JÚLIO AUGUSTO DE CASTRO PELLEGRINI

**CARACTERIZAÇÃO DA PLANÍCIE HIPERSALINA
(APICUM) ASSOCIADA A UM BOSQUE DE MANGUE
EM GUARATIBA, BAÍA DE SEPETIBA,
RIO DE JANEIRO - RJ**

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências, área de Oceanografia Biológica.

Orientador: Prof. Dr. Yara Schaeffer-Novelli

São Paulo

2000

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO OCEANOGRÁFICO**

**CARACTERIZAÇÃO DA PLANÍCIE HIPERSALINA (APICUM) ASSOCIADA
A UM BOSQUE DE MANGUE EM GUARATIBA, BAÍA DE SEPETIBA, RIO
DE JANEIRO – RJ**

JÚLIO AUGUSTO DE CASTRO PELLEGRINI

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo,
como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ciências, Área
Oceanografia Biológica

APROVADA EM ____/____/____ POR:

Prof.Dr. Yara Schaeffer-Novelli
Prof. Dr. no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo

Dr. Gilberto Cintrón-Molero
Coord. Prog. Hemisfério Ocidental do Serviço de Proteção a Pesca e Vida Silvestre do
Departamento de Interior dos Estados Unidos da América do Norte

Prof. Dr. Mário Luiz Gomes Soares
Prof. Dr. no Depto. de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro

"Uma vida de homem só se justifica pela busca, mesmo desafortunada, de melhor compreender. Quanto mais compreendo, mais amo, porque tudo que se compreende está certo."

Louis Pauwels

AGRADECIMENTOS

Aos Profs. Drs. Yara Schaeffer-Novelli e Mário Luiz Gomes Soares, pela confiança em nosso trabalho, pelas oportunidades criadas ao longo desses anos e pelas referências que representam, incentivando-nos a seguir "as trilhas do manguezal";

A Yara, "mãezona" desde a catapora em Bragança até as correções desse trabalho. Obrigado pela força nos momentos mais difíceis.

Ao Mário, por me ensinar a "linguagem" dos manguezais e da vida. Numa época tão carente de referenciais, sua postura e seu caráter me ajudam a acreditar.

A Prof. Dr. Izabel Maria Gonçalves do Nascimento Gurgel, pelo incentivo e atenção dispensados ao longo de nossa trajetória na Oceanografia;

Ao Prof. Hélio Weliger pela disponibilidade e paciência na confecção dos mapas;

A Prof. Dr. Sílvia Dias Pereira, que disponibilizou o Laboratório de Ocn. Geológica, viabilizando as análises granulométricas;

A Prof. Hilda, pela acolhida como orientado em meu ingresso no Mestrado;

Ao Ocn. Fabio Moreira Corrêa, pela incansável e permanente ajuda nos trabalhos de campo. A você, companheiro de graduação, estágio, mestrado, coletas, viagens, grandes "roubadas" e curtições, só posso dizer, além de agradecer a parceria, que outras tantas ainda virão!!

Aos estagiários e amigos Felipe, Viviane e Carlos Milton, companheiros de inúmeras insolações no apicum e infundáveis análises de laboratório, VALEU A FORÇA!

Aos amigos do BIOMA, Clemente, Mônica, Adriana & Elena (sem H), Geórgia, Yarinha, Ana Margarida, Marília, Renato e Pedro, pela convivência, conversas, histórias e piadas que tornaram inesquecíveis os tempos de São Paulo;

Aos amigos do I.O., contemporâneos ou não. Espero que ainda tenha alguma cerveja gelada!!

Aos inúmeros alunos do curso de graduação em Oceanografia da UERJ, entre eles Edísio, Décio, Patrícia, Zeca, Carlos German, Alexandre, Orjana, Marcelo, Luciana, Anderson que me ajudaram nos trabalhos de campo;

A Ocn. Ana Margarida Marques Portugal, pela edição dos mapas da área de estudo e auxílio nos trabalhos de campo;

Aos meus primos-irmãos, Gustavo e César, pela ajuda na editoração desse trabalho, mas sobretudo pela maneira "descolada" com que encaram a vida;

Aos meus grandes amigos-irmãos, José Luiz, Maurício, Will e Aluizio, por nossas andanças. Encontrá-los é sempre uma alegria!!!

Aos meus pais, base de minha formação, por me fazerem acreditar em sonhos, por me acolher nos tropeços, pelo inestimável valor que representam em minha caminhada. Amo vocês!!!

A meus irmãos Mônica e Val, antes de mais nada por serem o que são, pelo bom - senso e alegria com que encaram a vida. Além disso, pelas calorosas recepções em minhas passagens, curtas e longas, por São Paulo. A você Mana, MUITA PAZ. A você Val, TRANQUILIDADE e.... FORÇA AO TIMÃO!!!!

A meus irmãos Flávio e Cris, pela força, coragem e capacidade que têm. Obrigado por estarem comigo. A vocês, Harmonia e FILHOTES!!!!

Ao meu irmão Thiago, pela companhia gostosa, por sua coragem e sua amizade. A você, little brother, Muita Luz nos caminhos da vida!!

A Querida Lu, pela paciência, compreensão, amor e carinho. Nos momentos difíceis, a tua presença trás paz. Nos bons, harmonia. Que nossa caminhada seja assim, só AMOR!!!

Ao Departamento de Oceanografia da UERJ, em especial à de Oceanografia Geológica, pela logística oferecida ao trabalho, sem a qual seria impraticável a realização deste trabalho;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de Mestrado;

No despertar dessas páginas, poucas não foram as emoções e lembranças que tomaram forma. Outras tantas, necessitam de mais tempo para fazê-lo, de modo que faço por fim, mas não por último os agradecimentos a essas pessoas, não menos importantes à realização do trabalho.

Resumo

Planícies hipersalinas são conhecidas em várias partes do mundo, por vezes intimamente associadas a manguezais. No Brasil são registradas do Pará a Santa Catarina, descontinuamente, por todo o litoral. Representam reservatórios de nutrientes e zonas de retração de bosques de mangue, no caso de elevação do nível médio do mar, merecendo maior atenção no que diz respeito ao manejo da zona costeira. No presente estudo, foi realizado monitoramento da salinidade da água intersticial, levantamento micro-topográfico, análise granulométrica, caracterização estrutural do bosque de mangue associado e, levantamento dos dados climatológicos da região, tendo como objetivo definir os processos de formação e manutenção dos apicuns de Guaratiba. Os resultados indicam que a estrutura vegetal varia de acordo com o gradiente de inundação pelas marés, diminuindo à medida em que se afasta do corpo d'água - rio Piracão. Os valores médios de salinidade podem ser reunidos em 03 grupos distintos: interior do bosque de mangue, apicum com cobertura de *Salicornia gaudichaudiana* e apicum. A micro-topografia da área é variável, com pequenos canais que favorecem a colonização por *A. schaueriana* e elevações, onde é maior o acúmulo de sais. O clima apresentou variações interanuais, embora com presença de estações secas. A extensão dos apicuns deve-se à freqüente ocorrência de marés meteorológicas, podendo ter sido influenciada por retificações e drenagens dos pequenos rios e canais que cortam a região.

