior das preamares equinociais. Apresenta distribuição descontínua ao longo do litoral brasileiro, do Amapá a Santa Catarina, podendo apresentar um continuum de feições distintas em função do perfil da linha de costa e das frequências e amplitude das marés (SCHAEFFER-NOVELLI, 2002).

Os manguezais são considerados como importante zonas úmidas costeiras tropicais, onde as marés permitem um constante intercâmbio de nutrientes, sedimentos, água e organismos com as regiões costeiras adjacentes, sendo de grande valor ecológico para as áreas que extrapolam a do próprio ecossistema, providenciando serviços ecossistêmicos que atendem diretamente e indiretamente seres humanos e organismos costeiros (LUGO; SNEDAKER, 1974).

Este ecossistema encontra-se bem representado ao longo do litoral brasileiro, muitas vezes associado a lagunas, estuários e baías, ou diretamente exposto na linha de costa. É considerado no Brasil como um ecossistema de preservação permanente, incluído em diversos dispositivos constitucionais (Constituição Federal e Constituições Estaduais) e infra-constitucionais (leis, decretos, resoluções, convenções) (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1994).

As condições ideais de temperatura e precipitação para um melhor desenvolvimento do ecossistema manguezal são: temperaturas médias acima de 20°C, com amplitude térmica anual menor que 5°C e precipitação pluvial acima de 1.500mm/ano, sem prolongados períodos de chuva (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

Portanto, apresentam maior desenvolvimento na faixa entre os trópicos de Câncer e Capricórnio (23°27'N e 23° 27'S), justamente por ser uma formação tropical. Sua origem ocorreu na região Indo-Pacífica, através da evolução das angiospermas para plantas com adaptação para tolerar altos níveis de sal, há pelo menos 60 milhões de anos (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

São inúmeras os serviços ecossistêmicos do manguezal. Entre eles pode-se destacar sua função como fonte de detritos para as regiões costeiras adjacentes, constituindo a base de teias tróficas de espécies de importância econômica e/ou

ecológica; área de reprodução, abrigo, alimentação e desenvolvimento de espécies marinhas, estuarinas, terrestres e límnicas; manutenção da diversidade biológica da região costeira; proteção da linha de costa, evitando erosão da mesma e assoreamento dos corpos d'água adjacentes; fonte de alimentos e produtos diversos, associados à subsistência de comunidades tradicionais que vivem em áreas vizinhas (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

Por sua vez, as marés são o principal mecanismo de penetração das águas salinas nestas áreas. A distância máxima de penetração da água salgada determina o limite do manguezal em direção a terra (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

Os substratos dos manguezais têm muita matéria orgânica, alto teores de sal, são pouco consistentes e possuem coloração cinza escuro no geral. A própria cobertura vegetal pode modificar as características do substrato, devido à maior ou menor concentração de matéria orgânica. As condições do ambiente, como marés, ondas, correntes e precipitação, também podem alterar suas características (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

## 1.2 Fases de desenvolvimento do ecossistema manguezal

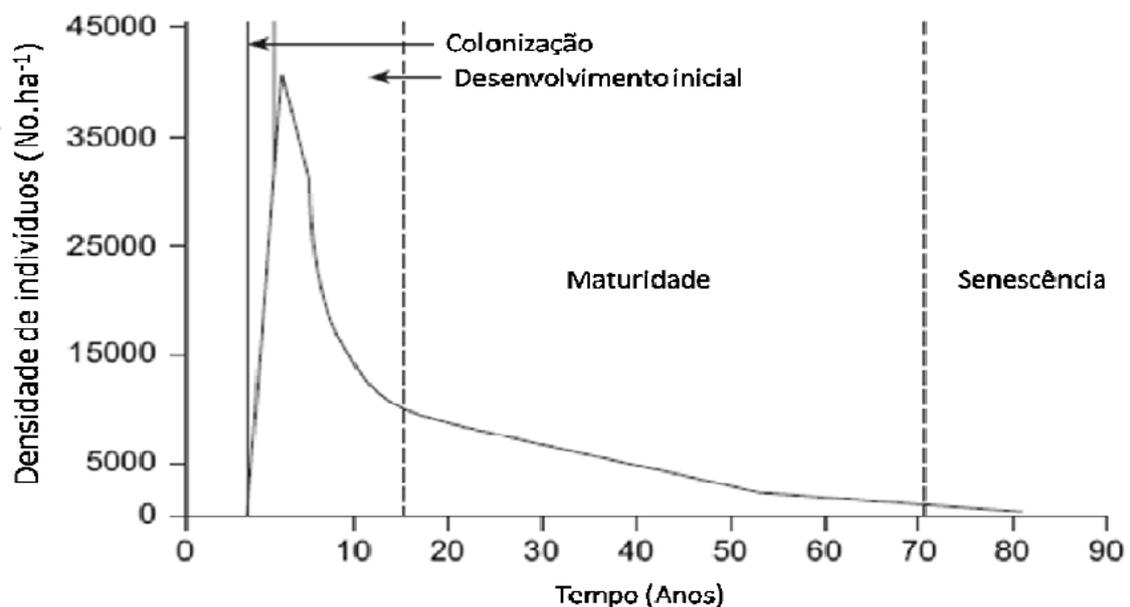
Segundo Jimenez et al.(1985), o processo de desenvolvimento dos bosques de mangue possui quatro fases:

- colonização: quando os propágulos se enraízam numa área não ocupada previamente ou numa área onde ocorreu mortalidade massiva de indivíduos. A taxa de colonização depende da proximidade de uma fonte de propágulos, da energia do local (que pode inviabilizar o enraizamento) e a taxa de mortalidade das plântulas. A densidade aumenta nesta fase e só termina quando o dossel é fechado.
- desenvolvimento inicial: este estágio segue a colonização e é caracterizado por uma forte competição por espaço. Ocorre o fechamento do dossel devido ao rápido e contínuo crescimento das plântulas. O desbaste natural é muito intenso, acarretando um declínio na densidade de indivíduos. Ao final desta fase o crescimento em altura é lento e o dossel alcança a altura máxima.

- maturidade: esta fase se inicia quando a máxima altura do dossel é atingida e a taxa de crescimento diminui. O crescimento ocorre pelo incremento de biomassa dos indivíduos, com um pequeno desbaste natural e diminuição da densidade. Nesta fase o bosque alcança o máximo desenvolvimento permitido pela “assinatura energética” local.
- senescência: é a fase quando indivíduos começam a morrer ainda em pé devido a idade avançada. O bosque é dominado por poucos, porém bem desenvolvidos indivíduos. A densidade do bosque é pequena e geralmente é grande a quantidade de necromassa no substrato (troncos e galhos caídos).

Fromard et al. (1998) observaram em seus estudos na Guiana Francesa, com a ajuda do modelo descrito acima, que o processo completo de desenvolvimento dos bosques de mangue da região estudada durou em torno de 80 anos até alcançar a senescência (Figura1).

Figura 1: Figura (modificada) propondo um padrão de desenvolvimento de bosques de mangue, segundo Jimenez et al. (1985), corroborado por dados de Fromard et al. (1998) e modificada por Alongi (2002).



Duke (2001) afirmou que a utilização apenas do modelo proposto por Jimenez et al. (1985), que considera o desenvolvimento dos bosques de mangue como sendo progressivo e ininterrupto, onde a idade da árvore refletiria a idade do bosque, seria

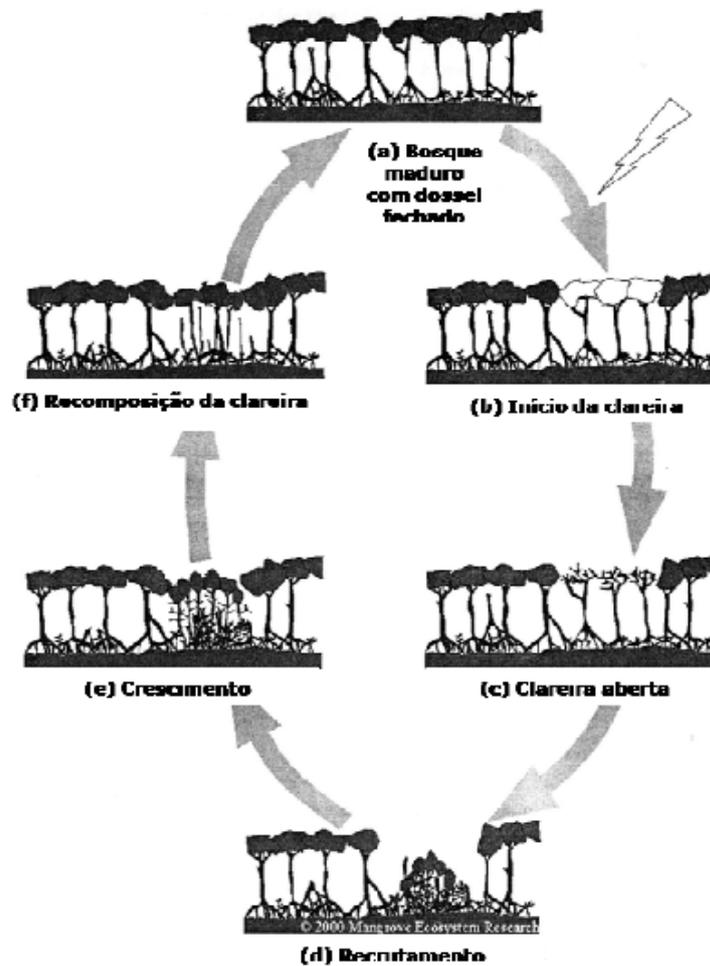
insuficiente para descrever todo o processo de desenvolvimento dos manguezais. Duke (2001) argumenta que:

- A idade das árvores nem sempre indica a idade do bosque.
- A morte de árvores não é dependente apenas da sua idade.
- As árvores presentes em qualquer uma das fases do desenvolvimento não são necessariamente as mesmas que colonizaram inicialmente a área.

Duke (2001) propôs a presença de clareiras (*gaps*) no dossel dos bosques de mangue, para descrever o processo de desenvolvimento destes bosques. As clareiras podem ser originadas por agentes naturais ou por ação de tensores induzidos pelo homem.

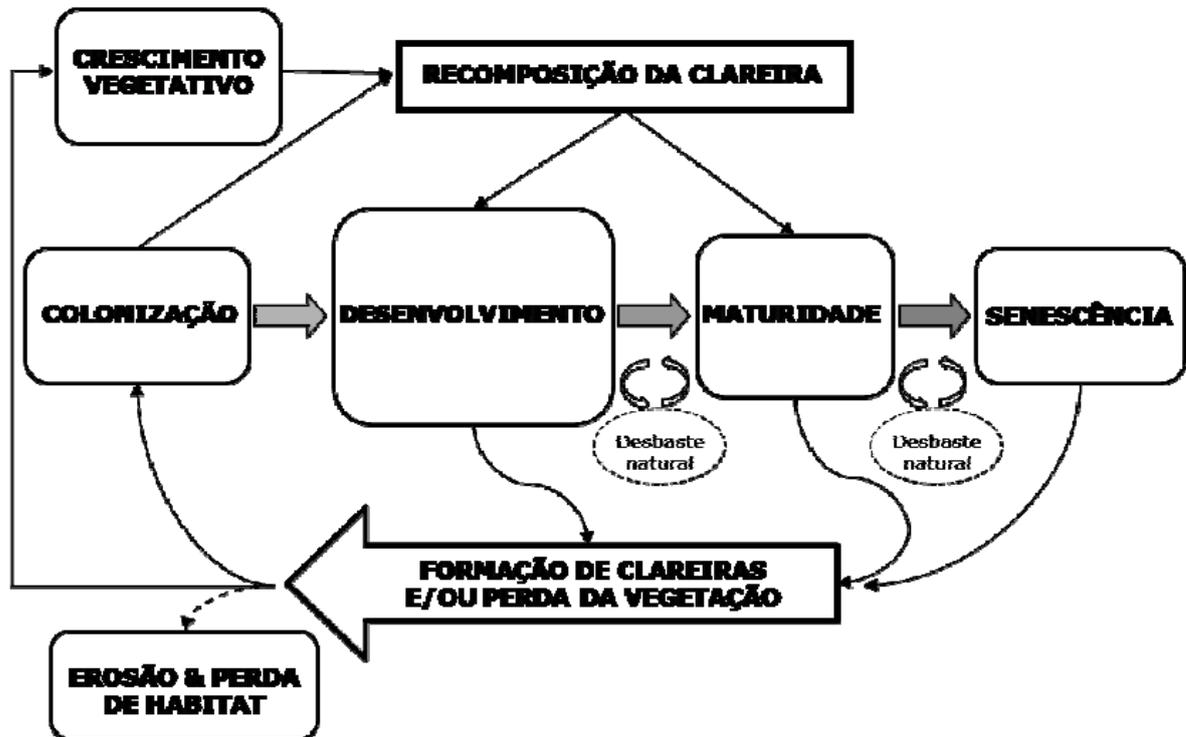
A recomposição destas clareiras formadas no dossel dos bosques de mangue é caracterizada por seis fases que vão desde a abertura da clareira no dossel, passando pelas fases de recomposição da vegetação, até alcançar novamente um estado “inalterado”(Figura 2).

Figura 2: Modelo esquemático proposto por (Duke 2001) mostrando as seis fases observadas na recomposição de clareiras no dossel de bosques de mangue.



Duke (2001), sugeriu então um novo modelo para explicar todo o processo de desenvolvimento dos bosques de mangue, incorporando ao modelo proposto por Jimenez et al. (1985) chamado de processo de dinâmica de clareiras (Figura 3).

Figura 3: Modelo (modificado) proposto por Duke (2001), incorporando a dinâmica de clareiras ao modelo de desenvolvimento dos bosques de mangue de Jimenez et al. (1985).



### 1.3 Ação de Tensores no ecossistema manguezal

Manguezais podem ser considerados ecossistemas naturalmente estressados, devido às condições ambientais em que se desenvolvem, tais como: a salinidade do sedimento que dificulta obtenção de água doce; os fluxos das marés que removem energia potencial armazenada na forma de detritos orgânicos; os processos geomorfológicos costeiros que podem causar deposição e/ou erosão de sedimentos; e as tempestades, tsunamis ou furacões que podem causar perdas de componentes estruturais do sistema (LUGO, 1980).

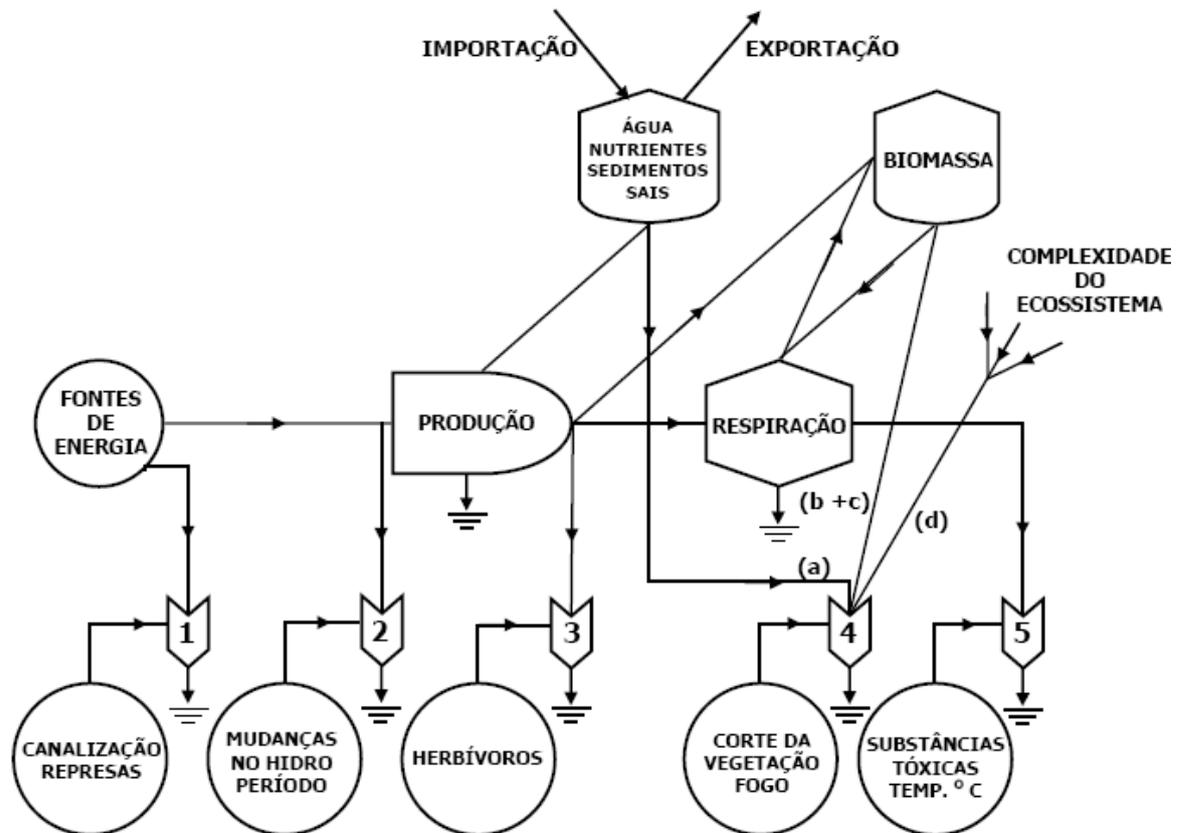
Por tensor se defini qualquer evento, condição ou situação que cause um incremento nos gastos de manutenção de um sistema. A perda de energia ocasionada pela operação de um tensor se defini como “stress”. O efeito de um tensor provoca uma diminuição da estrutura e uma redução da diversidade (ODUM, 1967). Lugo (1978) afirma que o custo energético de um tensor a um sistema ocorre em função de oito componentes, são eles: a intensidade do tensor; o efeito multiplicativo ou aditivo do dreno de energia em todas as funções e na homeostase do sistema; a frequência com que

este tensor ocorre; o tipo de ecossistema; as condições do ecossistema; a intensidade dos outros tensores que operam no ecossistema; os efeitos dos outros tensores que operam no ecossistema e a frequência com que ocorre outros tensores. Este custo energético varia de intensidade, conforme o ponto de ataque do tensor no ecossistema.

Lugo (1980) classificou em cinco tipos os tensores que podem atuar nos ecossistemas, esquematizados na figura 4:

- (1) tensor que altera a natureza da fonte principal de energia;
- (2) tensor que desvia uma porção da principal fonte de energia, porém após a mesma haver sido incorporada ao sistema;
- (3) tensor que remove a energia potencial antes desta ser estocada, mas depois de haver sido transformada pelo processo fotossintético;
- (4) tensor que remove os estoques de fatores limitantes à fotossíntese ou remove porções da estrutura do sistema;
- (5) tensor que aumenta a taxa de respiração.

Figura 4: Diagrama proposto por Lugo (1980), retratando os diferentes pontos de atuação dos tensores no ecossistema manguezal.



Os tensores 1, 2 e 3 descritos na figura 4 são tensores que afetam a porção substancial do compartimento produtor e reduzem a capacidade do sistema de se recuperar. Os tensores 4 e 5 apresentam um impacto menor no ecossistema, pois não afetam as energias subsidiárias que chegam ao sistema.

Lugo e Snedaker (1974) sugeriram um modelo de funcionamento dos manguezais em função do ponto de ataque de tensores, onde:

- (1) drenagens e canalizações - atuam sobre a ciclagem de materiais, reduzindo a entrada de nutrientes, água doce e matéria orgânica para o bosque;
- (2) aumento de temperatura da água - causa um incremento nas taxas de respiração dos organismos;
- (3) deposição excessiva de sedimentos - interfere na ciclagem de nutrientes e trocas gasosas;
- (4) cortes, herbicidas e furacões - remove a estrutura do sistema, incluindo a cobertura vegetal.

Coelho-Jr e Schaeffer-Novelli (2000) elaboraram um quadro baseado nos efeitos da carcinicultura ao ecossistema manguezal (Quadro 1), analisando os principais impactos que podem ocorrer.

Tipo de Impacto	Causa	Efeito
1 Construção de canais.	1.1 Canalização e desvio de fluxo de água.	1.1 Redução no aporte de nutrientes, acúmulo de substâncias tóxicas no sedimento.
2 Construção de barreiras e taludes que impedem ou controlam a vazão.	2.1 Acúmulo de água no sedimento. 2.2 Impedimento da entrada das marés.	2.1 Impedimento de trocas gasosas e hipersalinidade; 2.2 Evaporação da água do sedimento e aumento da temperatura e da salinidade.
3 Sedimentação por erosão do talude.	3.1 Sufocamento das raízes respiratórias.	3.1 Impedimento das trocas gasosas.
4 Contaminação por patógenos, hormônios, carrapaticidas, compostos químicos, resíduos alimentares e fertilizantes lançados por efluentes dos tanques.	4.1 Aumento no aporte de nutrientes; 4.2 Acúmulo de matéria orgânica no sedimento; 4.3 Contaminação de peixes e mariscos por agentes patogênicos; 4.4 Perda da qualidade das águas estuarinas; 4.5 Contaminação por substância químicas.	4.1 Efeito positivo – incremento no crescimento do mangue e efeito negativo – excesso causa a mortandade das espécies vegetais e eutroficação da coluna d'água; 4.2 Efeitos danosos na fauna e flora bêntica; 4.3 Mortandade de espécies de importância econômica; 4.4 Quebra da cadeia trófica; 4.5 Morte das espécies da fauna e flora dos estuários, manguezais e ecossistemas adjacentes.
5 Introdução de espécies exóticas.	5.1 Competição, destruição de habitats, predação.	5.1 Ainda há poucos indícios e estudos que relatam tais alterações.

Quadro 1: Descrição dos tipos de impactos em bosques de mangue, acompanhado das principais causas e efeitos.

#### 1.4 Tipos fisiográficos de bosques de mangue

Os bosques de mangue se diferenciam por tipos fisiográficos, de acordo com as energias subsidiárias que atuam no manguezal, principalmente quanto ao hidroperiodismo. Schaeffer-Novelli et al. (2000) consideram dois tipos fisiográficos, baseando-se na circulação das águas e no hidroperiodismo como principais critérios para descrevê-los. São eles:

- Bosques de franja – ocorre ao longo das margens de costas protegidas, apresentando fortes gradientes horizontais em topografia. São geralmente monoespecíficos.
- Bosques de bacia – desenvolve-se nas áreas mais internas, atrás dos bosques de franja. A renovação de água é mais lenta, ocasionando ausência de fortes gradientes horizontais. Este tipo de bosque pode ser monoespecífico ou misto.

Sendo assim, as marés constituem umas das energias subsidiárias mais importantes que incidem sobre os manguezais (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986). A amplitude das marés determina o fluxo e refluxo, renovando as águas superficiais e intersticiais, evitando a acumulação de gases nocivos e sais, mantendo as condições físico-químicas favoráveis à colonização das espécies típicas do ecossistema (COELHO-JR, 2003).

As espécies vegetais típicas do ecossistema manguezal se diferenciam em sua distribuição ao longo do ecossistema e possuem inúmeras adaptações para viver neste ambiente.

#### 1.5 Cobertura vegetal e sua distribuição ao longo do manguezal

Os manguezais apresentam cobertura vegetal típica, com desenvolvimento de flora especializada, caracterizada por espécies arbóreas que lhes conferem fisionomia peculiar (feição “mangue”). Feição esta, que exposta a lavagens diárias pelas marés, exporta material particulado (folhas, galhos, propágulos), a ser decomposto nos corpos d’água adjacentes (rios, estuários, águas costeiras) (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1994).

De acordo com Cintrón e Schaeffer-Novelli (1983), a palavra “mangue” é empregada para designar um grupo de espécies de árvores ou arbustos que possuem adaptações que lhes permitem colonizar terrenos alagados e sujeitos a entrada de água

salgada. As várias espécies de mangue apresentam adaptações semelhantes, porém, pertencem a famílias diferentes.

A costa brasileira apresenta 6 espécies típicas de mangue, pertencentes a 3 gêneros, sendo elas: *Rhizophora mangle* Linnaeus 1753, *Rhizophora harrisonii* Leechman 1918, *Rhizophora racemosa* G. Meyer e Leechman 1918, *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechman 1939, *Avicennia germinans* Linnaeus 1764 e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn f. 1807. Apresentando algumas espécies de transição com a terra firme, dentre elas o *Conocarpus erecta* L. (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

Em Pernambuco as espécies que ocorrem com mais frequência são a *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa*.

De acordo com Hutchings e Saenger (1987) a salinidade da água intersticial é reconhecida como um importante fator regulador do crescimento, altura, sobrevivência e zonação das espécies de mangue.

A tolerância a salinidade é um dos fatores que contribuem para a zonação da vegetação de mangue ao longo do ecossistema. Variação na frequência de inundação do manguezal pelas marés pode acarretar diferenças nas concentrações de sal no sedimento, tanto em relação à distância do mar, como em relação à fonte de água doce. Sendo assim, as diferentes espécies vegetais de mangue estão distribuídas no manguezal em zonas, em relação à linha d'água. Esta zonação depende da salinidade, das marés, do tipo de substrato e do grau de energia do local (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

Padrões de zoneamento de bosques de mangue também podem variar em uma escala local. Ocorrência de espécies podem diferir em um mesmo estuário, aparentemente em resposta a diferenças na entrada de água doce (FELLER; SITNICK, 1996).

### 1.6 Áreas de manguezal ao longo do mundo x Pernambuco

O ecossistema manguezal representa 8% de toda a linha de costa do planeta e um quarto da linha de costa da zona tropical, perfazendo um total de 181.077 km<sup>2</sup> (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995). No Brasil o ecossistema manguezal é encontrado em praticamente todo litoral, do Oiapoque (04°30'N) até Laguna (28°30'S) em Santa Catarina, limite latitudinal de ocorrência desse ecossistema no litoral Atlântico da América do Sul.

Ocupam uma área estimada de 12.264,43 Km<sup>2</sup>, sendo considerado a segunda maior área do globo (SCHAEFFER-NOVELLI, 1994; GIRI et al. 2010; MMA 2010). Essas formações estão associadas a costas de baixa energia ou a ambientes estuarinos, lagunares, baías e enseadas.

Por sua vez, Pereira (1993), afirmou que as áreas estuarinas de Pernambuco, em 1970/71, abrangiam 250km<sup>2</sup> cobertos por água e 174km<sup>2</sup> por manguezal. Atualmente, várias destas áreas de manguezal já se encontram destruídas, principalmente por desmatamento, aterramento e introdução de substâncias poluentes advindas da indústria do açúcar, esgotos sanitários, carcinicultura e ampliação do porto de Suape.

Feller e Sitnick (1996) afirmam que áreas de manguezal cobriam cerca de 75% de todo o litoral tropical, contudo houve nas últimas décadas um crescimento acelerado e desorganizado gerando assim uma perda considerável da quantidade desse ecossistema. Nos últimos tempos, há dois grandes grupos no mundo onde ainda é possível localizar manguezal com uma certa facilidade além de observar um sistema novo de proteção permanente. Um grupo é composto por Austrália, Sudeste da Ásia, Índia, África oriental e oeste do Pacífico (o grupo oriental) e um segundo grupo que é composto por Caribe, oeste da África, Flórida, Atlântico Sul americano, Norte do Pacífico e América do Sul (o grupo ocidental). O grupo oriental é considerado o mais diverso, pois possui cerca de 40 espécies vegetais, quando comparado com o ocidental que possui cerca de 8 espécies apenas.

Em nível global, as perturbações induzidas pelo homem, como à conversão de áreas de manguezais em fazendas de carcinicultura, ampliação das áreas para agricultura, através de aterros, usos urbanos e industriais (e seus respectivos efluentes), desvios e/ou aprisionamento de leitos de rios e os grandes derramamentos de óleo, estariam entre as mais importantes formas de perturbação para este ecossistema, alterando sua zonação e muitas vezes chegando até a extinguir bosques ou o próprio ecossistema na área de atuação desses tensores (MENGHINI, 2004).

Atualmente, como exemplo desta destruição de áreas de manguezal está o Complexo Industrial Portuário de Suape (CIPS), localizado nos municípios de Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho, litoral sul do estado de Pernambuco, abrangendo os estuários de três principais rios, Massangana, Tatuoca e Ipojuca. Esta região passa por um crescimento acentuado, motivado pela situação econômica brasileira, promovendo a execução de várias obras de infraestrutura, como estradas e rodoferrovias. A duplicação da rodovia de acesso a Suape, a partir da PE-28, conhecida como TDR-Norte, é um

exemplo de intervenção na paisagem local, causando impacto sobre o ecossistema manguezal, localizado às suas margens (SUAPE, 2012).

### 1.7 Complexo Industrial Portuário de Suape - CIPS

O CIPS é o principal pólo de desenvolvimento econômico do estado de Pernambuco, e um dos principais do Brasil. Este complexo abriga cerca de 100 indústrias em amplo funcionamento, e 50 em fase de implantação. Sua localização o transforma em um importante ponto de ligação do país para com outros continentes, como a Europa, América do Norte e África, ligando-se a mais 160 portos, uma explicação bastante plausível para a sua ordem de crescimento (SUAPE, 2012).

Abaixo segue um breve histórico do CIPS, sendo possível observar as principais atividades desenvolvidas na região (SUAPE, 2012):

- Década de 60: estudos realizados para analisar a viabilidade da implantação de um super porto destinado à exportação e à instalação de indústrias em seu entorno.
- 1973: elaboração de um plano diretor do complexo industrial portuário de Suape.
- 1977: foi iniciada a desapropriação de 13,5 mil hectares de terras, sendo realizadas obras de infra-estrutura portuária, sistema viário interno, abastecimento de água, energia, telecomunicações, etc.
- 1978: foi criada a empresa Suape Complexo Industrial Portuário, através da Lei Nº 7.763/78, a fim de realizar as tarefas previstas para a implantação do complexo.
- 1983: foram aprovadas pelo Decreto Estadual Nº 8.447/83 as Normas de Uso do Solo, Uso dos Serviços e de Preservação Ecológica com o objetivo de garantir menor dano sobre a biodiversidade local comprometendo-se com uma ocupação racional do solo.
- 1984: construção de um molhe, em pedras, para a proteção da entrada do porto interno, aberta no cordão de arrecifes.
- 1986: transferência para o referido local o Parque de Tancagem de Derivados de Petróleo.

- 1991: operação do Cais de Múltiplos Usos e Suape foi incluído entre os 11 portos prioritários para os quais deveriam ser direcionados investimentos públicos.
- 1996: inclusão de Suape no Programa Brasil em Ação, contando com investimento do Governo Federal.
- 2000: elaboração do EIA.
- 2005: foi lançada a pedra fundamental para a Refinaria General José Ignácio Abreu e Lima, resultado de uma parceria entre a Petrobrás e a Petróleos da Venezuela S.A, a unidade é a única do Brasil a processar petróleo pesado. Neste ano também foi inaugurado o Centro de Operações Portuárias (COP).
- 2010: o estaleiro Atlântico Sul lança o petroleiro Suezmax João Candido. Início das obras de duplicação das rodovias TDR-Norte, TDR- Sul e Rodoferrovia acesso Cocaia, Pernambuco.

Apesar de todo desenvolvimento econômico e social associado à implantação e atividade do CIPS em Pernambuco, suas atividades podem ser consideradas nocivas ao ambiente local e regional. A construção do porto fez com que ocorressem grandes modificações nos rios da região e atividades de dragagens, engordamento de praia, derrocamento de linha de costa de arrecifes de arenito, alterando de forma muito intensa a hidrodinâmica e a morfodinâmica do fundo da área (ASSIS, 1999).

A grande exploração dos recursos minerais como material de empréstimo, especialmente areia, argila e brita, tem causado modificações expressivas na morfologia da paisagem. A dragagem de areia em rios vem alterando seus percursos originais, e gerando assoreamentos severos. O material argiloso, além de alterar expressivamente a paisagem e modificar a topografia, causa desmoronamentos e coloca em exposição o lençol freático (ASSIS, 1999).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar o impacto da duplicação da rodovia de acesso a Suape, denominada TDR-Norte sobre o bosque de mangue do rio Tabatinga. Tomando-se como análise os resultados obtidos com a caracterização estrutural do bosque de mangue.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Levantamento fitossociológico do local de estudo;
- caracterizar o bosque de mangue remanescente e impactado, a fim de avaliar o grau de perturbação da cobertura vegetal, através das variações estruturais;
- identificar o gradiente ambiental, salinidade e grau de inundação, do bosque analisado.

### 3 RELEVÂNCIA

O manguezal é considerado um dos ecossistemas mais complexos do ambiente costeiro-marinho, não apenas por sua diversidade biológica, mas principalmente devido à diversidade funcional. Sistemas complexos tendem a resistir mais eficientemente às perturbações tanto induzidas pelo homem, quanto naturais. Mas a cada perturbação há perda de elementos do sistema, levando a uma simplificação, tornando-o menos apto à ação de novos tensores e por consequência, mais vulnerável e com menor capacidade de suporte (MACIEL, 1991).

O manguezal pode ser tratado como um recurso renovável, porém finito, quando se considera a produção natural de ostras, mel, camarões, caranguejos, siris e mariscos, além das oportunidades educacionais, recreacionais, científicas. Por outro lado, o manguezal também pode ser considerado como um recurso não-renovável, quando o espaço que ele ocupa é substituído por prédios, residências, portos, marinas, aeroportos, salinas, rodovias, aquicultura, etc. Grande parte dos problemas de degradação dos recursos costeiros está associada às grandes concentrações metropolitanas, industriais e portuárias (MACIEL, 1991).

Grande parte dos trabalhos que abordam gestão ambiental, não leva em consideração as alterações nas características naturais e suas consequentes modificações, levando a decisões políticas equivocadas, com a substituição das áreas de manguezais por atividades degradantes. Tal fato pode acelerar processos erosivos costeiros, perda da produtividade primária, eliminação das áreas de refúgio de fauna e flora típicos ou associados a esse ecossistema (COELHO-JR, 2003).

O governo do estado de Pernambuco elaborou entre 1973 e 1976, um Plano Diretor para a implantação de um Complexo Industrial Portuário na área de Suape, localizada ao sul da cidade do Recife, com funções industriais e comerciais. Este plano surgiu como uma forma de solução ao crescimento econômico do Estado. O Complexo Industrial Portuário de Suape apresenta-se como pólo para negócios industriais e portuários e possui posição geográfica privilegiada, que o transforma em um centro de caráter internacional concentrador e distribuidor de cargas (SUAPE, 2010).