Palavras-chave: planície hipersalina, apicum, manguezal, *Salicornia gaudichaudiana*, Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro

ABSTRACT

Salt flats are to be found in many different parts of the world, often associated with mangrove swamps. This is the case of the Brazilian shoreline from Pará, in the north, to Santa Catarina, in the south, although they are not continuous. They may be considered as nutrient reservoirs and as retraction zones for mangrove in the case of sea level rise and as such must be considered of great importance in the management of the coastal zone. In the present study, monitoring of the salinity of the interstitial waters was carried out over a period of two years. A micro-topographical survey, granulometric analysis, surveys of the structural characteristics of the associated mangrove areas and of the climate data of the region were included in the study with the objective to define the processes of formation and maintenance of the Sepetiba Bay salt flats. Results indicate that vegetation structure varies with the gradient of tidal inundation, decreasing landward. Interstitial water salinity measurements can be placed in three distinct groups: the mangrove grove itself, salt flat with *Salicornia gaudichaudiana* and salt flat. The micro-topography of the area varies considerably with small channels which favour colonization by *Avicennia schaueriana* and micro-mounts where the salt concentration is higher. The climate presents inter-annual variations, but always exhibiting dry seasons. The extension of salt flats is due to the frequency of meteorological tides associates with rectification and drainage of small rivers and channels which are to be found throughout the region.

Key-words: Salt flat, mangrove, *Salicornia gaudichaudiana*, Sepetiba Bay, Rio de Janeiro

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABELAS.....	XIII
1. INTRODUÇÃO	01
1.1 REGISTROS DE APICUNS NO BRASIL.....	08
2. OBJETIVOS	11
3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	12
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
4.1 DEFINIÇÃO DA TRANSVERSAL.	19
4.2 DETERMINAÇÃO DAS AMOSTRAGENS.....	21
4.3 COLETAS DE AMOSTRAS PARA DETERMINAÇÃO DA SALINIDADE	21
4.4 CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA VEGETAL.....	22
4.5 LEVANTAMENTO DA MICRO - TOPOGRAFIA	25
4.6 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA	32
4.7 ANÁLISE DOS DADOS CLIMATOLÓGICOS	34
5. RESULTADOS	40
5.1 CLIMA.....	40
5.2 MICRO-TOPOGRAFIA.....	47
5.3 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	55
5.4 SALINIDADE.....	63
5.5 CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA VEGETAL DO BOSQUE DE MANGUE	71
6. DISCUSSÕES.....	79
7. CONCLUSÕES	92

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Esquema da teoria para formação de apicuns proposta por Cintrón <i>et al.</i> (1978).....	04
Figura 02: Mapa da área de estudo.....	13
Figura 03: Fotografia aérea destacando a área de estudo.....	14
Figura 04: Fotografia aérea detalhando a área de estudo.....	14
Figura 05: Localização esquemática das estações de amostragem.....	19
Figura 06: Localização esquemática do levantamento micro-topográfico.....	27
Figura 07: Mapa de posicionamento de um canal de maré.....	30
Figura 08: Mapa de posicionamento do apicum.....	31
Figura 09: Balanço hídrico para o período de 1984 a 1998.....	41
Figura 10: Balanço hídrico para o ano de 1996.....	41
Figura 11: Balanço hídrico para o ano de 1997.....	42
Figura 12: Diagrama Climático para o período entre 1984 – 1998.....	43
Figura 13: Diagrama Climático para o ano de 1996.....	44
Figura 14: Diagrama Climático para o ano de 1997.....	44
Figura 15: Relação entre precipitação e evaporação no período 1984 a 1998.....	45
Figura 16: Relação entre precipitação e evaporação para o ano de 1996.....	46
Figura 17: Relação entre precipitação e evaporação para o Ano de 1997.....	46
Figura 18: Perfil Microtopográfico do Bosque de Mangue com destaque para as estações do monitoramento.....	47
Figura 19: Perfil Microtopográfico do Apicum com destaque para as estações do monitoramento.....	48
Figura 20: Detalhamento do perfil microtopográfico observado no Apicum.	49
Figura 21: Perfil Microtopográfico do Banco perene de <i>Salicornia gaudichaudiana</i>	50
Figura 23: Mapa de relevo de um canal de maré.....	53
Figura 24: Mapa de relevo do apicum.....	54
Figura 25: Porcentagem de Matéria Orgânica, em Superfície e Fundo, nas Estações localizadas no Bosque.....	55

Figura 26: Percentagem da fração de Finos, em Superfície e Fundo, ao longo das estações de amostragem.	57
Figura 27: Porcentagem de Matéria Orgânica, Carbonatos e Fração Grosseira em Superfície nas Estações do Bosque.....	58
Figura 28: Porcentagem de Matéria Orgânica, Carbonatos e Fração Grosseira, na camada de Fundo, para as Estações do Bosque.....	59
Figura 29: Porcentagem de Matéria Orgânica, Carbonatos e Fração Grosseira em Superfície nas Estações de Mancha de <i>Salicornia gaudichaudiana</i> e microcanal (21)	59
Figura 30: Porcentagem de Matéria Orgânica, Carbonatos e Fração Grosseira, na camada de fundo, para as Estações de Mancha de <i>Salicornia gaudichaudiana</i> e microcanal (21).	60
Figura 31: Porcentagem de Matéria Orgânica, Carbonatos e Fração Grosseira, em Superfície, para as estações de Apicum vivo.....	61
Figura 32: Porcentagem de Matéria Orgânica, Carbonatos e Fração Grosseira, na camada de fundo, nas estações de Apicum vivo.....	61
Figura 33: Porcentagem de Matéria Orgânica, Carbonatos e Fração Grosseira, em Superfície, nos pares de estações do Apicum.....	62
Figura 34: Porcentagem de Matéria Orgânica, Carbonatos e Fração Grosseira, na camada de fundo, nos pares de estações do Apicum.....	63
Figura 35: Médias, desvios e erros padrões da salinidade da água intersticial, para cada estação do monitoramento.	65
Figura 36: Dendograma de agrupamento UPGMA das estações de amostragem da salinidade da água intersticial.	67
Figura 37: Dendograma de agrupamento WPGMA, para o 1º ano do monitoramento da salinidade da água intersticial, para as estações do apicum	67
Figura 38: Dendograma de agrupamento WPGMA para o 2º ano do monitoramento da salinidade da água intersticial, para as estações do apicum	68
Figura 39: Dendograma de agrupamento por comparação completa, para o 1º ano de monitoramento da salinidade da água intersticial, para as estações de <i>Salicornia gaudichaudiana</i>	68
Figura 40: Dendograma de agrupamento por comparação completa, para o 2º ano de monitoramento da salinidade da água intersticial, para as estações de <i>Salicornia gaudichaudiana</i>	69