Braga et al. (1989) analisaram as intervenções físicas ocorridas nos bosques de mangue no período de 1974 a 1988 na região de Suape. Nos quatorze anos de intervalo analisado, dos 2.874ha de manguezal inicialmente existentes, restavam 2.276ha. Os 598 ha destruídos correspondiam a 21,2% da área coberta por mangues na zona estuarina.

Destes, 214ha foram aterrados por aterro hidráulico ou material argiloso oriundo de outras áreas e 384ha foram alagados, em decorrência de dragagem e inundações por represamento. Mais 27ha encontravam-se em processo de degradação, devido a uma inundação temporária, ocorrida em consequência de obstrução da vazão do rio Ipojuca em sua foz, quando da construção do porto.

Desde então a região vem paulatinamente sofrendo com a expansão das atividades portuárias instaladas nos últimos cinco anos, com forte impacto sobre os estuários e manguezais remanescentes.

Torna-se, portanto, extremamente necessário à adoção de metodologias que dêem uma visão mais ampla do ecossistema. Técnicas que avaliem a caracterização estrutural potencializa a investigação do ambiente, podendo ser complementada com ferramentas como geoprocessamento, dinâmica sedimentar e monitoramento dos processos internos bióticos e abióticos. Interação entre as áreas de biologia, geomorfologia e a oceanografia (COELHO-JR, 2003).

O estudo da estrutura da vegetação analisa o grau de desenvolvimento da floresta, possibilitando a identificação e a delimitação de bosques com características semelhantes (SCHAEFFER-NOVELLI E CINTRÓN, 1986). Este levantamento é muito importante quando se trata de avaliar a resposta do ecossistema às condições do meio ambiente, além de possibilitar estudos de conservação ambiental (SOARES, 1999).

## 4 ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 Características Gerais

O Complexo Industrial Portuário de Suape (CIPS) localiza-se no litoral sul do estado de Pernambuco, estendendo-se longitudinalmente à linha de costa, a cerca de 40 Km da cidade do Recife. Possui cerca de 135 km<sup>2</sup> de área, abrangendo trechos dos municípios de Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca (CAVALCANTI, 2010).

Situa-se na zona fisiográfica do litoral compreendida entre os paralelos 8°15'00"S e 8°30'00" S e os meridianos 34°55'00"W e 35°05'00"W. Apresenta a foz de confluência dos rios Jaboatão e Pirapama no estuário de Barra de Jangadas como limite norte, e o Pontal do Cupe como limite sul. A área é cortada por diversos rios e riachos, com maior concentração ao sul do Cabo de Santo Agostinho. Antes da implantação do porto, em 1979/80, convergiam para a baía de Suape, no sentido norte-sul, os rios Massangana, Tatuoca, Ipojuca e Merepe. Os dois últimos tinham suas águas canalizadas pela extensa linha de arrecifes de arenito, interrompidas ao norte pelo cabo de Santo Agostinho (CAVALCANTI, 2010).

### 4.2 Hidrologia e Clima

Quanto à geomorfologia e à sedimentologia quaternária de Suape, a área pode ser dividida em três compartimentos: colinas arredondadas, rampas de colúvio e planície costeira, sendo que a última domina toda a parte sudoeste e, quase totalmente, as partes sudeste e nordeste da área. Esta planície é composta por três tipos de ambientes de deposição diferentes: ambientes de depósitos fluviais, de depósitos de mangue e de depósitos marinhos. Dentre estes, os de mangues são os que predominam, cobrindo grande parte da faixa central da área, na direção N-S (CAVALCANTI, 2010).

Dados hidrológicos obtidos antes da implantação do porto permitiram a classificação do ecossistema em três zonas: (a) marinha costeira, abrangendo a baía de Suape; (b) estuarina com regimes salinos polialinos, compreendendo os rios Massangana e Tatuoca; e (c) estuário do rio Ipojuca, com regime de salinidade variando de polialino a limnético. Após a implantação do porto, a baía de Suape continua com características marinhas, os rios Massangana e Tatuoca apresentam altas salinidades em suas áreas mais internas, enquanto o Rio Ipojuca continua polialino, porém com

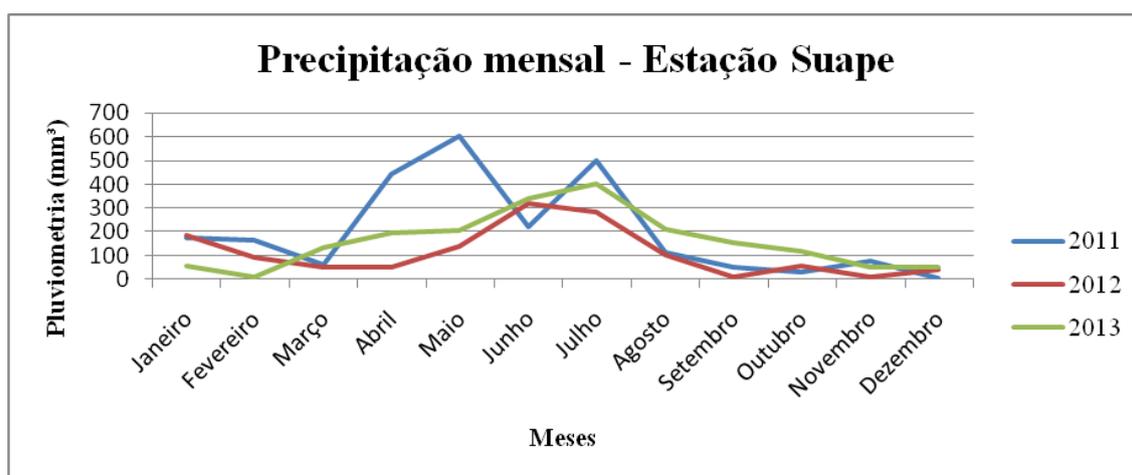
variações máximas e mínimas mais acentuadas e com ciclos extremamente irregulares, em consequência da alteração do ritmo das marés (SOUZA; SAMPAIO, 2001).

O clima é tropical úmido do tipo As', segundo a classificação de Köppen, e, segundo Andrade e Lins (1971) é pseudotropical, com um período seco entre setembro e fevereiro e outro chuvoso de março a agosto.

Na figura 5 está representada a série temporal do fluxo de precipitação durante os trabalhos de campo. A análise da série temporal revela um ciclo anual bem marcado com os maiores valores de fluxo de precipitação nos meses de abril e maio de 2011, e nos meses de junho e julho de 2012 e 2013. O valor médio para o período analisado é de 158,10 mm<sup>3</sup>. O valor máximo ocorreu no mês de maio de 2011 com 600,8 mm<sup>3</sup> e o valor mínimo no mês de dezembro de 2011 com 7mm<sup>3</sup>.

Figura 5: Série temporal de fluxo de precipitação médio anual da região de Suape – PE. No período de janeiro de 2011 a dezembro de 2013. Dados obtidos na estação meteorológica do cabo.

Fonte: APAC.



#### 4.3 Rio Tabatinga

O rio Tabatinga é um tributário do Massangana (Figura 6), desaguando próximo ao Canal do Diamar, compondo em sua porção baixa o estuário deste último. Nasce no município do Ipojuca, próximo a PE-60, cruzando a TDR-Norte sentido leste-oeste, e compõe os rios que formam a Bacia Hidrográfica do Ipojuca (Figura 7) (SUAPE, 2010). Na área sobre influência das marés, as margens do rio são dominados por manguezal (Figura 8).

Figura 6: Localização do rio Tabatinga, Suape (PE).  
 Fonte: Goolge earth (Modificada).

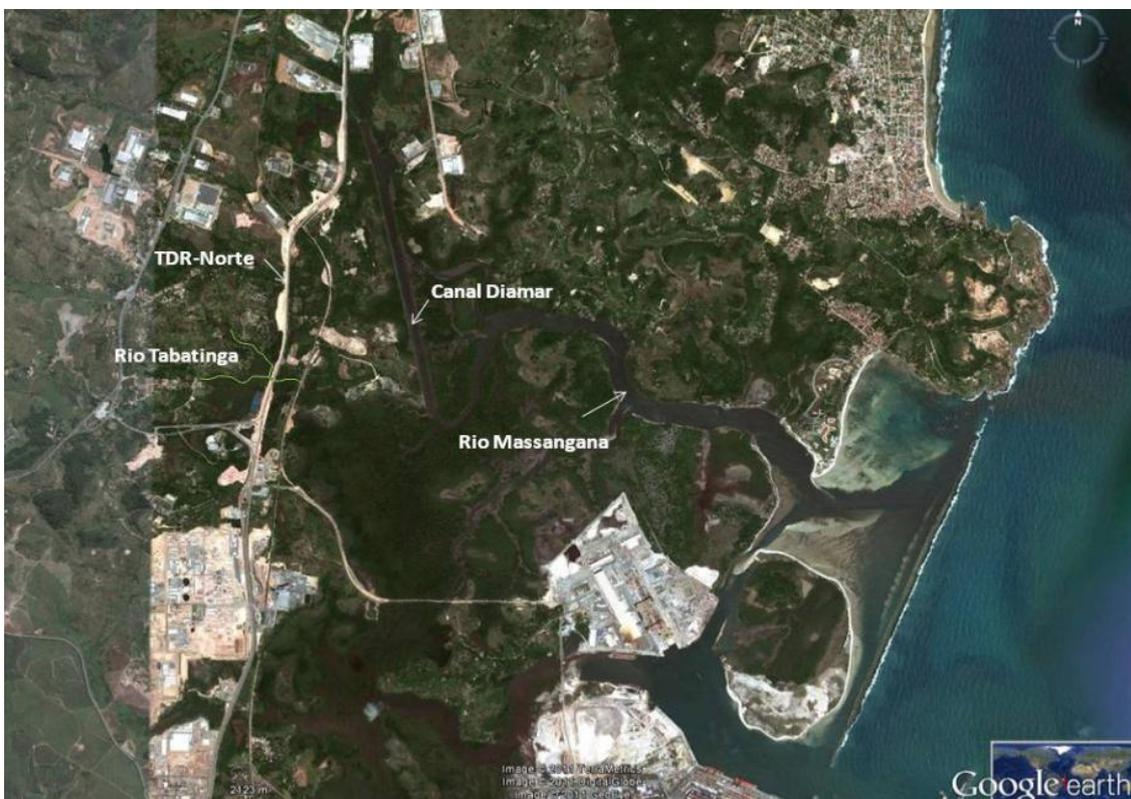
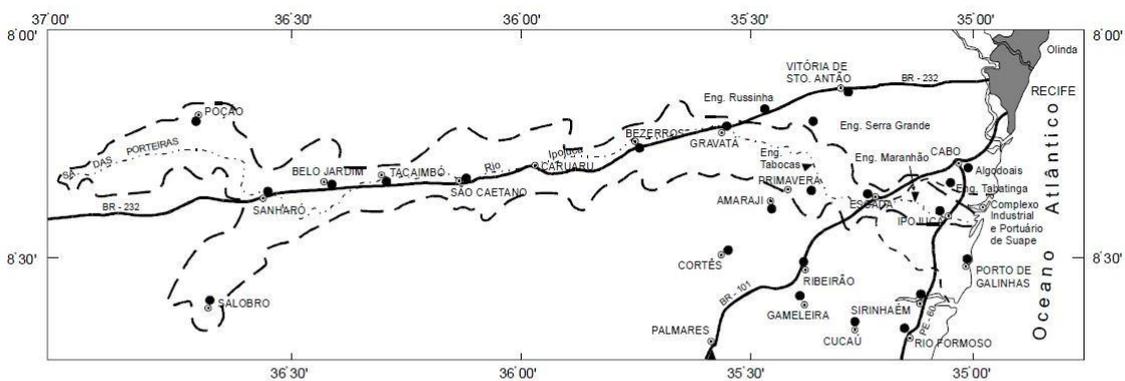


Figura 7: Mapa (Modificado) das Bacias Hidrográficas do Ipojuca, 1986.  
 Fonte: CONDEPE



Fonte: Mapa das Bacias Hidrográficas, 1986.  
 CONDEPE (Modificado).

- LEGENDA**
- Bacia do Rio Ipojuca
  - Estação pluviométrica
  - Estação fluviométrica
  - Cidades
  - Rodovias (BR e PE)
  - Divisa do Município de Ipojuca

0 6 12 18 24 30 36 Km  
 ESCALA APROXIMADA



Figura 8: Manguezal do rio Tabatinga, Suape (PE), dominado por *L. racemosa*.  
Fonte: Autora.



## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Escolha da Área

A escolha da área de estudo foi baseada em 3 critérios propostos por Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986). São eles:

- Representatividade: a área selecionada foi semelhante às demais de modo que os resultados possam ser comparados.
- Áreas prioritárias: a área selecionada apresenta um reconhecido valor científico e biológico. Também ocorre próximo a fontes de contaminação, a obras de expansão imobiliária, industrial, etc.
- Acessibilidade: o local estudado é acessível para reduzir os custos do estudo.

Os trabalhos de campo do presente estudo foram divididos em 3 etapas: levantamento topográfico, caracterização estrutural e coleta da salinidade intersticial.

### 5.2 Levantamento topográfico

Para verificar o impacto do assoreamento do manguezal ao lado da TDR-Norte, oriundo do material utilizado na duplicação (solo argiloso e brita), carreado em direção ao manguezal (Figura 9), foi utilizada ferramenta de topografia georreferenciada (Figuras 10 e 11), em perfis perpendiculares ao mangue e a estrada. O equipamento eletrônico utilizado é chamado de estação total (Modelo – Leica TC405) e foi ajustado segundo um ponto planialtimétrico conhecido localizado na TDR-Norte (referência de nível). Dessa forma pode-se aferir a altura do mangue em relação ao zero da maré estabelecido pelo Datum IBGE. Para realização dessa atividade, utilizou-se de equipamentos e de mão-de-obra especializada da empresa Queiroz Galvão. O levantamento topográfico foi realizado em outubro de 2011.

Foram selecionadas cinco escalas de altura topográfica em relação ao zero da maré, sendo elas: 1,4 a 1,6; 1,6 a 1,8; 1,8 a 2,0; 2 a 2,2 e 2,2 a 2,4 metros. Considerou-se até 1,7 m acima do nível do mar, como sendo a cota natural do manguezal. O zero da escala Y corresponde à base do talude, onde se localizam as primeiras árvores de mangue. Vale salientar que, devido à adoção do Datum local, considera-se a referência IBGE.

Figura 9: Detalhe do assoreamento provocado pela duplicação da TDR Norte, Suape, PE.  
Fonte: Clemente Coelho Júnior



Figura 10: Imagem do levantamento topográfico e da equipe de trabalho no manguezal do rio Tabatinga, Suape, PE.  
Fonte: Clemente Coelho Júnior.



Figura 11: Levantamento topográfico. Estação posicionada no início do bosque de mangue do rio Tabatinga, Suape, PE.

Fonte: Clemente Coelho Junior.



Os perfis foram posicionados segundo o gradiente ambiental, da estrada ao manguezal não afetado pelo assoreamento. Foram gerados cinco perfis com aproximadamente 55 metros (A, B, C, D e E), distantes 20m entre si (Figura 12). O levantamento serviu para nortear a caracterização estrutural do bosque de mangue do rio Tabatinga. Os dados de altura topográfica e distância entre as cotas foram lançados no programa EXCEL para construção da grade topográfica em 2D, dos perfis topográficos e das análises estatísticas, visando a identificação das áreas afetadas pelo assoreamento.

Figura 12: Imagem da área de estudo com o posicionamento dos perfis topográficos perpendiculares a estrada TDR- Norte no bosque de mangue do rio Tabatinga, Suape, PE.  
Fonte: Google earth (Modificada).



### 5.3 Salinidade Intersticial do Sedimento

Para a análise de salinidade intersticial do sedimento, as coletas ocorreram em setembro de 2013. Foram coletadas 2 amostras de água do sedimento na região central de cada parcela ao longo dos perfis topográficos (Figura 13). A água coletada para a leitura foi obtida com o auxílio de um escavador de terra a 30 cm de profundidade. E sua leitura feita com um refratômetro óptico (Modelo Instrutherm, escala 0 a 100,  $\pm 1$  UPS) (Figuras 14 e 15). A utilização de refratômetro permite uma leitura de salinidade com precisão de  $\pm 1$ , perfeitamente aceitável para este tipo de estudo. Uma vez que a cobertura vegetal responde às variações maiores.

Figura 13: Coleta da água para leitura da salinidade intersticial no manguezal do rio Tabatinga, Suape, PE.

Fonte: Autora



Figura 14: Preparação para leitura da salinidade intersticial no manguezal do rio Tabatinga, Suape, PE.

Fonte: Autora.



Figura 15: Leitura *in situ* da salinidade intersticial, com o auxílio do refratômetro óptico, no manguezal do rio Tabatinga, Suape, PE.  
Fonte: Autora.



#### 5.4 Caracterização Estrutural

Para caracterização estrutural, utilizou-se a metodologia proposta por Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986). Foram delimitadas 4 parcelas justapostas ao longo de cada perfil topográfico (A, B, C, D, E) que variaram de 10x10 à 7x7m, dependendo da densidade de indivíduos (Figura 16). A caracterização estrutural foi realizada nos anos de 2012 e 2013.

Para se obter a medida do diâmetro, deve-se assumir que a árvore apresenta secção transversal circular. Para as árvores de maior espessura utilizou-se uma trena graduada em unidades de  $\pi$  (3, 14159) e para as árvores de menor porte utilizou-se um paquímetro, também graduado em unidades de  $\pi$  (3, 14159) em centímetros, o que permite uma leitura direta do valor do diâmetro.

O diâmetro das árvores foi medido à altura do peito do observador (DAP) ou a 1,3m do solo (Figuras 17 e 18). Foram observados alguns critérios importantes como: (1) se os troncos se bifurcam à altura do peito, mede-se o diâmetro abaixo da bifurcação; (2) se os troncos se bifurcam abaixo da altura do peito, consideram-se como dois troncos e se registram as duas medidas; (3) quando a árvore é formada por troncos muito próximos ramificados acima, ou abaixo, da superfície do solo, mede-se o diâmetro de cada um; (4) quando houver deformidades no tronco, à altura do peito, mede-se o diâmetro um pouco acima ou um pouco abaixo.

As medidas de altura foram feitas da base da árvore à extremidade superior da copa. Com auxílio de telêmetro óptico (Modelo Ranging Opti-Meter 120, de 2 à 30 m de alcance) mediu-se as árvores de grande porte e com vara telescópica as árvores menores (Figuras 19 e 20).

Figura 16: Detalhe do bosque de mangue do rio Tabatinga, Suape (PE) e da delimitação das parcelas de estudos da caracterização estrutural.

Fonte: Autora.



Figura 17: uso de trena graduada em  $\pi$  para medidas do DAP das árvores de maior espessura.  
Fonte: Autora



Figura 18: Medidas do DAP através do uso do paquímetro para medição das árvores de menor espessura.  
Fonte: Autora



Figura 19: Vara telescópica para medição de altura das árvores de mangue menores de 2m.  
Fonte: Autora



Figura 20: Uso do telêmetro óptico para medição de altura das árvores de mangue maiores de 2m.  
Fonte: Autora



#### 5.4.1 Tratamento dos Dados Estruturais

As medidas obtidas em campo foram registradas em fichas e posteriormente transferidas para planilha Excel para tratamento de dados estruturais de manguezal.

As medidas foram organizadas em planilhas, por classe de DAP: menor que 2,5, maior e/ou igual a 2,5 e menor que 10, e maior e/ou igual a 10 cm, para o cálculo de área basal por classe de diâmetro. Serviram também para cálculo de área basal total (vivos e mortos).

Para cálculo de área basal, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$A.B. = 0,00007854 \times (DAP)^2$$

Onde: AB é a área basal em m<sup>2</sup> e DAP o diâmetro à altura do peito, medido em centímetros.

A área basal do bosque é a soma das áreas basais de todos os troncos medidos por unidade de área. A área total da parcela (em m<sup>2</sup>) é convertida em 1 hectare (ha). Esta medida é um ótimo índice do grau de desenvolvimento estrutural do bosque, pois está relacionada ao volume de madeira e biomassa, assim como indicadora de eventuais impactos ocorridos na estrutura, neste caso refletindo nos valores de área basal morta.

Com os dados em planilha calculou-se a densidade de troncos vivos e mortos, variável importante na caracterização do bosque de mangue, como também na análise do impacto sobre a dinâmica das marés.

Utilizou-se também o cálculo para a altura média, que é obtida a partir da média aritmética, mais desvio padrão, de todas as árvores vivas de cada parcela. Foi calculada a altura do dossel, equivalente às médias das três árvores mais altas descartando o indivíduo emergente.

A comunidade pode ser descrita ainda, pela contribuição do número de espécies para o bosque, expressas em porcentagem ou número de indivíduos por hectare.

Após cálculo das variáveis acima construiu-se gráficos e tabelas, com a finalidade de identificar possíveis diferenças ao longo dos perfis, como também análise estatística específica.

Todas as variáveis adotadas e utilizadas respondem a diferentes forçantes ambientais (climáticas, geológicas, oceanográficas), sendo amplamente utilizadas em estudos sobre a dinâmica e funcionamento do ecossistema manguezal.

### 5.5 Análise estatística

A estrutura da vegetação foi avaliada com base nos principais descritores analisados na caracterização estrutural, sendo realizado uma análise descritiva (média  $\pm$  DP) dos dados.

Análises de Variância (ANOVAs one-way) foram utilizadas para determinar se estes descritores variaram entre os perfis (A, B, C, D, E). De modo similar, ANOVAs foram empregadas também considerando as diferentes parcelas (1, 2, 3, 4). Os dados foram checados quanto à homogeneidade das variâncias (homocedasticidade) através do teste de Levene, sendo realizadas transformações ( $\log x + 1$ ) quando necessário. Em caso de significância do fator principal (perfil ou parcela) foram aplicados testes de Tukey. As Análises de Variância (ANOVA) e os testes de Levene e Tukey foram executados no programa Statistica 7.0.

Correlações de Pearson foram utilizadas para relacionar as variáveis estruturais do manguezal e a topografia local. As correlações de Pearson foram calculadas no programa Biostat 5.0.

Para todas as análises estatísticas, o nível de significância adotado ( $p$ ) foi 5% ( $p < 0.05$ ).

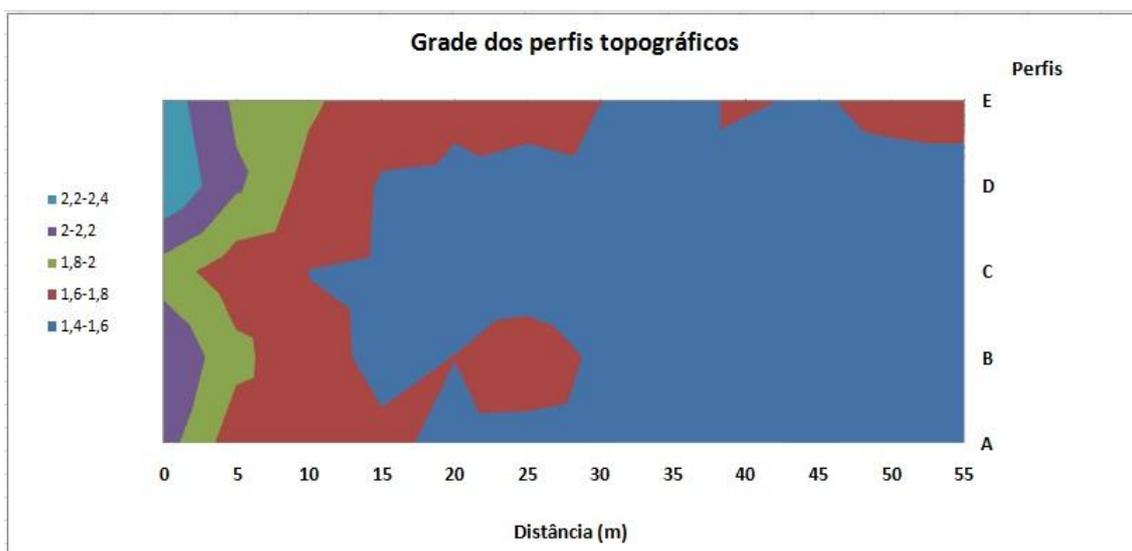
## 6 RESULTADOS

### 6.1 Levantamento topográfico

Os cinco perfis topográficos (A, B, C, D, E) transversais a estrada TDR-Norte (Figura 12), representam a grande faixa de cobertura vegetal adjacente à duplicação da estrada e que sofreu o assoreamento. O levantamento topográfico permite obter informações do desenvolvimento do bosque ao longo dos perfis, do impacto do assoreamento na vegetação e da frequência de inundação.

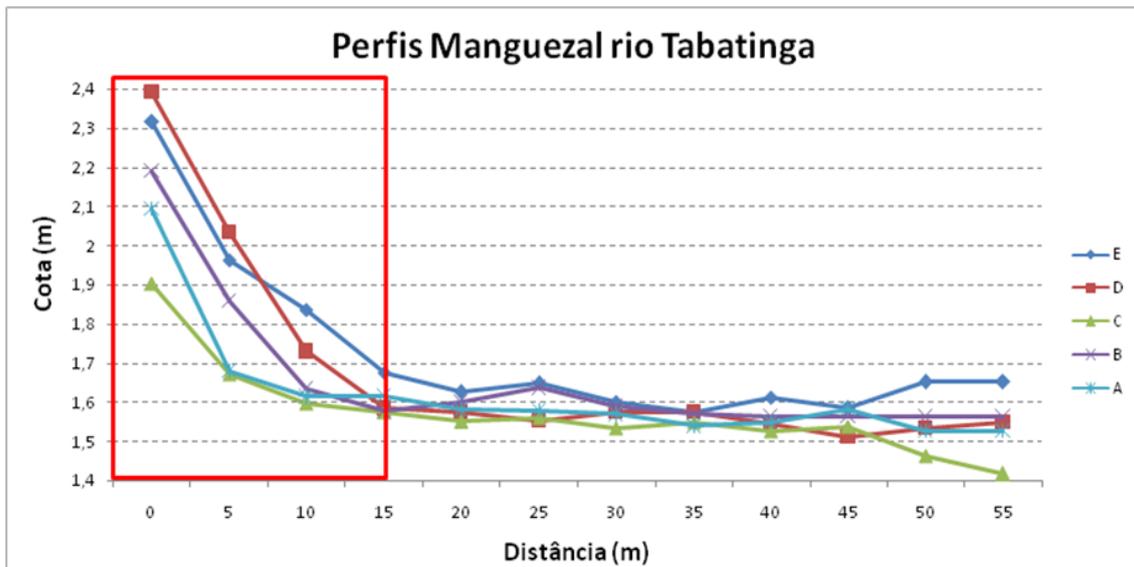
Os resultados podem ser observados na figura 21. Os perfis E e D, principalmente nos primeiros 10 m, apresentaram cerca de 80 cm acima da cota natural, representando assim, os perfis que mais sofreram impacto com o assoreamento. O perfil C foi o que menos sofreu, com cerca de 30 cm de solo acima do substrato do manguezal.

Figura 21: Plano altimétrico gerado pela topografia.



A figura 22 retrata exatamente a elevação do terreno provocada pelo assoreamento. Pode-se observar a forte elevação entre 0 e 10 metros nos perfis D e E, e uma curva bem menos acentuada no perfil C.

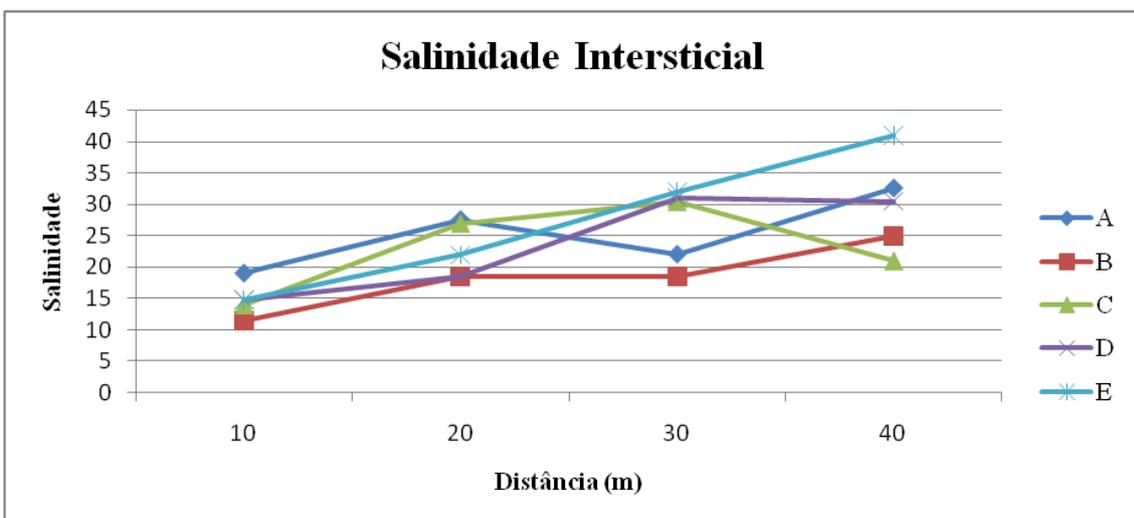
Figura 22: Representação gráfica do levantamento topográfico.



## 6.2 Salinidade

A figura 23 retrata o resultado desta análise (Figura 23). De um modo geral a salinidade variou de 14 a 41, aumentando à medida que vai entrando no bosque e se afastando do talude da estrada. O perfil C apresentou resultado diferente dos demais, com queda abrupta da salinidade no final do perfil.

Figura 23: Representação gráfica da salinidade intersticial ao longo dos perfis.



### 6.3 Caracterização estrutural do bosque de mangue

O estudo da caracterização estrutural do bosque do rio Tabatinga foi feito através do uso de parcelas, norteados pelos perfis topográficos. Estas análises permitem avaliar o desenvolvimento do bosque de mangue ao longo do gradiente de inundação pelas marés e possível impacto do assoreamento.

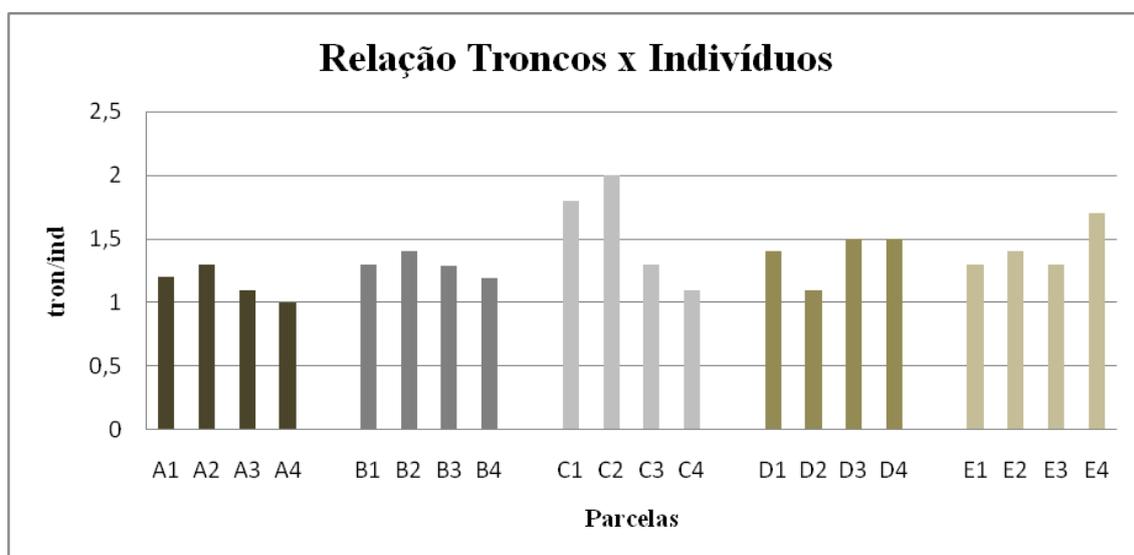
As espécies de mangue identificadas nas parcelas estudadas foram *L. racemosa* e *A. schaueriana*, identificadas de acordo com a chave de identificação proposta por Schaeffer-Novell e Cintrón (1986). Destas a que apareceu de forma expressiva foi a *L. racemosa*, tornando este bosque bastante homogêneo.

#### 6.3.1 Relação Tronco/Indivíduo

A relação tronco/indivíduo é uma importante ferramenta que permite avaliar o grau de desenvolvimento do bosque. Quando esta relação fornece valores próximos ou igual a 1, pode indicar que o bosque analisado é desenvolvido.

A figura 24 mostra que a relação tron./ind., variou de 1 (parcela A4) a 2 troncos/Indivíduo (parcela C2). Pode-se notar que não houve grande variação entre as parcelas. A relação mostra que a área é desenvolvida.

Figura 24: Gráfico da relação Tronco/Indivíduo.



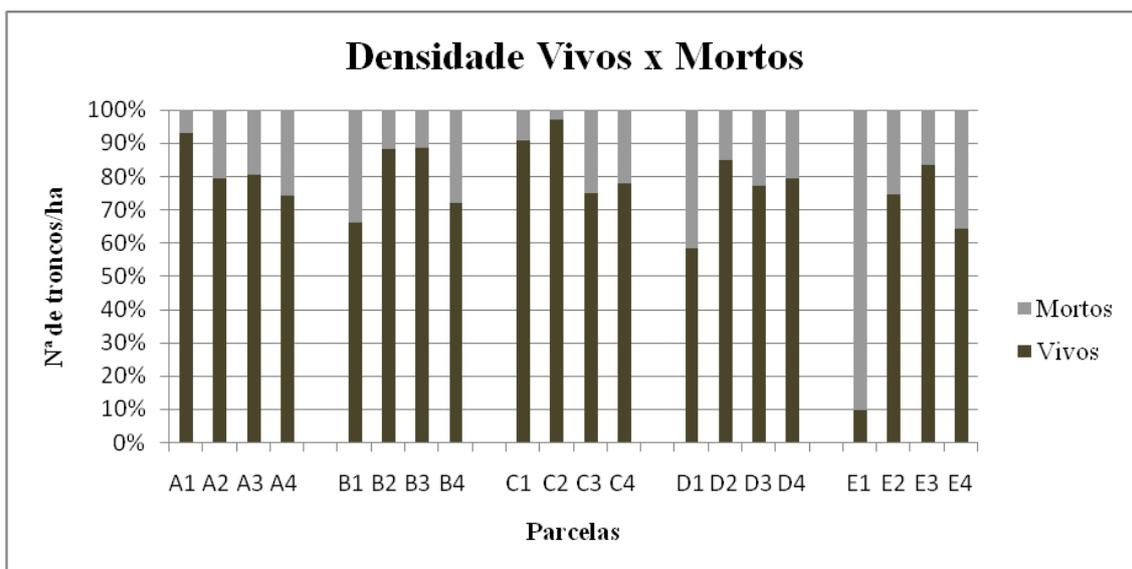
### 6.3.2 Densidade de indivíduos

Diferente do que se possa imaginar, a densidade é inversamente proporcional ao desenvolvimento do bosque de mangue. Um bosque de mangue bem desenvolvido (maduro) se caracteriza por possuir poucas árvores de grandes diâmetros (árvores adultas nos últimos estágios de sucessão), enquanto que bosque de mangue pouco desenvolvido, e que sofre pressões antrópicas, contém muitas árvores pequenas, podendo representar estágios iniciais de sucessão (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

A densidade, portanto, é em função de sua idade e amadurecimento, e é expressa normalmente em termos de indivíduo por hectare ou troncos por hectare.