Figura 41: Dendograma de agrupamento por comparação simples, para o 1º ano do monitoramento da salinidade da água intersticial, para as estações do bosque	69
Figura 42: Dendograma de agrupamento por comparação simples, para o 2º ano de monitoramento da salinidade da água intersticial, para as estações do bosque	70
Figura 43: Área Basal das parcelas, em porcentagem, por classes de DAP.....	72
Figura 44: Área Basal das parcelas, em porcentagem, por espécies.....	75
Figura 45: Relação entre Intensidade Energética e Área de Vulnerabilidade.	79
Figura 46: Relação genérica entre a frequência de inundação pelas marés e a ocorrência de bosques de mangue ou de apicuns.....	80
Figura 47: Relação entre as médias de altura do bosque e de salinidade da água intersticial.....	82

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela I: Relação entre o tempo de pipetagem e as classes de grãos em função da temperatura ambiente. (Adaptado de Suguio, 1973)	34
Tabela II: Tipos climáticos e os respectivos índices de umidade.....	36
Tabela III: Tipos climáticos, suas subdivisões, características e os respectivos índices de aridez (Ia) e umidade (Ih).	37
Tabela IV: Tipos climáticos e Intervalos de Evapotranspiração Potencial Anual.	38
Tabela V: Concentração da Eficiência Térmica do Verão e respectivos Sub-tipos Climáticos.....	38
Tabela VI: Porcentagens de Matéria Orgânica, Carbonatos, Fração Grosseira e Fina, em superfície e fundo ao longo das estações de amostragem.....	56
Tabela VII: Resultados do monitoramento da salinidade da água intersticial, para cada estação, com as respectivas médias.....	64
Tabela VIII: Área Basal Viva e Morta (m ² /ha), por classes de DAP (cm), para cada zona caracterizada.....	71
Tabela IX: Características Estruturais para cada zona do bosque: indivíduos vivos / hectare, altura média e DAP médio.	73
Tabela X: Porcentagem de Área Basal, por espécie e condição, para cada estação.....	74
Tabela XI: Troncos Vivos e Mortos, por Classes de DAP, por Espécies, para cada estação.....	76
Tabela XII: Valores de salinidade média, porcentagens de matéria orgânica, carbonatos e a fração grosseira do sedimento, para superfície e fundo, ao longo das estações de amostragem do bosque.	77

1. INTRODUÇÃO

Manguezais são ecossistemas costeiros, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característicos das regiões tropicais e subtropicais, estando sujeitos ao regime das marés. Constituem-se de espécies vegetais lenhosas típicas (angiospermas), além de micro e macroalgas (criptógamas), adaptadas à flutuação de salinidade e caracterizadas por colonizarem sedimentos predominantemente lodosos, com baixos teores de oxigênio (Schaeffer-Novelli, 1995).

Ocorrem em regiões costeiras abrigadas e apresentam condições propícias para alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies animais, sendo considerados como importantes transformadores de nutrientes em matéria orgânica e geradores de bens e serviços (Schaeffer-Novelli, 1995).

Walsh (1974) refere-se a algumas características básicas para o pleno desenvolvimento dos manguezais, a saber:

- Temperatura média do mês mais frio superior a 20°C e, amplitude térmica anual inferior a 5°C;
- Substrato aluvial (lamoso);
- Precipitação pluvial acima de 1500 mm/ano, sem longos períodos de seca;
- Grande amplitude de marés.

Tomando-se por base a relação do homem com o manguezal, pode-se dizer que os usos diretos deste ecossistema não são tão numerosos (Lugo & Snedaker, 1974), salvo determinadas regiões do globo. Entretanto, no que se refere às funções indiretas, ou seja, aquelas em que o homem é beneficiado indiretamente, destacam-se não apenas a riqueza destas, mas também o fato de que, muitas delas, são específicas a este sistema, o que por si só tem destacada relevância na preservação da biodiversidade funcional.

Dentre os usos diretos, destacam-se: pesca artesanal; extração de madeira para uso como lenha, mourões, cercados, produção de carvão; extração de tanino das cascas das árvores; coleta de caranguejos, siris, ostras, sururus, mariscos; produção de mel; exploração de epífitas como

bromélias e orquídeas para comercialização; utilização no turismo ecológico, como fonte de recreação e lazer. (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1981; Saenger *et al.*, 1983; Rebelo *et al.*, 1984; Grasso *et al.*, 1991; Saenger & Bellan, 1995)

Com relação às funções ecológicas dos manguezais, pode-se destacar:

- Proteção da linha de costa evitando a ação erosiva das marés, tempestades e furacões (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1981; Saenger *et al.*, 1983; Patterson, 1986; Mazda *et al.*, 1997);
- Refúgio para inúmeras espécies marinhas e estuarinas, que encontram abrigo para reprodução, alimentação e desenvolvimento das formas juvenis (Teas, 1977; Saenger *et al.*, 1983);
- Representam a base de inúmeras cadeias alimentares detriticas, das águas costeiras adjacentes, devido às altas taxas de produção de detritos (Snedaker, 1978; Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1981; Saenger *et al.*, 1983).

No Brasil, os manguezais distribuem-se desde o extremo norte do Amapá, a 04°20' de latitude norte, até o Município de Laguna-SC, a 28°30' de latitude sul (Schaeffer-Novelli, 1989). A área ocupada por manguezais em território brasileiro foi estimada por Saenger *et al.*, (1983) em 25.000 Km².

Segundo Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986), a costa brasileira apresenta 07 espécies típicas de mangue, pertencentes a 04 gêneros distintos: *Rhizophora mangle*, *R.harrisonii*, *R.racemosa*, *Avicennia schaueriana*, *A.germinans*, *Laguncularia racemosa* e, *Conocarpus erecta*. Cabe ressaltar que o gênero *Conocarpus*, a partir de Tomlinson (1986), não é considerado como espécie típica de mangue.

Devido ao fato de estarem os manguezais na faixa intermareal, em algumas áreas podem vir a ocorrer condições de hipersalinidade do sedimento.

Fosberg (1961, *apud* Paling, 1986) observou que a ocorrência de zonas sem vegetação, na faixa entremarés adjacente a manguezais em costas secas, na Austrália, Equador, El Salvador e Honduras, estava associada à grande amplitude das marés e ao clima seco, ou estacionalmente seco. Essas zonas seriam o resultado da interação entre períodos de inundação e secas

extremas, causando acúmulos de sal que excedem a tolerância dos mangues e arbustos halófilos.

Segundo Zack & Román-Mas (1988), nas áreas onde a inundação pelas marés é o principal aporte de água, as altas temperaturas e a radiação solar resultam em altas taxas de evaporação, combinadas com uma menor entrada de água doce e uma reduzida frequência de inundação pelas marés, originar-se-ão condições hipersalinas. A concentração de sais no sedimento será maior que o grau de tolerância da maioria das espécies vegetais.

Essas áreas, banhadas somente pelas marés de sizígia e sendo em grande parte desprovidas de vegetais vascularizados, são denominadas de planícies hipersalinas ou, segundo a língua indígena, apicuns (Dias Brito *et al.*, 1982).

Santos *et al.* (1996) ressaltam que o uso comum do termo apicum, ao contrário de seu uso acadêmico, nem sempre está associado a planícies hipersalinas. Segundo aqueles autores, os pescadores do Maranhão utilizam o termo apicum para qualquer trecho árido e/ou sem vegetação entre o manguezal e o ambiente terrestre.

Da mesma forma, os pescadores da região de Cananéia, no estado de São Paulo, embora utilizem o termo apicum, não o associam a hipersalinidade do sedimento.

Cintrón *et al.* (1978a e 1978b) descreveram padrões de fixação e desenvolvimento de ilhas de mangue em uma região de clima árido ou semi-árido, com reduzido aporte fluvial, baixas taxas de precipitação (em torno de 1.000mm/ano), altas taxas de evaporação potencial (>1.900mm/ano) e amplitude de marés de 0,3 metros.

De acordo com o modelo haveria, inicialmente, a colonização de um banco sedimentar por propágulos de *Rhizophora*, formando um bosque monoespecífico. A colonização por *Rhizophora* se deve ao fato de que, nesta etapa, o hidrodinamismo ainda é relativamente intenso, de modo que são estes propágulos os que possuem melhores adaptações à fixação.

A partir daí, de acordo com o desenvolvimento do bosque, haveria o concomitante desenvolvimento do banco, tanto em largura quanto em altura. Este aumento reduziria a frequência de inundação pelas marés nas regiões internas e, conseqüentemente, aumentaria a salinidade da água intersticial,

levando à colonização por indivíduos de *Avicennia sp.*, melhor adaptados a esta nova situação.

À medida em que este processo seja contínuo, haveria formação de áreas cada vez mais salinas que impossibilitariam o pleno desenvolvimento do bosque de mangue, de modo que este reduziria sua estrutura e, posteriormente, tais condições de salinidade chegariam a valores tão elevados que as árvores morreriam e as planícies ou lagunas hipersalinas começariam a se desenvolver (figura 01).

Cintrón *et al.* (*op cit.* a e b) destacam que qualquer uma das etapas do modelo varia em função tanto do tamanho dos bancos colonizados, pelo grau de perturbação exercido pelo homem (corte, alterações na drenagem etc.), como por forças naturais, destacando que furacões e ressacas parecem ser os únicos mecanismos naturais capazes de reverter processos de hipersalinização do sedimento.

Figura 01 - Esquema da teoria para formação de apicuns proposta por Cintrón *et al.* (1978).

Baltzer (1982) afirma que a evolução morfológica dos manguezais é dependente de suas condições hidrológicas as quais, por sua vez, são em grande parte regidas pelo clima. A partir deste equilíbrio, que também leva em consideração a granulometria do sedimento, a amplitude das marés, a topografia e as interações geoquímicas, poderia vir a ocorrer formação de áreas com hipersalinidade no sedimento, em regiões de clima tropical com alternância de estações úmidas e secas. Dessa forma, sob clima regular ou ocasionalmente árido, a salinidade ultrapassa os limites de tolerância das árvores de mangue, de modo que a ocupação torna-se efetiva por halófitas herbáceas.

O mesmo autor destaca que altos valores de salinidade para as áreas interiores do manguezal seriam explicados pela formação de bermas ou mesmo pelo fechamento de canais de menor calibre (pequenas gamboas). Ambos os casos ocorreriam devido a processos naturais de deposição sedimentar que reduziriam drasticamente a frequência de inundação pelas marés.

Blasco (1984) afirma que baixas taxas de precipitação associadas a elevadas taxas de evaporação propiciam condições hipersalinas em planícies costeiras, ressaltando que o conhecimento aprofundado das condições bioclimáticas, para cada bosque de mangue, representa informação ecológica fundamental na compreensão da maior parte dos problemas relacionados à biologia das plantas de mangue. Dessa forma, as chuvas tornam-se fatores abióticos determinantes nas áreas de manguezal.

Leeuw *et al.* (1991) colocam que a partir de duas premissas básicas quais sejam, a influência exercida pela precipitação em processos desenvolvidos em ambientes terrestres, e a menor influência sobre os processos ocorrentes no infra-litoral; deve haver algum ponto da região entremarés onde sua influência, ou seja, a influência do clima diminui. Dessa forma, variações na salinidade do sedimento seriam o principal fator que relaciona a precipitação com o comportamento dos ecossistemas na região entremarés, influenciando nas taxas de produção e decomposição das halófitas.

Os mesmos autores destacam que a partir do nível médio de preamar, é o clima que define a salinidade do sedimento, de modo que a elevação de um ponto de amostragem qualquer deve ser considerada como a principal determinante da influência das condições climáticas na salinidade do sedimento. Sendo assim, é a frequência, mais que a duração de inundação, o fator que determina o impacto do clima na salinidade do sedimento, de modo que quanto maior a frequência das inundações, menor é a influência das condições climáticas.

Nascimento *et al.*(1993) ressaltam que o apicum representa estágio evolutivo do ecossistema manguezal e, como tal, tem função de reservatório de nutrientes, disponibilizados pela lavagem das marés ou pelas chuvas, sendo que o revolvimento do sedimento gerado pela ação dos caranguejos facilita este processo.

Outra função do apicum destacada pelos mesmos autores, seria a de abrigo para comunidades de caranguejos (principalmente do gênero *Uca*), que ficariam entocadas no sedimento durante os períodos de seca mais marcados, passando a transitar pela superfície quando as condições se tornam menos severas.