A densidade de troncos total variou de 24427 (B4) a 3100 troncos/ha (E1). Na figura 25, pode-se destacar o perfil C por ser o que apresentou menor densidade de troncos mortos, representando apenas 0,18% do total. A parcela C2 foi a que menos sofreu impacto nesta análise, enquanto que a parcela E1 foi a que mais sofreu impacto, e que apresentou a maior densidade de troncos mortos entre as parcelas, representando 90%. De modo geral, a densidade de troncos mortos foi bastante expressiva nos perfis D e E. Em relação à densidade de troncos vivos pode-se destacar os perfis A, B, e C que revelaram uma uniformidade de troncos vivos.

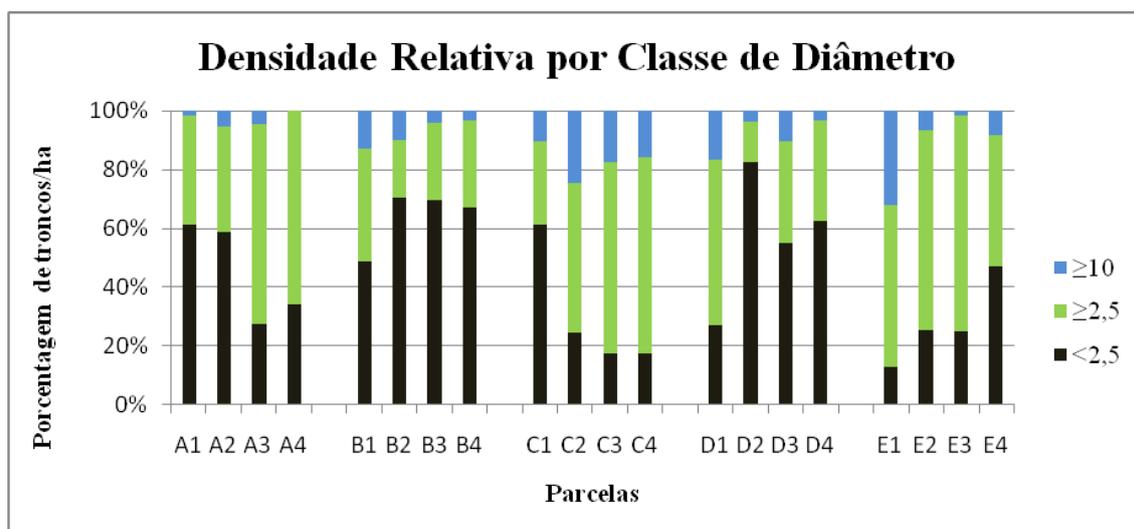
Figura 25: Densidade relativa de troncos vivos e mortos.



### 6.3.3 Densidade relativa de indivíduos por classe de diâmetro

Na figura 26 pode-se notar um elevado número de troncos na classe de diâmetro  $<2,5$  nos perfis B e D, destacando a parcela D2, representado mais de 80% desta. Se comparado aos outros perfis, o perfil C não apresentou elevada densidade de troncos da classe  $<2,5$ , assim como o perfil E, que apresentou o menor valor de densidade de troncos  $< 2,5$  na parcela E1(12% da parcela), representando apenas 0,4% do total. O perfil A foi intermediário no número de densidade desta classe. A densidade de troncos  $\geq 2,5$  foi expressiva, porém relativamente uniforme entre os perfis, destacando a parcela A4 por representar o maior valor, quase 70% da parcela e a parcela D2 pelo menor valor de densidade  $\geq 2,5$  (cerca de 10% da parcela). Para densidade na classe  $\geq 10$ , as parcelas C2 e E1, representaram os maiores valores de densidade nesta classe, com 25 e 30% respectivamente. Na parcela A4 não ocorreu troncos  $\geq 10$ .

Figura 26: Densidade relativa de troncos por classe de diâmetro



### 6.3.4 Altura Média e Altura do Dossel

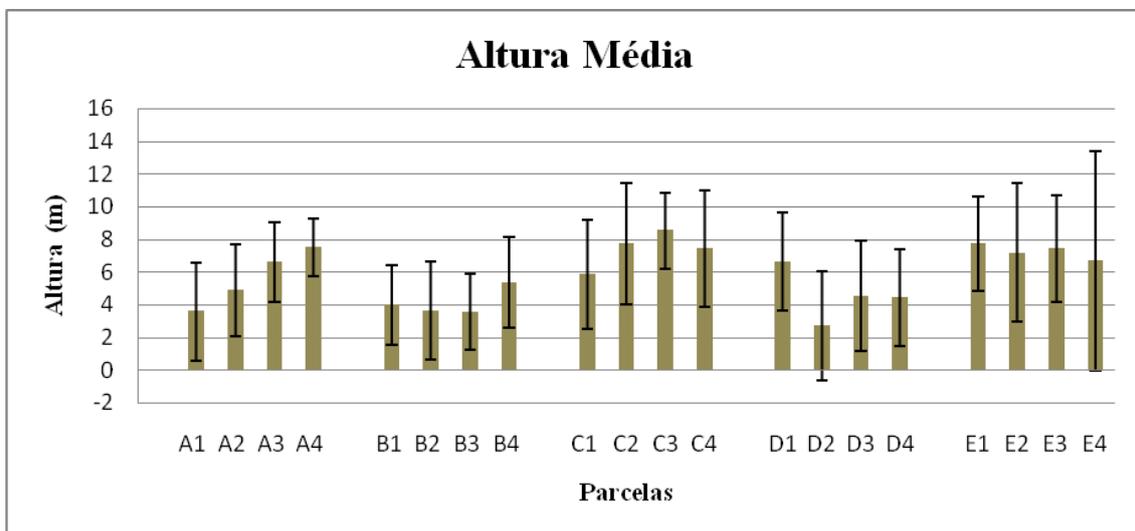
A altura é outra variável fundamental utilizada na descrição estrutural de um bosque. A altura média é um ótimo indicador de desenvolvimento (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

Com frequência se considera a altura do dossel como sendo a média da altura das três árvores mais altas dentro da parcela, uma vez que estas tendem a pertencer a

uma mesma faixa etária. Entretanto é recomendado retirar o indivíduo emergente, pois pode representar indivíduos de antigas gerações (SCHAEFFER- NOVELLI; CINTRÓN 1986).

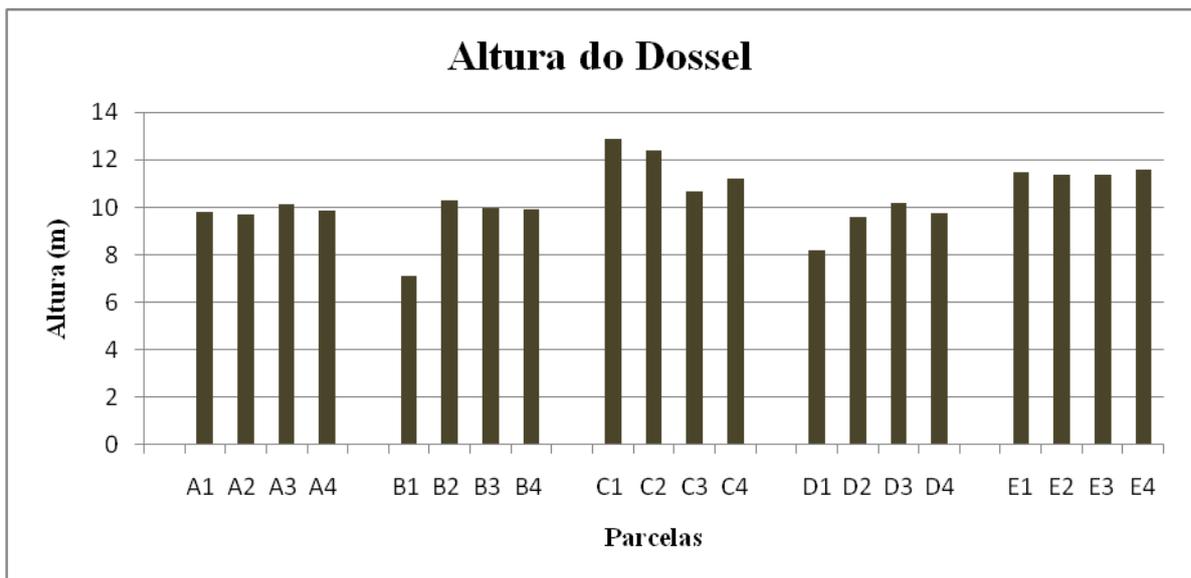
Os resultados obtidos das alturas médias estampados na figura 27 mostram que as alturas variaram de  $8,55 \pm 2,32$  em C3 e  $2,73 \pm 3,34$  metros em D2. Destacando, portanto, o perfil C como o que apresentou maior altura média. Sem considerar o desvio padrão, os perfis B e E tiveram pouca variação de altura média, enquanto o perfil A teve uma tendência de aumento à medida que adentra no bosque.

Figura 27: Altura total média das parcelas ao longo dos perfis topográficos.



A altura do dossel apresentou maior valor na parcela C1 com 12,85m e menor valor na parcela B1 com 7,11m (Figura 28). De um modo geral a altura do dossel pouco variou, mostrando-se tratar de um bosque uniforme.

Figura 28: Altura média do dossel ao longo dos perfis topográficos.

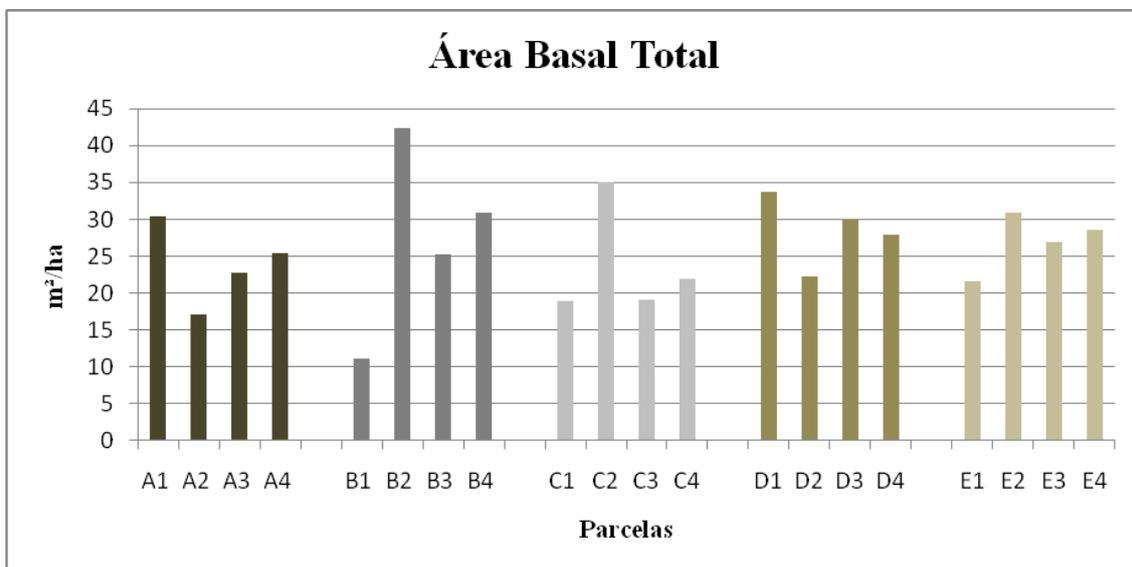


### 6.3.5 Área Basal

A área basal é definida como sendo a área ocupada por um tronco com um dado diâmetro, assumindo que seu diâmetro é medido a altura de 1,3m do solo. A área basal de um bosque é a soma das áreas basais de todos os troncos por unidade de área. Esta medida é um excelente índice de desenvolvimento do bosque, já que está ligada com o volume de madeira e com a biomassa do bosque (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

Os valores de área basal total, ao longo dos perfis, variaram de 11,17 a 42,35 m<sup>2</sup>/ha, ambos no perfil B e nas primeiras parcelas do perfil (Figura 29).

Figura 29: Gráfico referente a Área basal total ao longo dos perfis topográficos.



### 6.3.6 Área Basal por Classe de Diâmetro

A análise da área basal por classe de diâmetro possibilita um melhor entendimento do desenvolvimento estrutural ao longo do gradiente ambiental, onde áreas basais superiores representam bosque mais desenvolvidos.

Os valores de área basal por classe de diâmetro  $\geq 10$  variaram de 31,26 (B2) a 0,0 m<sup>2</sup>/ha (A4). Os valores obtidos para a classe  $\geq 2,5$  variaram de 24,80 (E3) a 5,47 m<sup>2</sup>/ha (E1), e, por sua vez, os valores para a classe  $< 2,5$  variaram de 5,87 (D2) a 0,11 m<sup>2</sup>/ha em C3 e E1 (Figura 30).

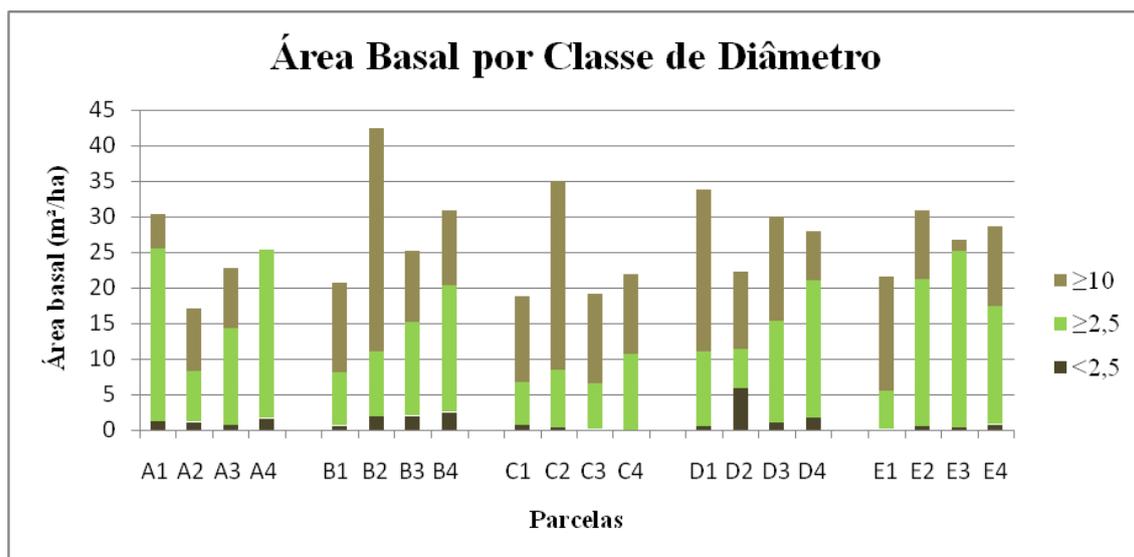
Para área basal por classe de diâmetro  $\geq 10$  pode-se destacar o perfil C, por apresentar valores elevados desta classe diamétrica, destacando C2 por representar uma contribuição maior que as demais parcelas. O Perfil B também merece destaque nesta análise. O maior valor em área basal foi B2, com grande contribuição da classe diamétrica  $\geq 10$  cm. O perfil A foi o que apresentou menor valor nesta classe, destacando-se A4, onde não foram medidos troncos maiores que 10 cm.

Para área basal por classe de diâmetro  $\geq 2,5$  o perfil E apresentou a maior contribuição, destacando E3 com 24,80 m<sup>2</sup>/ha, e menor valor de área basal para a classe  $\geq 2,5$  em E1 com 5,54 m<sup>2</sup>/ha. De maneira geral, o perfil C foi o que apresentou os menores valores, enquanto que as parcelas do perfil A apresentou significativa

contribuição para classe  $\geq 2,5$  cm, destacando as parcelas A1 e A4. Os perfis B e D contribuíram de forma crescente entre as parcelas ao longo do perfil, ou seja, à medida que se afastam do talude estes valores aumentam.

Em relação à área basal por classe de diâmetro  $< 2,5$  cm as parcelas C3, C4 e E1 foram nulas. A parcela D2 foi a que contribui de forma mais expressiva.

Figura 30: Representação gráfica das parcelas quanto a área basal por classe de diâmetro



### 6.3.7 Dominância em área basal de espécies vivas e mortas

Esta análise revela a contribuição de troncos vivos e mortos das espécies encontradas ao longo dos perfis, além de destacar a espécie de mangue que domina em percentagem o bosque do rio Tabatinga (Figura 31).