Paling (1986), Paling *et al.*(1989) e Paling & McComb, (1994), estudando a ocorrência e a função de algas cianofíceas como fixadoras de nitrogênio em planícies hipersalinas do Noroeste da Austrália, afirmam que estas algas poderiam liberar quantidades significativamente grandes de nutrientes, principalmente nitrogênio na forma particulada. Desse modo, através dos fluxos superficiais e sub-superficiais de vazantes de maré ou de chuvas intensas, este aporte de nutrientes chegaria ao manguezal e, dependendo da intensidade dos fluxos, chegaria até as águas costeiras adjacentes.

Entretanto, esses mesmos autores colocam que a fixação de nitrogênio, no sistema, pode não ser suficiente para fazer frente às exportações, sugerindo a existência de fontes externas, tanto de nitrogênio quanto de fósforo, para que a biomassa algal seja mantida.

No caso de uma elevação do nível médio relativo do mar, os apicuns seriam de extrema importância para os manguezais, pois representariam zona de retração para estes. Além disto, discute-se a função dos apicuns como zona

tampão dos manguezais, minimizando a influência de fatores externos ao ecossistema, dessa forma contribuindo para sua manutenção(Dr.Mário Luiz Gomes Soares, docente do Departamento de Oceanografia e Hidrografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, oceanógrafo com amplos conhecimentos no ecossistema manguezal, em 14/06/98, através de comunicação pessoal).

Tendo em vista que não há um padrão único na formação de planícies hipersalinas, cabe ressaltar o modelo de “assinatura energética” proposto por Lugo (1980), segundo o qual cada bosque tem sua própria identidade, uma vez que responde a uma combinação única de forçantes energéticas.

Lugo & Snadaker (1974) afirmam que por serem os manguezais ecossistemas abertos, no que diz respeito a energia e a matéria, seu manejo e conservação tornam-se complexos, pois não há fronteiras precisas que os distingam dos ecossistemas adjacentes.

Cintrón *et al.*(1978a) sugerem que a gestão dos manguezais deve considerar as águas costeiras adjacentes e as planícies hipersalinas como parte do ecossistema manguezal e não como ecossistemas distintos, ressaltando que falhas neste reconhecimento podem resultar em usos incorretos do solo, que afetariam a expansão normal dos manguezais.

Nascimento *et al.*(1993) destaca que o pouco ou nenhum reconhecimento da importância dos apicuns para o sistema manguezal gera discussões infundadas quanto a sua utilização, de modo que apenas após monitoramento das variáveis envolvidas no equilíbrio deste sistema, poder-se-ia viabilizar um provável uso e ocupação racionais.

Baseado no exposto, torna-se de grande valia a caracterização das forçantes energéticas atuantes na planície litorânea de Guaratiba, pois a pressão de ocupação exercida sobre a região, associada à imprecisão da legislação brasileira, no que diz respeito à proteção dos apicuns, gera dificuldades no manejo dessas áreas, podendo levar a uma gestão inadequada do sistema, comprometendo a manutenção e funcionamento do mesmo.

1.1 REGISTROS DE APICUNS NO BRASIL

No litoral brasileiro são encontrados apicuns associados a manguezais desde a Ilha de Santa Catarina, até o Estado do Pará. Apesar disso, deve-se destacar que são muito poucos os trabalhos que tratam especificamente desse tema, de modo que na maioria dos casos, os apicuns são apenas citados no texto.

Na Ilha de Santa Catarina, Santos & Araújo (1987) registraram a ocorrência de áreas desprovidas de vegetação, em zonas de médio litoral que, embora em região de clima úmido e com precipitações regulares ao longo do ano, as planícies são atingidas apenas pelas preamares de sizígia. Entretanto, afirmam que não ocorre hipersalinidade da água capilar, além do fato de a vegetação circundante a estas áreas ser estruturalmente desenvolvida, muito embora apresentem distintos regimes de inundação pelas marés, bem como diferentes padrões de evolução.

Pires (1994) registrou a ocorrência de áreas de apicum na Área de Proteção Ambiental de Guapimirim, na Baía de Guanabara, no Estado do Rio de Janeiro. Cabe ressaltar que a APA de Guapimirim, que compreende faixa de manguezal com aproximadamente 70 km², corresponde à mais importante área de manguezal do Estado do Rio de Janeiro.

Um dos poucos estudos que tratam apicuns de forma aprofundada foi desenvolvido por Schaeffer-Novelli *et al.* (1994), que registraram uma grande área de apicum no limite superior de um bosque de franja em Barra do Tomba, canal que divide o Pontal Sul da Ilha da Cassomba, Município de Caravelas, no sul do Estado da Bahia.

A região apresenta temperatura média anual de 23,6°C, com amplitude térmica de 4,9°C; precipitação média anual de 1728,8 mm, tendo picos de precipitação em novembro e abril, 239,0 e 217,9mm respectivamente e queda acentuada em agosto, com 80,7 mm; nível médio da maré entre 80 e 112 cm.

Na transversal onde foi encontrado o apicum, a salinidade máxima da água intersticial foi de 102; o pH da água intersticial variou entre 7 e 8 no apicum e próximo a 6, nas áreas com cobertura vegetal. A granulometria variou entre silte e areia fina.

Com relação à distribuição dos gêneros de mangue, os bosques são mistos, com predominância de *Rhizophora* (76%) sobre *Avicennia*, no início da transversal junto à margem do canal, invertendo essa composição na parte mais interna, quando *Avicennia* tem 78%. Os bosques apresentaram alta densidade de indivíduos, com altura média e DAP reduzidos.

Aqueles autores concluem que a força energética mais efetiva é a das marés, não havendo contribuição da drenagem continental, de modo que a presença do apicum está associada ao gradiente salino da água intersticial gerado por esta força, bem como à maior profundidade do lençol freático.

Lebigre (1994b) identificou inúmeros apicuns dentre as áreas úmidas da Baía de São Marcos, no Estado do Maranhão, a partir da análise da imagem do satélite SPOT 710-355. Esta região apresenta clima tropical, com grandes variações pluviométricas interanuais e estação seca bem definida, de agosto a dezembro.

Segundo o autor, haveria apicuns com cobertura herbácea (em áreas de substrato muito úmido); apicuns “vivos”, ou seja, sem qualquer cobertura vegetal, hipersalinos e/ou muito ácidos, raramente atingidos pelas marés e; setores isolados dos apicuns “vivos”, representando pequenas elevações do terreno, que também se apresentariam com vegetação herbácea.

Embora ressalte a necessidade de um maior número de observações *in locu*, Lebigre (*op.cit.*) afirma que o fator determinante para ocorrência de apicuns na região está na presença de estações secas definidas, além da intensa evaporação nos períodos de estiagem e das variações climáticas interanuais.