Neste sentido, configura-se no presente trabalho a dominância de *L. racemosa* ocorrendo em 100% das parcelas. Assim pode-se afirmar que o bosque é monoespecífico.

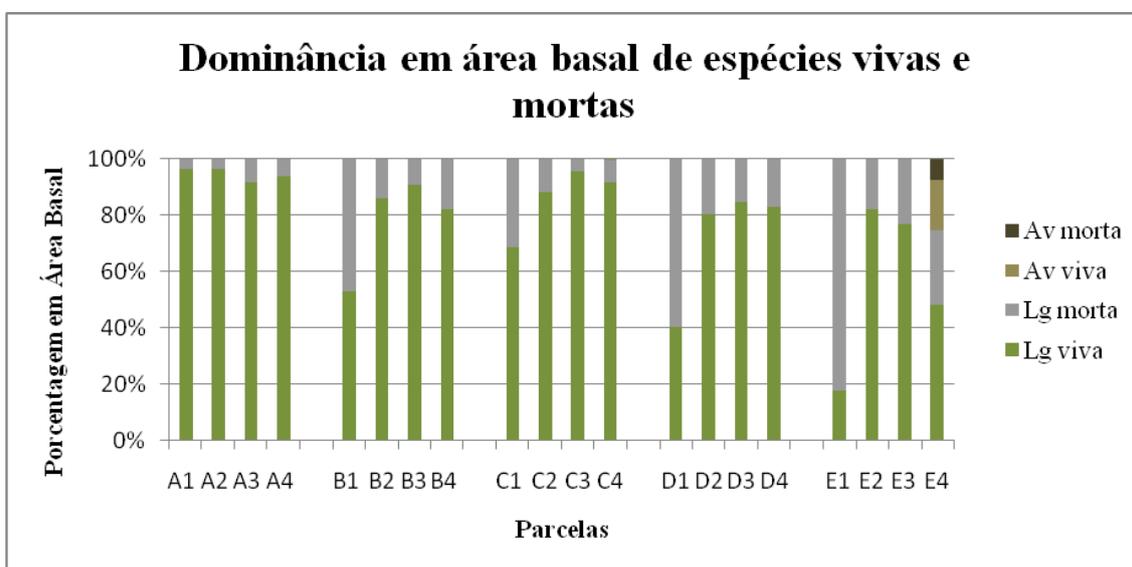
Para área basal viva e morta as parcelas D1, E1 merecem destaque por apresentarem as maiores contribuições em área basal morta, D1 representando 60% da parcela e E1 80%.

Os perfis A e C não apresentaram altos valores de área basal morta. O perfil B ficou intermediário quanto a esta variável, destacando-se apenas a parcela B1, representando mais de 40% da parcela. Em contrapartida, a parcela E1 apresentou o

menor valor de área basal viva dentre as parcelas, com 3,81 m<sup>2</sup>/ha (cerca de 20% da parcela). Os perfis A e C apresentaram maior percentagem de área basal viva ao longo dos perfis.

A espécie *A. schaueriana* teve sua maior contribuição em área basal viva e morta na parcela E4, com apenas 5,2, m<sup>2</sup>/ha (cerca de 10%) e 2,1 m<sup>2</sup>/ha (menos de 10%), respectivamente. Área basal viva também ocorreu de forma muito tímida em C4, com apenas 0,1%, não aparecendo na escala do gráfico.

Figura 31: representação da dominância em área basal de espécies vivas e mortas



#### 6.4 Tratamento estatístico

Foi utilizado a correlação de Pearson afim de relacionar as variáveis estruturais do manguezal e o levantamento topográfico. Nesta análise, as variáveis AB morta e AB viva apresentaram resultados significativos ( $p < 0.05$ ).

Para a variável AB morta esta relação com a topografia foi positiva (Figura 32), ou seja, à medida que aumenta a cota topográfica (elevação do terreno pela demanda de sedimento) aumenta o valor de AB morta ( $p < 0.001$ ;  $R^2 = 0,6508$ ). O contrário foi observado para AB viva, com uma relação inversamente proporcional com a topografia ( $p = 0,0080$ ;  $R^2 = 0,3254$ ) (Figura 33).

Figura 32: Relação positiva para área basal morta e Topografia

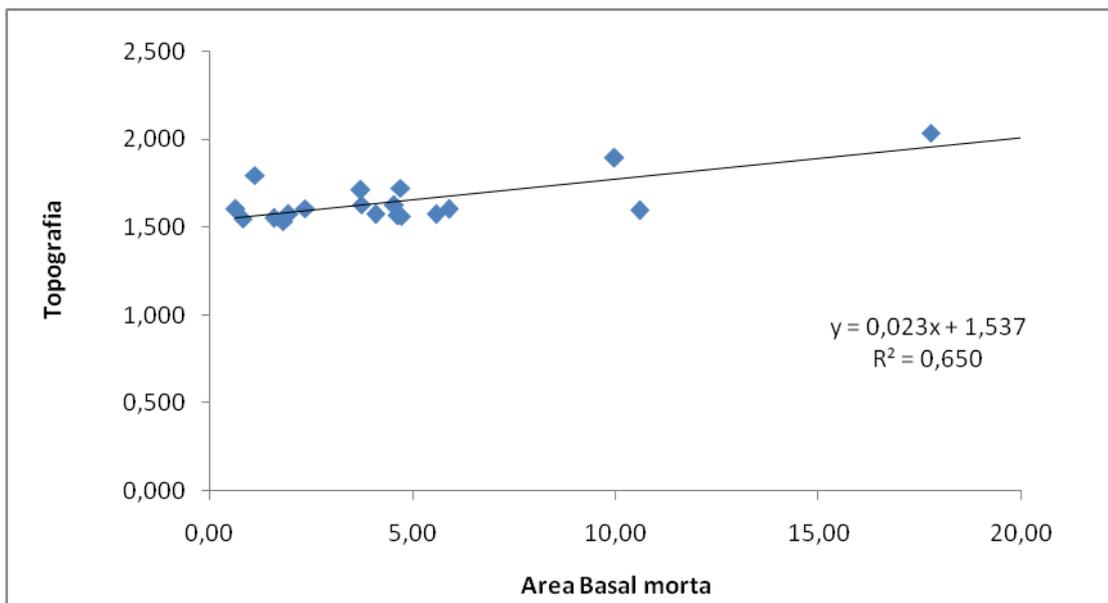
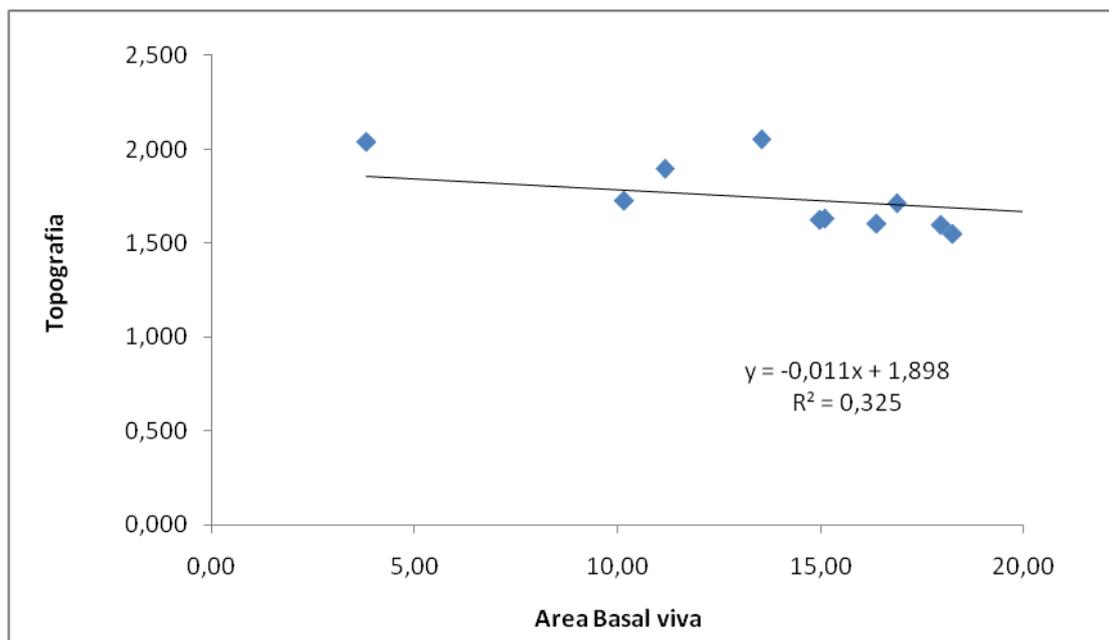


Figura 33: Relação negativa para área basal viva e Topografia



Não foram observadas diferenças significativas entre as parcelas em relação a análise de variância (ANOVA one-way). No entanto entre os perfis foram identificadas diferenças para:

- AB morta ( $F_{4,15}$ : 5.0048;  $p=0,009$ ), onde o perfil A apresentou diferenças significativas entre os perfis D ( $p=0,027$ ) e E ( $p=0,014$ ).

- $AB < 2,5$  ( $F_{4,15}$ : 4.7188;  $p=0,011$ ), mostrou diferença significativa entre os perfis B e C ( $p=0,029$ ) e entre os perfis C e D ( $p=0,030$ ).
- Número de indivíduos (densidade) ( $F_{4,15}$ : 4,7281;  $p=0,01$ ), apresentou estas diferenças entre os perfis A e C ( $p=0,022$ ) e os perfis B e C ( $p=0,026$ ).
- Total de Troncos ( $F_{4,15}$ : 3,5856;  $p=0,03$ ), com diferenças entre os perfis B e C ( $p=0,029$ ).
- Troncos vivos ( $F_{4,15}$ : 4,83392;  $p=0,01$ ), esta diferença se deu entre os perfis A e C ( $p=0,047$ ) e B e C ( $p=0,023$ ).
- Altura do dossel ( $F_{4,15}$ : 9,886;  $p=0,0004$ ), diferentes entre si os perfis A e C ( $p=0,013$ ), B e E ( $p=0,034$ ), C e D ( $p=0,046$ ), C e E ( $p=0,0002$ ), D e E ( $p=0,049$ ).
- Altura média ( $F_{4,15}$ : 25,4011;  $p=0,000002$ ), os perfis diferentes entre si, foram: A e C ( $p=0,0001$ ), B e C ( $p=0,0001$ ), B e E ( $p=0,019$ ), C e D ( $p=0,0001$ ), C e E ( $p=0,0009$ ).

As análises estatísticas ratificam os resultados identificados nos gráficos, retratando o perfil C como o menos atingido pelo assoreamento, com diferenças significativas em relação aos demais. Pode-se observar também que não houve diferenças significativas entre as parcelas e sim entre os perfis, mostrando que o bosque é homogêneo.

## 7 DISCUSSÃO

Tem-se, há muito tempo, que as medidas estruturais são ótimas indicadoras da qualidade ambiental do ecossistema manguezal. A metodologia estrutural aplicada no presente trabalho é resultado de uma forte discussão científica na década de 80, sendo confirmada até os dias de hoje como a melhor ferramenta para se conhecer os bosques de mangue. Tal metodologia foi adotada pela UNESCO e amplamente difundida no Brasil e no Mundo (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1984).

Ball (1980) contribuiu substancialmente para o entendimento do papel da competição nos processos sucessionais em bosques de mangue, através das medidas estruturais como densidade de indivíduos, área basal e altura das árvores.

No Brasil, tais medidas auxiliaram na caracterização de diversos manguezais, como os trabalhos de Bernini e Rezende (2004, 2010) no Espírito Santo, Coelho-Jr (1998, 2003), Menghini et al. (2004, 2008) e Cunha-Lignon (2001, 2005) em São Paulo, Soares (1999, 2003) no Rio de Janeiro, Nascimento Filho (2007), Souza e Sampaio (2001), Medeiros (1996) em Pernambuco, dentre outros.

A caracterização do bosque expressa o resultado da interação entre as características de crescimento das espécies arbóreas, seus requisitos fisiológicos e as forçantes ambientais que operam sobre o sistema. Consideram ainda que a estrutura e função dos manguezais estão intimamente ligadas. O desenvolvimento estrutural alcançado por um bosque é função dos níveis e periodicidade das energias subsidiárias, como da natureza e intensidade dos tensores presentes (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

De um modo geral, as análises de estudos feitos nos manguezais de Suape revelam que são encontradas as seguintes espécies arbóreas típicas: *R. mangle* (mangue-vermelho ou mangue-gaiteiro), *L. racemosa* (mangue-branco), *A. schauerianna* e *A. germinans* (mangue-preto ou siriúba). Há ainda a ocorrência da espécie de transição *Conocarpus erecta* (mangue-de-botão) (SOUZA; SAMPAIO, 2001). No presente trabalho, apenas *L. racemosa* e *A. schaueriana* foram encontradas, mas não significa que as demais espécies não ocorrem no manguezal do rio Tabatinga.

A espécie *R. mangle* é comumente encontrada na franja dos manguezais, em contato com o estuário, em áreas frequentemente inundadas pelas preamares, principalmente nas proximidades das desembocaduras, sendo gradualmente substituída

pelas espécies *Avicennia* e/ou *L. racemosa* na porção mais interna do bosque (SOUZA; SAMPAIO, 2001).

O manguezal estudado apresenta características típicas que permite descrevê-la como pertencente ao tipo bacia. Desenvolve-se nas áreas mais internas, atrás dos bosques de franja, onde a renovação da água é mais lenta com menor frequência de inundação pelas preamares. Nestas áreas ocorre ausência de fortes gradientes horizontais. Segundo Schaeffer-Novelli et al. (2000) o manguezal estudado é considerado monoespecífico, onde *L. racemosa* predomina em 100% das parcelas. Esta espécie pode ser característica do tipo fisiográfico bacia, conforme descrito por SCHAEFFER-NOVELLI et al., 2000).

O gênero *Laguncularia* encontra-se em costas de baixa salinidade e ao longo de canais de água salobra. Também se encontram nos bordos de praias arenosas de costas de baixa energia. Tolerância salinidade intermediária, mas aparenta competir mais efetivamente em áreas de baixa salinidade, excretando o excesso de sais pelas folhas. Ao invés de raízes aéreas, possuem expansões das raízes nutritivas, com geotropismo negativo, que são estruturas para auxiliar a respiração (pneumatóforos). Como esses órgãos não são muito numerosos, nem alcançam grandes elevações, a espécie não tolera locais com grandes flutuações no nível do mar (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986.).

Nascimento Filho (2007), em estudo desenvolvido em áreas preservadas no estuário do rio Ariquindá (PE), constatou que *L. racemosa* dominava o bosque de bacia estudado, assim como Cunha-Lingnon et al. (1999) para bosques em Cananéia (SP).

Como referência direta para o bosque de mangue do rio Tabatinga está o trabalho de Souza e Sampaio (2001), desenvolvido nos manguezais de Suape, pós construção do porto, nas bacias dos rios Tatuoca e Ipojuca.

Os autores encontraram valores de área basal que variaram de 12,7 a 60,8 m<sup>2</sup>/ha, bastante parecido com os valores encontrados no presente estudo, com 11,17 a 42,35 m<sup>2</sup>/ha.

Nascimento Filho (2007), em seu trabalho no rio Ariquindá, encontrou área basal de 19,06 m<sup>2</sup>/ha, área esta considerada pelo autor como desenvolvida e de árvores de grandes diâmetros. Para outros estudos no Brasil os valores são discrepantes, destacando a heterogeneidade dos manguezais.

No trabalho de Silva et al. (2005) realizado no Espírito Santo, a área basal variou de 7,21 a 31,1 m<sup>2</sup>/ha. Já no trabalho de Meireles et al. (2003) a área basal variou entre 12,7 a 60,8 m<sup>2</sup>/ha. Todos os autores estudaram bosques maduros.

Entretanto, os bosques mais desenvolvidos são dominados pelos gêneros *Rhizophora* e *Avicennia* não sendo relatado para *Laguncularia*. Destaca-se, portanto, os valores obtidos no presente estudo para esta espécie.

Quando se compara a presente análise com os trabalhos citados acima, pode-se afirmar que o bosque de mangue do rio Tabatinga apresenta um bom desenvolvimento estrutural, considerando a área basal total uma excelente variável, já que está ligada com o volume de madeira e com a biomassa do bosque (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

Os valores de área basal por classe diamétrica ratificam a afirmação de que o bosque em questão é considerado desenvolvido. É possível observar um alto nível de indivíduos com DAP acima de 10 cm. Petri et al. (2011), estudando os manguezais do rio Benevente (ES), observaram a grande contribuição em área basal na classe diamétrica  $\geq 10$  cm, que indicou um elevado desenvolvimento estrutural porém, dominado por *A. schaueriana*.

Os resultados obtidos das alturas médias, entre 2,73 e 8,55m, reforçam a descrição acima, assim como a altura do dossel, na área não impactada, superior a 8 metros, podendo atingir mais de 12 m.

No Nordeste brasileiro, pode-se destacar alguns trabalhos, quanto aos valores de altura média: No Piauí, Deus et al. (2003) encontraram valores de cerca de 12 m. Destacou ainda que a maior parte dos indivíduos continham alturas em torno de 10 m e um bom desenvolvimento estrutural do bosque como um todo; em Suape (PE), Souza e Sampaio (2001) encontraram altura média entre 6,7 e 18 m; para Martins et al. (2011), no rio Cururupe (BA), esta variação ocorreu de 2,58 a 7,14, enquanto que para Nascimento Filho (2007), em Tamandaré (PE), esta variação foi de 0,4 a 8,9m. Neste último trabalho, o bosque de mangue dominado por *L racemosa* possuía 3,3 m.