Lebigre (1994a), estudando as zonas internas das áreas úmidas do litoral norte e nordeste do Brasil, cita a ocorrência de apicuns nos estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Maranhão, sendo que a maior extensão dos apicuns está no trecho entre o Delta do Parnaíba e o litoral ocidental do Estado do Rio Grande do Norte, região mais seca do litoral brasileiro. A ocorrência, bem como a extensão dos apicuns seria função do clima (duração e intensidade da estação seca), do aporte de água doce e dos processos sedimentares. A vegetação herbácea que cobre parte dos apicuns nessa região do litoral brasileiro seria composta basicamente por *Sesuvium portulacastrum*, *Eleocharis mutata*, *Sporobolus virginicus* e *Salicornia virginica*;

enquanto que a espécie vegetal de mangue do entorno dos apicuns seria *Laguncularia racemosa*.

Além dos registros descritos acima, existem outros com referência a apicuns no Brasil que, por já terem sido demonstrados, serão apenas citados, a saber: Maranhão (Santos *et al.*, 1996), Sergipe (Nascimento *et al.*, 1993), Bahia (Reitermajer *et al.*, 1998) e Rio de Janeiro (Soares, 1997; Dias-Brito *et al.*, 1982; Araújo, 1985).

2. OBJETIVOS

De forma geral o presente estudo objetiva compreender os processos de formação e de dinâmica de planícies hipersalinas (apicuns) em manguezais da Baixada de Guaratiba(RJ), através do monitoramento da salinidade da água intersticial e do levantamento micro-topográfico e granulométrico, além da definição do regime climático da região de estudo.

Em termos mais específicos, este estudo tem como objetivos:

- caracterização das variações na estrutura vegetal de um bosque de mangue e ocorrência de apicuns em função de gradientes de salinidade, topografia e frequência de inundação pelas marés;
- definição das relações entre a vegetação presente no apicum e a salinidade da água intersticial;
- detalhamento das características climáticas da região e sua possível relação com a salinidade da água intersticial.

3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área estudada localiza-se na extremidade leste da Baixada de Guaratiba-Sepetiba, Baía de Sepetiba, litoral sul do Estado do Rio de Janeiro (figura 02). Está compreendida entre 23°00' e 23°05' de latitude Sul e entre 43°30' e 43°35' de longitude Oeste. Abrange uma área com cerca de 70 hectares e representa uma das menores planícies hipersalinas da porção continental da Baía de Sepetiba (figuras 03 e 04).

Os limites Norte e Nordeste apresentam-se demarcados por formações montanhosas da Serra do Mar, que se estende na direção sudoeste-nordeste, com altitude média de 900m. O limite Leste é estabelecido por maciços costeiros (Maciço da Pedra Branca), de gradientes elevados e altitudes médias de 500m, servindo de divisores entre as bacias hidrográficas das baixadas de Guaratiba e de Jacarepaguá. A parte Sul é limitada pela Baía de Sepetiba.

A região da Baixada de Guaratiba-Sepetiba é caracterizada por unidades paisagísticas bastante diferenciadas, entre as quais podem ser destacadas: uma ilha barreira (Restinga da Marambaia), um pequeno delta (Delta do Guandu) além de extensa área de planície costeira, com cerca de 40 Km² (Planície de Guaratiba), segundo Ferreira & Oliveira, (1985).

Topograficamente a área de planície encontra-se entre 0 e 3 metros acima do nível do mar, sendo que os sambaquis (sítios arqueológicos) encontram-se nos patamares superiores, com topografias variando entre 2,5 e 6 metros (Ferreira & Oliveira, 1985).

No que diz respeito a hidrografia, a região da Baixada de Guaratiba-Sepetiba atualmente não apresenta grande expressão, sendo o Rio Guandu seu principal distribuidor. Entre os rios de menor porte que entrecortam a planície, drenam os manguezais e deságuam na Baía de Sepetiba, podem ser destacados os rios Piraquê, Piracão e Portinho. Entretanto, em termos funcionais, estes rios também poderiam ser denominados de canais de maré, devido à sua gênese (Soares, 1997).

Maia & Penna (1982) apresentam dois tipos de clima para a região de Guaratiba: Af e Aw, segundo a classificação de Köppen. Tal fato se deve ao contraste de topografia entre a área plana de baixada e as áreas de encosta.

Figura 4: Destaque da área de estudo (escala 1:14 000).

Figura 3: Fotografia aérea com destaque para a área de estudo (escala da figura 1: 50 000). Fonte Instituto Pereira Passos - IPP/RJ.

O tipo Af, tropical quente e úmido, sem estação seca caracteriza uma zona de maior pluviosidade, com precipitações superiores a 1500 mm/ano, devido a ventos do quadrante sul e brisas marítimas que descarregam sua umidade nas encostas. Este clima é encontrado nas serras que cercam a região (Ferreira & Oliveira, *op.cit.*).

O tipo Aw é tropical quente e úmido, com déficit pluviométrico de 1 a 2 meses. É encontrado na região da baixada (Maia & Penna, 1982). É caracterizado por um verão úmido e inverno seco. Entretanto, a proximidade com o mar pode ocasionar chuvas na “estação seca”, que vai de junho a agosto (Ferreira & Oliveira, 1985).

Com relação ao regime de ventos, o vento Sul é o predominante na região da Planície de Guaratiba, ocorrendo durante todos os meses do ano, sendo mais freqüente no verão. O vento Sudoeste também ocorre durante todos os meses do ano, atingindo velocidades máximas no mês de agosto, durante a entrada de frentes frias. Os ventos Nordeste e Leste embora também ocorram ao longo do ano, são mais freqüentes de maio a junho e de agosto a novembro, respectivamente. Os ventos Sudeste e Oeste ocorrem com significância apenas nos períodos de setembro a dezembro e de dezembro a janeiro, respectivamente. Os ventos Noroeste e Norte apresentam-se com intensidade muito reduzida (ECOLOGUS/SEMADS, 1995).

No que se refere à vegetação, a Planície de Guaratiba foi sub-dividida em Planície de Maré Superior (Fácies ALGA e CARANGUEJO), hipersalina e desprovida de vegetação superior e, Planície de Maré Inferior (Fácies MANGUE, Sub-fácies *Spartina* e Sub-fácies *Salicornia*), com vegetação arbórea e arbustiva de mangue (Dias-Brito *et al*, 1982).

Segundo Dias-Brito *et al.*(*op. cit.*), “a Planície de Maré Superior poderia representar antigos domínios de manguezais, que através de eventos progradantes deixaram de receber regularmente as águas das marés normais. Hoje ocupam posição topográfica mais alta e são bastante influenciadas pelas condições continentais. Apresentam alta salinidade, temperaturas acima de 50°C e, em consequência de tais características, ocorrem gretas de contração em superfície.”

A Planície de Maré Superior apresenta, de forma geral, populações esparsas e densas de *Salicornia gaudichaudiana*, embora grande parte de sua

extensão seja completamente desprovida de cobertura vegetal, devido à hipersalinidade característica destas áreas inundadas apenas pelas preamares de sizígia. Podem também ser encontradas pequenas manchas de vegetação de restinga, associadas a sambaquis.

A fácies Caranguejo, assim denominada por Roncarati & Barrocas (1978), representaria o segmento entre a fácies Mangue e a fácies Alga. Seria mais úmida que esta última, embora ainda apresentando gretas de contração em períodos secos, de exposição prolongada. A população de crustáceos que povoa esta fácies, emprestando-lhe o nome, seria composta de indivíduos que habitam este sub-ambiente, realizando incursões periódicas ao mangue, em busca de condições abióticas mais favoráveis; ou seriam provenientes da fácies Mangue, realizando migrações a este ambiente regularmente (Dias-Brito *et al.*, *op.cit.*).

Conforme Roncarati & Barrocas (*op. cit.*), a fácies Alga corresponde à zona de supra-maré, sendo coberta por extensos tapetes algálicos (cianofíceas), Apresentando valores elevados de salinidade e temperatura, intensa evaporação e forte desidratação dos sedimentos.

A fácies Mangue apresenta as três espécies arbóreas típicas de todo o litoral sul do Estado, a saber: *Rhizophora mangle* (mangue vermelho), *Avicennia schaueriana* (mangue negro) e *Laguncularia racemosa* (mangue branco). As áreas próximas a canais de maré são dominadas por *Rhizophora mangle*.

Soares (1997) descreve, para a área do Rio Piracão, um padrão de zonação vegetal que apresenta *Rhizophora mangle* dominando na margem do rio; na zona seguinte, *R. mangle* ainda dominando, mas com aumento na contribuição de *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa* que seria um bosque do tipo bacia; seguindo-se em direção ao continente, uma zona de *R.mangle* com porte bem inferior ao do bosque ribeirinho e; na interface com o apicum são encontrados bosques anões de *L.racemosa* e *A.schaueriana*.

Segundo Araújo(1985), o manguezal que existe hoje na planície de maré de Guaratiba deve ser semelhante ao primitivo, freqüentado por grupos pré-históricos, especialmente em relação à composição florística. A fisionomia, no entanto, teria sido alterada e as árvores seriam, hoje, menores tanto em

altura quanto em diâmetro de tronco, devido a exploração a que vêm sendo submetidas.

No que diz respeito à ocupação da região, é importante destacar que já no século XVII, os jesuítas realizaram muitas obras de retificação dos canais, a fim de evitar enchentes que prejudicassem a lavoura da cana-de-açúcar ou mesmo a criação de gado. Mendes (1950 *apud* Araújo, 1985) afirma que os jesuítas foram “...os mais ativos dessecadores de pântanos da Baixada de Guaratiba-Sepetiba”. Estas utilizações indiscriminadas, com certeza, alteraram as características primitivas desta região, não só na composição florística, como também na ampliação das planícies hipersalinas.

A pressão de ocupação hoje observada está fortemente relacionada com a estratégica posição da região, em função de sua proximidade com a metrópole do Rio de Janeiro e, além disso, por estar na rota de transportes entre Minas Gerais e São Paulo. Fato este que teve como grande apelo a construção do Porto de Sepetiba em 1975. A partir de então, estima-se que o parque industrial instalado na região tenha mais de 400 indústrias, com uma população em torno de 1,2 milhões (Lacerda *et al.*, 1999).

Embora grande parte dos manguezais de Guaratiba-Sepetiba esteja localizada em áreas da Reserva Biológica e Arqueológica de Guaratiba do Instituto Estadual de Florestas-IEF, a pressão de ocupação bem como o descaso para com o meio-ambiente representam forte ameaça no que se refere ao equilíbrio ambiental da região.

As águas apresentam contaminação por esgotos domésticos (áreas ocupadas ao redor dos rios que deságuam no manguezal) e por rejeitos do pólo industrial. A pesca e a captura de caranguejos, praticadas de forma predatória são constantes nos canais de maré e áreas adjacentes.

O corte de madeira, que vem sendo explorada ao longo dos anos sem qualquer programa de manejo, quer seja para uso na indústria dos curtumes, quer como lenha e carvão, na construção civil ou mesmo na confecção de cercados para a pesca, abre clareiras nos bosques, alterando assim a dinâmica de desenvolvimento e favorecendo a formação de apicuns nos mesmos.

A ocupação para construção de residências, restaurantes e pousadas, no caso de Barra de Guaratiba, ocorrendo de forma desordenada, ou mesmo a

instalação de indústrias e órgãos governamentais, sem os devidos estudos de impacto ambiental, também corroboram no desequilíbrio do ecossistema em questão.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 DEFINIÇÃO DA TRANSVERSAL

A área de estudo foi delimitada tendo-se como princípio norteador a continuidade do trabalho iniciado em 1993 no âmbito do Departamento de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, gerando sete monografias de graduação, duas dissertações de mestrado e cinco teses de doutorado, sendo que três delas encontram-se em andamento.

A partir dessa premissa foi definida a transversal acompanhando o gradiente de inundação pelas marés, desde o bosque ribeirinho às margens do Rio Piracão, até o banco de *Salicornia gaudichaudiana*, próximo à rodovia Rio-Santos.

Visando determinar variações na salinidade da água intersticial, como na granulometria dos sedimentos, foram distribuídas, ao longo da transversal, 21 estações de monitoramento (figura 05), sendo as nove primeiras localizadas na área com cobertura de mangue e as demais na área do apicum.

Figura 05: Localização esquemática das estações de amostragem.

As estações 01 e 02 encontram-se posicionadas no bosque ribeirinho, com dominância de *Rhizophora mangle*, sendo que a primeira encontra-se em uma clareira e a de número 02 em área com densa cobertura vegetal.

As estações 03 e 04 foram localizadas próximas a canal de maré, em bosque dominado por *Rhizophora mangle*. Esse bosque, devido à proximidade do canal de maré, é o de maior desenvolvimento estrutural da transversal.

As estações 05, 06 e 07 encontram-se localizadas em áreas de mangue parcialmente alagadas, em direção ao continente. Sendo que a estação 05 apresenta dominância de *Rhizophora mangle* de porte mediano, enquanto a estação 06 é dominada por *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa*, com baixa contribuição de *Rhizophora mangle*. A estação 07 apresenta dominância de *Laguncularia racemosa*, com alguns indivíduos de *Avicennia schaueriana*. *Rhizophora mangle* não ocorre nessa estação.