Quanto ao padrão de salinidade intersticial local, a variação encontrada de 14 a 40, não representa um destacado gradiente. Além da salinidade da água intersticial, a quantidade de oxigênio disponível para as raízes e a concentração de nutriente são fatores importantes e reguladores para a estrutura e produtividade dos bosques de mangue. Esses fatores estariam controlados, principalmente, pela frequência de

inundação das marés, taxa de evaporação e aporte de água doce (pluvial e fluvial) (LUGO; SNEDAKER, 1974; HUTCHINGS; SAENGER, 1987; BALL, 1988).

Bunt et al. (1982) afirmam que o padrão da salinidade intersticial, ao longo da zona do entremarés, é influenciada pela salinidade do corpo d'água adjacente, pluviosidade, drenagem terrestre e percolação da água no sedimento.

Nas zonas mais baixas, a salinidade é praticamente a mesma da água das marés, cerca de 35, ou abaixo desse valor em sistemas que atuam forte descarga fluvial. Em regiões áridas, topograficamente mais elevadas e com menor frequência de inundação, a salinidade é geralmente alta, podendo chegar a 90 (WELLS, 1982), limite de tolerância das espécies típicas de mangue. O contrário acontece em regiões com elevado índice pluviométrico, abundante drenagem terrestre e boa infiltração, levando essas zonas a valores relativamente baixos de salinidade (SEMENIUK, 1983), como descrito por Coelho-Jr (2010) em bosques de bacia em Cananéia (SP).

A salinidade intersticial analisada teve como objetivo verificar como se comporta ao longo dos perfis topográficos e se o assoreamento da área altera sua concentração, comprometendo de alguma forma a estrutura natural do bosque.

Considerando que a coleta foi episódica, ocorrido no mês de setembro de 2013, onde a precipitação média foi em torno de 153 mm<sup>3</sup> (APAC, 2014), relativamente baixa se comparado aos meses de junho e julho de 2013 ( 338 e 402 mm<sup>3</sup> ) (APAC op cit.). Não se pode inferir que a pluviosidade teve influência direta sobre o gradiente.

O que foi observado foi um aumento da salinidade ao longo dos perfis, à medida que se afasta do talude, marcando as áreas mais elevadas do terreno com menor salinidade. Estas áreas têm sentido maior influência do aporte de água doce proporcionado pela drenagem terrestre, possivelmente do solo e da drenagem da pista, modificando assim as características naturais da área. A exceção se deu no perfil C, onde teve uma queda abrupta da salinidade nas últimas parcelas do perfil. Acredita-se que este fato está relacionado à presença de um canal que passa nesta área, observado *in situ*, influenciando esta região com aporte de água salobra com salinidade intermediária.

Nas observações de campo foram encontradas vegetação terrestre (glicófitas) (Figura 34), indícios da ausência de marés, principalmente nas primeiras parcelas dos perfis, enfatizando que a área tem sofrido modificações. O aumento da cota topográfica causou o impedimento da penetração das preamares, estando acima da altura das marés de sizígia equinociais.

A presença dessa vegetação terrestre pode estar assegurando os fluxos da drenagem terrestre, permitindo a diluição dos sais presentes no sedimento em áreas com menor frequência de inundação pelas preamares, conforme descrito por Coelho-Jr, (2010).

Vale destacar que o gradiente de salinidade intersticial encontrado no manguezal do rio Tabatinga não é suficiente para imprimir uma zonação de espécies arbóreas.

Figura 34: Detalhe do talude da duplicação da rodovia TDR-Norte, do Sedimento carreado para dentro do mangue e da vegetação de terra – firme (Glicófitas) que invade esta área.

Fonte: Autora.



O levantamento topográfico ajudou a entender a frequência de inundação destas áreas e com isso avaliar o impacto do assoreamento na porção adjacente ao talude da TDR-Norte.

Nota-se que por consequência do forte assoreamento local provocado pelo acúmulo de sedimento carreado pela duplicação da estrada TDR-Norte, as primeiras parcelas estão topograficamente mais elevadas em detrimento do acúmulo de sedimento, como observado nos perfis D e E, que apresentaram elevação no terreno em cerca de 1m.

Sedimentação refere-se à deposição, seja ele de material orgânico ou inorgânico na superfície do solo. O material depositado pode ser de origem alóctone ou autóctone,

carreados por ação dos ventos ou chuva. A sedimentação em áreas de mangue ocorre quando o material depositado torna-se fixo no lugar ou seja, ele não pode mais ser levados pelas marés ou ondas (MCIVOR et al., 2013).

No presente estudo, os trabalhos de campo revelam a ocorrência de uma forte sedimentação, decorrente da erosão do talude da estrada e lixiviação do material utilizado no aterro, por ação dos ventos mas principalmente da chuva. Devido a elevada cota topográfica próximo ao talude, as marés não conseguem distribuir os sedimentos por todo bosque. Acredita-se que o material carreado do talude e depositado no manguezal foi fruto das fortes chuvas que ocorreram em maio de 2011, como pode ser visto na Figura 5, considerando que o levantamento topográfico foi realizado 5 meses após este período.

Os manguezais naturalmente estão adaptados a ambientes de alta sedimentação, no entanto depósito de quantidades desmedidas de sedimento podem causar sufocamento das raízes de mangue e mortalidade da vegetação (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1985).

A densidade de troncos é um excelente indicador da atuação de tensores. Bosques pouco desenvolvidos ou que esta sofrendo pressões antrópicas apresentam altos índices de densidade, podendo representar estágios iniciais de sucessão (SCHAEFFER-NOVELLI; CINTRÓN, 1986).

Observa-se que existe uma forte discrepância nos valores de densidade nos diversos trabalhos analisados no Brasil. Bernini e Rezende (2004) no estuário do rio Paraíba do Sul (RJ) encontraram densidade média de 1.920 a 3.400 troncos/ha, enquanto Souza e Sampaio (2001) encontraram densidade de 917 a 5.683 troncos/ha. No trabalho de Nascimento (2007) a densidade variou de 1.152 a 14.534 troncos/ha. Medeiros (1996), em estudos desenvolvidos no rio Paripe (PE), a densidade do mangue foi de 3.487 troncos/ha.

A densidade de troncos total é relativamente alta se comparada com os trabalhos citados, retratando que o bosque tem sofrido ação de tensores.

Outra resposta evidente do direto efeito de tensor ao bosque de mangue é a densidade de troncos mortos, chegando à 6.856 troncos/ha, sendo bastante representativa nas parcelas D1 e E1.

Por tensor ou estresse entende-se qualquer evento, condição ou situação que cause um incremento nos gastos de energia na manutenção de um sistema. O tensor

opera de forma que pode ocasionar uma regressão do ecossistema até etapas similares as etapas sucessionais prévias (COELHO-JR; SCHAEFFER-NOVELLI, 2000).

Lugo e Snedaker (1974) afirmam que, além do desgaste natural pela competição e pelo processo natural de sucessão, a mortandade se deve à grande quantidade de tensores existentes no ecossistema. A ação contínua desses tensores constitui um dreno constante de energia que impede que o ecossistema atinja os maiores níveis de desenvolvimento, ou até vindo por consequência, a sua morte e desaparecimento. Estresses ambientais de curto prazo afetam muito a fisiologia das árvores de mangue, podendo trazer consequências desastrosas e muitas vezes irreversíveis (PEDERSON, 1997).

Lugo (1978) cita algumas propriedades que podem ser observadas em ecossistemas estressados:

- sucessão da vegetação interrompida ou retornando periodicamente a estágios iniciais;
- poucos estágios entre o pioneiro e o clímax;
- vegetação demonstrando estado de estresse, como aberrações ou deformações foliares em resposta aos tensores;
- variações na intensidade do tensor podem mudar a composição das espécies (geralmente quando se aumenta a intensidade ocorre decréscimo na diversidade);
- velocidade da sucessão ocorrendo em função do ambiente físico e dependendo do compartimento do sistema onde a desordem energética atua;
- espécies apresentando zonação que reflete gradiente de estresse (não podendo ser confundidas com estágios sucessionais).

Silva et al. (2005), estudando o manguezal do rio São Mateus (ES), constataram que a área estudada exibiu fisionomia alterada por tensores naturais e antrópicos, tendo como agentes principais: erosão, assoreamento, desmatamento, invasão por palafitas, abertura de estradas, urbanização, lançamento de efluente doméstico e pesca predatória.

O assoreamento verificado em suas análises comprometeu o ecossistema manguezal, visto que elevadas taxas de sedimentação interferem na reciclagem dos nutrientes e no intercâmbio dos gases, em decorrência do entupimento das lenticelas de rizóforos e pneumatóforos.

Menghini (2008) realizou trabalho de monitoramento da microtopografia para avaliar o impacto causado pela erosão em áreas de mangue na Ilha de Barnabé (SP). Foi observado que o processo de erosão e conseqüente diminuição da cota do terreno está agindo como um tensor no bosque, uma vez que começou a expor o sistema radicial das árvores do bosque. Em contato com o embate constante de ondas, constatou que por conseqüência da erosão, quase toda a extensão da franja do bosque apresentou mortalidade massiva de indivíduos. Na presente análise, houve elevação da cota e como conseqüência o sufocamento das raízes, essenciais para respiração e sobrevivência das espécies.

*L. racemosa* caracteriza-se por conter um sistema radicial superficial, com raízes de grandes dimensões, e estendidas horizontalmente. Apartir destas raízes horizontais, desenvolve-se uma sequencia de raízes verticais, denominadas pneumatóforos, acima e abaixo da superfície. Este tipo de raiz apresenta tecidos apropriados para facilitar a ventilação em solos inundados e com baixos teores de oxigênio (JIMENÉZ, 1985). Portanto, o sufocamento das raízes de *L. racemosa* podem trazer a morte das árvores.

De acordo com o quadro 1, descrita por Coelho-Jr e Schaeffer-Novelli (2000), pode-se observar que o impacto sofrido no presente bosque foi o descrito no item 3, onde a sedimentação sufocou as raízes respiratórias do mangue, ocasionando a morte da espécie.

Odum e Johannes (1975) após analisarem as respostas dos manguezais a tensores, concluíram que estes são muito sensíveis às trocas gasosas entre raízes e sedimento, portanto os tensores que interferissem nesses processos seriam os mais prejudiciais aos manguezais.

Menghini (2008) considera que os manguezais da Ilha de Barnabé estão sujeitos a ação de tensores agudos (acidentes ocorridos, construção de estradas e ferrovias, abertura de canais) e crônicos (efluentes industriais, esgotos urbanos e atividades portuárias), e que o conjunto destes tensores compromete seriamente a qualidade dos recursos ambientais disponíveis, interferindo diretamente nas suas características estruturais e na sua capacidade de recomposição natural, descrito no presente estudo como densidade de troncos mortos no manguezal do rio Tabatinga.

Cunha-Lignon (2001) em seu trabalho sobre dinâmica de manguezal no sistema de Cananéia-Iguape (SP) afirma que a topografia exerceu um importante papel no desenvolvimento estrutural do bosque de mangue estudado. *L. racemosa* apresentou

baixos valores de área basal total e altura média, em áreas de sedimentação recente e recém colonizadas.

No trabalho de Panitz e Porto-Filho (1995) no rio Caveiras (SC) a canalização do rio, a construção de avenidas, além de obras de infraestrutura foram tensores que alteraram toda dinâmica do fluxo das águas, vindo a comprometer o sistema. Processos importantes como os de decomposição, ciclagem e exportação de matéria orgânica do manguezais foram completamente prejudicados. Desta forma, toda teia alimentar foi afetada e, portanto, a produtividade do ecossistema, caracterizando um alto nível de degradação da vegetação.

A ação contínua de um tensor constitui um dreno constante de energia e impede que o ecossistema atinja níveis elevados de desenvolvimento (LUGO; SNEDAKER, 1974).

De acordo com a Figura 4, o tensor observado na presente análise alterou o hidroperíodo do bosque de mangue, desviando uma porção da principal fonte de energia. Este tipo de tensor afeta a porção substancial do compartimento produtor e reduz a capacidade do sistema de se recuperar (LUGO, 1980). Tendo em vista que os manguezais são sistemas abertos que dependem dos insumos contínuos de nutrientes para manter seus altos níveis de produção e funcionamento (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1983).

As marés constituem umas das energias subsidiárias mais importantes que incidem sobre as áreas de manguezais. A amplitude de maré determina a renovação das águas intersticiais e superficiais, levando consigo certa quantidade de oxigênio. Essa renovação tem papel importante no transporte, fixação e seleção de propágulos, bem como no transporte de matéria orgânica para as regiões adjacentes (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

Ball (1980), observou que o desenvolvimento estrutural de *L. racemosa* decresce ao longo do gradiente topográfico, devido às diferenças quanto à cinética dos movimentos das marés.

Coelho-Jr (2010), em estudos desenvolvidos no bosque de mangue de Cananéia, (SP) observou uma elevação topográfica no início do bosque de bacia analisado, imprimindo uma frequência de inundação menor que 62%. Foi observado ainda que a elevada topografia foi um dos principais fatores que limitaram o desenvolvimento estrutural nestas áreas, devido às baixas concentrações de nutrientes, levantando a hipótese da redução na estrutura do bosque na área adjacente a TDR-Norte.

A elevação da cota topográfica na presente análise tem impossibilitado a frequência de inundação e o aporte de nutrientes, prejudicando assim a vegetação de mangue e trazendo como consequência a mortalidade de indivíduos isolados (Figura 35).

Figura 35: Bosque de mangue impactado adjacente a TDR-Norte, Suape (PE). Observa-se árvores mortas próximo ao talude.  
Fonte: Clemente Coelho Junior.



O perfil C apresentou menor número de troncos mortos, resultado esperado tendo em vista o pouco impacto sofrido neste perfil com o assoreamento. A pequena alteração na topografia deste perfil não prejudicou a frequência de inundação nesta área, permitindo assim, a troca natural do mangue com a maré.

Outra análise importante para observar a atuação de tensores é avaliar o processo de regeneração do bosque de mangue, através da densidade de troncos vivos. Neste sentido a parcela D2 se destacou, por apresentar valores de densidade de troncos vivos bastante representativo, principalmente na classe de diâmetro  $< 2,5$ . Pode-se inferir que este elevado valor é proveniente de um processo de regeneração natural. O maior número de troncos pequenos é uma resposta do mangue a presença do tensor.

Menghini (2008), encontrou uma alta produção de propágulos em resposta à diversos tensores presentes, dentre estes, mudança no hidroperiodismo.

Como muitas florestas, os manguezais são dinâmicos, possuem crescimento contínuo e constantemente se restabelecem e se renovam. Difere das florestas terrestres principalmente pelas adaptações requerentes à sobrevivência no ambiente do entremarés. Tais adaptações fazem com que o ecossistema manguezal seja apto a ocupar, dominar e se estabilizar nestes ambientes com severas condições hidrológicas e físico-químicas, sendo essencial desta forma a presença de processos regenerativos adaptáveis, progressivos e principalmente eficientes neste ecossistema (DUKE, 2001).

Hauff (2006), afirma que perturbação é um componente integral na dinâmica da floresta de mangue, influenciando a estrutura da floresta, composição e função.

É notório que o ecossistema manguezal possui uma grande resiliência frente à ação de tensores naturais e/ou induzidos pelo homem (LUGO; SNEDAKER, 1974).

Pode-se entender resiliência como a capacidade de se recompor após uma perturbação, sendo uma adaptação em resposta à ocupação de ambientes altamente dinâmicos (regiões costeiras) e uma seleção de espécies com características que favorecem a exploração de um rico habitat (CINTRÓN; SCHAEFFER-NOVELLI, 1992).

Menghini et al (2011) observaram nos manguezais da Baixada Santista (SP) a ocorrência de regeneração natural observando a formação de pequenos fragmentos que ocupam os intervalos do dossel devido à morte das árvores adultas. Apesar disso, as lacunas são conhecidas por oferecer habitat adequado para recrutamento, uma vez que permite a passagem direta da luz solar favorecendo o crescimento, tanto reprodutivo como regenerativo.

Duke (2001) afirma que os manguezais possuem uma combinação de atributos e estratégias de crescimento que promovem sua sobrevivência, estabelecimento e regeneração em clareiras dentro do bosque, incluindo:

- abundância de propágulos com capacidade de flutuar.
- estratégias de “autoplantio” devido ao formato e ao peso dos propágulos.
- propágulos possuem grandes reservas nutritivas auxiliando a sua dispersão e estabelecimento.
- rápido crescimento de raízes e folhas pelo propágulo fixado (plântula).

- habilidade de sustentar crescimento por cerca de 2 ou 3 anos sobre dossel fechado em um “banco de plântulas”.
- intolerância à sombra, reduzindo os recursos exigidos por competidores de crescimento lento.
- forte ligação trófica com a fauna bentônica local, promovendo taxas de crescimento em altura elevadas e ganho de biomassa.

A dinâmica de todos estes fatores pode diferir em resposta, dependendo de fatores internos (espécies envolvidas) e externos (exposição a ventos e ondas).

Rogers et al. (2005) desenvolveram sua pesquisa nos bosques de mangue da Austrália. Através dos estudos das mudanças de elevação vertical e o impacto disso sobre o bosque de mangue, concluíram que a elevação no terreno se deu por acreção de sedimento na área e, por consequência, houve grande mortandade e posteriormente um aumento de recolonização no bosque, corroborando os resultados no presente estudo.

O perfil E não apresentou elevados valores de troncos vivos, sendo um dos perfis que mais apresentou impacto nas análises de densidade de troncos mortos e que mais sofreu impacto com o assoreamento, e por conseguinte, o que menos tem mostrado sinais de recuperação.

## 8 CONCLUSÕES

1. A caracterização estrutural revelou a existência de duas espécies de mangue na área, *L. racemosa* e *A. schaueriana*, porém, a dominância da primeira espécie, descreve o bosque como monoespecífico.
2. Segundo as variáveis estruturais levantadas o bosque de mangue do rio Tabatinga é maduro e apresenta um bom desenvolvimento estrutural.
3. A espécie *L. racemosa* não é indicadora de áreas alteradas, como comumente é descrita, pois compõe, no presente estudo, bosque com elevada biomassa.
4. Os resultados mostram que o bosque em questão sofreu um forte impacto pelo assoreamento, principalmente nas primeiras parcelas dos perfis adjacentes ao talude da estrada TDR-Norte.
5. Ocorreu uma relação positiva entre topografia e área basal morta nas análises estatísticas.
6. O perfil C foi o que menos sofreu impacto com o assoreamento e, portanto, foi o perfil que apresentou melhor desenvolvimento estrutural e que apresentou melhor resposta do tensor, o contrário do perfil E.
7. As alterações da hidrodinâmica do local, foram suficientes para que o bosque respondesse negativamente.
8. As variáveis estruturais são ótimas ferramentas para análise do grau de desenvolvimento dos bosques de mangue, podendo ser utilizada ainda para identificação de tensores e para o monitoramento a médio e longo prazos dos processos de regeneração e sucessão ecológica.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não é possível estimar o tempo em que as árvores morreram, sem descrever o histórico da área, e sem informações pretéritas do ecossistema. De qualquer forma é correto dizer que, baseado no conhecimento científico, a resposta aguda do mangue se deu primeiramente com a mortandade de árvores isoladas e próximas ao talude.

Como consequência do aumento da altura do solo, o impacto tornou-se crônico, com efeitos previsíveis, quanto à redução da estrutura arbórea (morte de árvores), como também com prejuízos para a dinâmica do ecossistema (fauna e flora) e sua produtividade.

É importante destacar que a restauração hidrológica iniciou-se pela desobstrução total do leito do rio Tabatinga, retirando o aterro e os bueiros instalados durante a duplicação e construção de ponte, obra realizada em meados de dezembro de 2012 pela empresa Queiroz Galvão (Figura 36).

Outra importante intervenção e que vem sendo monitorada, foi a construção de um canal artificial ligando o rio Tabatinga ao manguezal estudado, com micro canais perpendiculares adentrando ao manguezal (Figuras 37 e 38), propiciando uma restauração hidrológica parcial.

Por fim a empresa executou o plantio do talude, com espécie de gramínea utilizada para conter o solo e evitar a erosão e o lixiviamento.

Figura 36: Desobstrução do leito do rio Tabatinga, retirando o aterro e os bueiros instalados durante a duplicação e construção de ponte. Foto tirada em 19/10/2012  
Fonte: Clemente Coelho Júnior



Figura 37: Construção do canal artificial. Foto tirada em 06/12/2012  
Fonte: Clemente Coelho Júnior



Figura 38: Canal artificial. Foto tirada em 19/12/2012  
Fonte: Clemente Coelho Júnior



## REFERÊNCIAS

- ALONGI, D. M. Present state and future of the world's mangrove forests. **Environmental Conservation**, v. 29, n. 3, p. 331-349, 2002.
- ANDRADE, G. O.; LINS, R. C. Os Climas do Nordeste. In: VASCONCELOS, S. J. **As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização**. Recife, CONDEPE. p. 95- 8, 1971.
- APAC. Disponível em: < <http://www.apac.pe.gov.br> >. Acessado em: 01 de janeiro de 2014.
- ASSIS, H. M. B. Cartografia Geomorfológica do Município do Cabo de Santo Agostinho/PE. Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife, **Projeto Singre. Série Cartas Temáticas** – v. 04, p.4, 1999.
- BALL, M. C. Patterns of secondary succession in a mangrove forest of southern Florida. **Oecologia** (Berl), v.44, p. 226-235, 1980.
- BALL, M. C. Ecophysiology of mangroves. **Trees**, n.2, p.129-142, 1988.
- BERNINI, E.; REZENDE, C. E. Estrutura da vegetação em florestas de mangue do estuário do rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Bot. Bras.** v.18, n.3, p.491-502, 2004.
- BERNINI, E.; REZENDE, C. E. Variação estrutural em florestas de mangue do estuário do rio Itabapoana, ES-RJ. **Biotemas** v.23, n.1, p.49 a 60, 2010.
- BRAGA, R. A. P.; UCHOA, T. M. M.; DUARTE, M. T. Impactos ambientais sobre o manguezal de Suape-PE. **Acta Botânica Brasilica**. Anais do XL Congresso Nacional de Botânica. v.3, n.2, p. 9 a 27, 1989.
- BUNT, J. S.; WILLIAMS, W. T.; DUKE, N. C. Mangrove distributions in northeast Australia. **J. Biogeogr.** n.9, p.111-120, 1982.
- CAVALCANTI, D.B. Estudo Fitossociológico da Área do Estuário do Rio Tatuoca. Relatório Final. DB Cavalcanti – **Consultoria Ambiental**. Ipojuca, PE, Brasil. 75p. 2010.
- CINTRÓN, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Introducción a la ecología del manglar**, 1985.
- CINTRÓN, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Mangrove forests: Ecology and response to natural and man induced stressors. In: Ogden, J.C. e Gladfelter, E.H. (Eds.) **Coral reefs, seagrass beds and mangroves: Their interaction in the coastal zones of the Caribbean**. Unesco Reports in Marine Science, n.23, appendix 1, p.87-110, 1983.

- CINTRÓN, G.; SCHAEFFER-NOVELLI. Methods for studying mangrove structure, pp. 91-113. In: S. C. Snedaker ; J. G. Snedaker (eds.) **The mangrove ecosystem: Research methods**, UNESCO, Bungay, United Kingdom, 251 p. 1984.
- CINTRÓN, G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Características y desarrollo estructural de los manglares de norte y sur America. **Ciência Interamericana**, v.25, n.1-4, p.4-15, 1985.
- CINTRÓN, M. G.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Ecology and management of New World Mangroves: 233-258. In: **Coastal Plant Communities of Latin America**. Seelinger, U. (ed.). California, Academic Press. 392 p., 1992.
- COELHO-JR, C. Manguezal, desenvolvimento estrutural da cobertura vegetal ao longo de gradientes de inundação – Cananéia, Estado de São Paulo, Brasil. **Dissertação de Mestrado**, IOUSP, 108p., 1998.
- COELHO-JR, C. Ecologia de manguezais: zonação e dinâmica da cobertura vegetal em gradientes ambientais, Cananéia, São Paulo, Brasil. **Tese de doutorado**. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 166p. 2003.
- COELHO JUNIOR, C. Gradiente de inundação pelas marés e a drenagem terrestre sobre o comportamento da salinidade intersticial de bosque de mangue de Cananéia, São Paulo, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, nº especial 2 Manguezais do Brasil, 8p., 2010.
- COELHO-JR, C.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Considerações teóricas e práticas sobre o impacto da carcinicultura nos ecossistemas costeiros brasileiros, com ênfase no ecossistema manguezal. **Sustainable Use of estuaries and Mangrove: challenge and prospect**. Anais, CD ROM. Recife, Pernambuco. 2000.
- CONDEPE. **Mapa das bacias hidrográficas**. Recife, 1986. Escala 1:600.000.
- CUNHA- LIGNON.M.; ALMEIDA, R. E COELHO-JR, C. Tipos fisiográficos de bosques de mangue de Cananéia, São Paulo, Brasil. **Anais VII COLACMAR- Congresso Latino Americano sobre Ciência Del Mar**. 17-21 de outubro. Universidade Nacional de Trujillo, Peru. 614-615p. 1999.
- CUNHA-LIGNON, M. Dinâmica do manguezal no sistema de Cananéia-Iguape, estado de São Paulo-Brasil. **Dissertação de Mestrado**. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 105p. 2001.
- CUNHA-LIGNON, M. Desenvolvimento espaço-temporal no sistema costeiro Cananéia-Iguape, São Paulo, Brasil. **Tese de doutorado**. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 2005.
- DEUS, M.D.S.M.D.; SAMPAIO, E.V.D.S.B.; RODRIGUE, S.M.C.B.S.; ANDRADE, V.C.D. Estrutura da vegetação lenhosa de três áreas de manguezal do Piauí com diferentes históricos de antropização. **Brasil Florestal**, nº 78, 2003.

DUKE, C. N. Gap creation and regeneration processes driving diversity and structure of mangrove ecosystems. **Wetlands and Ecology Management**, n.9, p.257-269, 2001.

FELLER, I. C.; SITNIK, M. **Mangrove ecology: A Manual for a Field Course**. Washington, DC. 145 p., 1996.

FROMARD, F.; PUIG, H.; MOUGIN, E.; MARTY, G.; BETOULLE, J. L.; ADAMURO, L. Structure and above-ground biomass of mangrove ecosystems: new data from French Guiana. **Oecologia** v.115, p.39– 53, 1998.

GIRI C.; OCHIENG E.; TIESZEN L.; ZHU Z.; SINGH A.; LOVELAND T.; MASEK J.; DUKE N. **Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation Satellite data**. **Global Ecology and Biogeography** v. 20, p.154-159, 2010.

GOOGLE *Earth*. Programa Google Earth. Olinda - PE, Brasil. 2012.

HAUFF, R.D.; EWEL, K. C.; JACK, J. Tracking human disturbance in mangroves: estimating harvest rates on a Micronesian Island. **Wetlands Ecology and Management**, 2006.

HUTCHINGS, P.; SAENGER, P. **Ecology of Mangroves**. University of Queensiand Press.370p.,1987.

JIMÉNEZ, J. A.; LUGO, A. E.; CINTRÓN, G. Tree motality in mangrove forests. **Biotropica**, v.17, n.3, p.177-185, 1985.

LUGO, A. E. Stress and Ecosystems. p. 62-98. In: THORP, J. H.; GIBBONS, J. W. (eds.) **Energy and Environmental Stress in Aquatic Systems**. DOE. Symposium Series. National Technical Information Service, Springfield, USA., 1978.

LUGO, A. E. Mangrove ecosystem: Sucessional or steady-state? **Biotropica**. v.12, p. 65-72, 1980.

LUGO, A. E.; SNEDAKER, S. C.The ecology of mangroves.**Rev. Ecol. Syst.** v.5, p. 60, 1974.

MACIEL, N.C. Alguns aspectos da ecologia do manguezal.*In*: CPRH, 1991. Alternativas de uso e proteção dos manguezais do Nordeste. Recife, Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração do Recursos Hídricos. **Série Publicações Técnicas**, n.3, p.9-37, 1991.

MARTINS, P. T. A.; COUTO, E. C. G.; DELABIE, J. H. C. Fitossociologia e Estrutura Vegetal do Manguezal do Rio Cururupe, Ilhéus, Bahia, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**. 7 p. 2011.

MCIVOR, A.; SPENCER, T.; MÖLLER, I.; SPALDING, M. The response of mangrove soil surface elevation to sea level rise. **Natural Coastal Protection Series** ISSN 2050-7941, 2013

- MEDEIROS, T. C. Produtividade e biomassa das espécies arbóreas do manguezal do estuário do rio Paripe, em Vila Velha, Itamaracá - PE. **Dissertação de Mestrado**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1996.
- MEIRELES, M.; SAMPAIO, E.; RODRIGUEZ, S.; ANDRADE, V. Estrutura da vegetação lenhosa de três áreas de manguezal do piauí com diferentes históricos de antropização, **Acta Botanica Brasilica**. p.21. 2003.
- MENGHINI, R. P. Ecologia de Manguezais: Grau de Perturbação e Processos Regenerativos em Bosque de Manguê da Ilha Barnabé, Baixada Santista, São Paulo, Brasil. **Dissertação de Mestrado** – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo. 19 p. 2004.
- MENGHINI, R. P. Dinâmica da recomposição natural em bosques de mangue impactados: Ilha Barnabé (Baixada Santista), SP, Brasil. **Tese (Doutorado em Oceanografia)**. Universidade de São Paulo- SP, 2008.
- MENGHINI, R. P.; COELHO-JR, C.; ROVAI, A.S.; CUNHA-LIGNON, M.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y; CINTRÓN, G. Massive mortality of mangrove forests in Southeast Brazil (Baixada Santista, State of São Paulo) as a result of harboring activities. **Journal of Coastal Research**, Special Issue 64, ISSN 0749-0208, 2011.
- MMA. Gerência de Biodiversidade Aquática e Recursos Pesqueiros. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil (APL. Prates, MA Gonçalves, and MR Rosa, Eds.)**. MMA/SBF/GBA, Brasília, 2010.
- NASCIMENTO FILHO, G.A. Desenvolvimento estrutural e padrão de zonação dos bosques de mangue do rio Ariquindá, Baía de Tamandaré, Pernambuco. **Dissertação de Mestrado**-Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. Recife. p.82. 2007.
- ODUM, H. T. Work circuits and system stress. *In*: H. E. Young (ed.). **Symposium on Primary Productivity and Mineral Cycling in Natural Ecosystems**. Univ. of Marine Press. Orono. Maine. p 81-138. 1967.
- ODUM, W.E.; JOHANNES, R.E. The response of mangroves to man induced environmental stress. *In*: FERGUSON WOOD, E.J., JOHANNES, R.E.(eds) **Tropical marine pollution**. Elsevier, Amsterdam, pp.52-62, 1975
- PANITZ, C.M.N; PORTO FILHO, E. O manguezal do rio Caveiras, Bigraçú, SC um estudo de caso. Iv: Principais tensores e capacidade de recuperação do ecossistema. **Oecologia Brasiliensis**. Instituto de Biologia- UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 1995
- PEDERSEN, B.S. Modeling tree mortality in response to short- and long-term environmental stresses. **Ecological Modelling**, p. 347–351, 1997
- PEREIRA, S. B. Aspectos ecológicos de áreas de manguezais em Pernambuco. **ANAIS da 45ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**. Universidade Federal de Pernambuco. p.885. 1993

PETRI, D.J.C.; BERNINI, E.; SOUZA, L.M.D; REZENDE, C.E. Distribuição das espécies e estrutura do manguezal do rio Benevente, Anchieta, ES. **Biota Neotrop.**, vol. 11, no. 3, 2011

ROGER, K.; SAINTILAN, N.; CAHOON, D. Surface elevation dynamics in a regeneration mangrove forest at Homebush Bay, Australia. **Wetlands Ecology and Management**, 13: 587-598. 2005

SAENGER, P.; HEAGERL, E. J.; DAVIE, J. D. S. **Global status of mangrove ecosystems.** Environmentalist, 3 (Supl.3): 1-88. 1983

SCHAEFFER-NOVELLI, Y; CINTRÓN, G. Guia para estudo de áreas de manguezal, estrutura, função e flora. **Caribbean Ecological Research.** São Paulo, 150p. + 3 apêndices.1986.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; PERIA, L. C. S.; MENEZES, G. V.; GRASSO, M.; SOARES, M. G. L.; TOGNELLA, M. M. P. Manguezais Brasileiros, Caravelas Estado da Bahia. **Anais do III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira.** Pub. ACIESP, 87 (1): 324-332. 1994.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y., Manguezal: Ecossistema entre a Terra e o Mar. **Caribbean Ecological Research**, São Paulo, 64 p. 1995

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRON-MOLERO, G.; SOARES, M. L. G. e DE-ROSA, M. T. Brazilian Mangroves. *Aquat. Ecosist. Health. And Manag.* 3 (2000) 561-570. 2000

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezal: ecossistema que ultrapassa suas próprias fronteiras. *In: Congresso Nacional de Botânica*, 53., 2002, Recife, p. 34-37. 2002.

SEMENIUK, V. Mangrove distribution in the northwestern Australia in relationship to regional and freshwater drainage. **Vegetatio.** v. 53, p. 11-31, 1983.

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 Brasilica.** v.19, n.3, p. 465-471, 2005.

SOUZA, M. M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. Variação Temporal da Estrutura dos Bosques de Mangue de Suape - PE após a Construção do Porto. **Acta Botânica Brasilica.** v.15, n.1, p. 1- 12, 2001.

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

SOARES, M. L. G.. Estrutura vegetal e grau de perturbação dos manguezais da Lagoa da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Rev. Bras. Biol.**, São Carlos, v.59, n.3, 1999.

SUAPE. Disponível em: <<http://www.suape.pe.gov.br/institutional/historic.php> >. Acessado em: 10 de novembro de 2012.

SUAPE. Estudo fitossociológico da área do estuário do rio Tatuoca. Contrato no 088/2010. DB Cavalcanti - Consultoria Ambiental. Ipojuca, Novembro de 2010. 75p + anexos. 2010.

WELLS, A. G. Mangrove vegetation of northern Australia. In: COUGH, B.F. (ed.). **Mangrove ecosystem in Australia structure, function and management**. University Press.p. 57-78. 1982.