As estações 08 e 09 encontram-se em bosques pouco desenvolvidos de *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*, respectivamente. A estação 09, embora não esteja disposta no mesmo alinhamento de acordo com as demais estações, foi incluída neste estudo por apresentar dominância específica totalmente diferente da estação 08.

A estação 10, por sua vez, representa a transição entre o manguezal e o apicum, onde hoje pode ser observado intenso processo de colonização por indivíduos de *L. racemosa* e *A. schaueriana*.

As estações 11 e 12, 13 e 14, 15 e 16, foram distribuídas em pares com intuito de caracterizar possíveis diferenças de salinidade entre manchas de *Salicornia gaudichaudiana*, a princípio, distribuídas ao acaso, e as áreas adjacentes completamente expostas, ou seja, sem qualquer cobertura vegetal.

As estações 17, 18 e 19, distribuem-se por áreas expostas do apicum, próximas a sambaquis e a um grande e contínuo banco de *Salicornia gaudichaudiana*, onde situa-se a estação 20.

A estação 21 encontra-se em uma ligeira depressão do terreno, fazendo com que a entrada das preamares ocorra de forma direcionada, funcionando como um micro-canal, onde são observados indivíduos isolados de *A. schaueriana*.

4.2 DETERMINAÇÃO DAS AMOSTRAGENS

Foram definidas coletas mensais, tendo como objetivo uma melhor caracterização das variações de salinidade com relação às estações do ano. A realização das coletas foi efetivada em um entre os três últimos dias da lua crescente, no período de março de 1996 a fevereiro de 1998.

A lua crescente foi escolhida por representar, nas marés de quadratura, o ponto crítico dos valores de salinidade, tornando mais evidentes os possíveis gradientes de salinidade de acordo com a frequência de inundação.

4.3 COLETAS DE AMOSTRAS PARA DETERMINAÇÃO DA SALINIDADE

Para determinação da salinidade foi utilizado um refratômetro American Optical modelo A366ATC, graduado de 0 a 160, com precisão de 01ups.

Nas estações referentes à zona de apicum, os pontos de amostragem foram posicionados com auxílio de tubos de PVC, com orientação (rumo) e distâncias a partir de pontos fixos, caso houvesse algum extravio de tubos.

Para abrir os furos, foi utilizado um trado de 04 polegadas até a profundidade do lençol freático. Uma vez feito o furo, coletava-se uma amostra de água com auxílio de pipeta ou conta-gotas, sendo por vezes, necessária a fixação, junto à pipeta, de uma mangueira flexível devido a profundidade em que se encontrava o nível da água.

Além da salinidade foram também registrados os valores da profundidade em que se encontrava o lençol freático e o horário em que foram feitas as determinações.

Nas estações localizadas nas áreas do manguezal e de transição com o apicum, devido ao alagamento constante, foram enterrados tubos de PVC de 2 polegadas e 60 centímetros de comprimento, com vários furos de 03 milímetros de diâmetro, a 10 centímetros da base, ou seja, a 50 centímetros de profundidade, que corresponde a profundidade média na qual ocorre o sistema radicial das espécies vegetais de mangue. Cada tubo possui uma tampa de atarrachar na extremidade superior e uma tampa fixa na outra extremidade. As perfurações nos tubos têm como objetivo possibilitar a entrada da água intersticial. Esses orifícios devem apresentar diâmetros reduzidos para evitar a

entrada de sedimento, que prejudicariam a resolução do refratômetro, fato que justifica também a tampa na extremidade inferior do tubo. Já a tampa da extremidade superior têm por objetivo evitar a contaminação da água intersticial por águas pluviais e das preamares.

Nessas estações, a cada amostragem era retirada a água acumulada no tubo com auxílio de uma bomba de sucção manual, e após um período médio de duas horas era feita a determinação da salinidade, da mesma forma que nas estações do apicum, ou seja, com uma pipeta coligada a uma mangueira e determinação através de refratômetro. A bomba de sucção foi utilizada para evitar que a análise fosse realizada tendo-se por base uma água estagnada, o que poderia alterar os reais valores de salinidade.

Cabe ressaltar que a cada utilização, a pipeta e o refratômetro eram descontaminados com banho de água destilada e secos com papel toalha.

Com intuito de minimizar os impactos ao sistema quando da perfuração de novos furos a cada mês, além de se buscar uma otimização do trabalho de campo, por exemplo, reduzindo-se o tempo de amostragem, foi testada, primeiramente, a reutilização de furos antigos na área do apicum (furos produzidos em coletas anteriores, com o mesmo objetivo). Os resultados foram negativos devido ao sedimento que preenchia os furos ser muito fluido, fato este que impedia sua retirada pelo trado. Já nas estações 01 e 02, embora os furos estivessem bem conservados, estavam sempre repletos de água, cujos valores de salinidade não coincidiam com os valores obtidos de furos recém produzidos.

Posteriormente foi testado o aproveitamento da água retida nos tubos, confirmando-se novamente que havia variação comparando-se com amostras medidas após o esvaziamento dos tubos.

Em laboratório, os dados foram digitados em planilhas e analisados com bases estatísticas, tendo como objetivo estabelecer as médias, desvios padrões e possíveis agrupamentos por localização ou por épocas do ano.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA VEGETAL

A metodologia empregada encontra-se descrita em Cintrón & Schaeffer-Novelli (1984) e Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986).

Foram determinadas 07 parcelas na área equivalente à transversal estabelecida como área de estudo e 01 na área adjacente, onde encontra-se a estação 09 referente ao monitoramento da salinidade da água intersticial. Foram empregadas uma trena de 50 metros e uma bússola para o posicionamento e a delimitação das 08 parcelas.

A parcela A é a mais próxima do Rio Piracão e corresponde as estações 01 e 02 do monitoramento de salinidade.

A parcela B está posicionada na zona cortada por canais de maré e engloba as estações 03 e 04 do monitoramento de salinidade.

As parcelas C, D e E representam zonas intermediárias do bosque e têm correlação direta com as estações 05, 06 e 07 do monitoramento de salinidade, respectivamente.

A parcela F encontra-se na zona intermediária entre a parcela E e o bosque monoespecífico, de porte reduzido, de *Laguncularia racemosa* (parcela G), na interface com o apicum. Essa zona do bosque foi identificada quando da caracterização da estrutura vegetal e, por isso, não teve monitorada a salinidade da água intersticial.

A parcela H está localizada em bosque monoespecífico de *Avicennia schaueriana*, com porte reduzido, na interface com o apicum, na mesma faixa da parcela G.

A área das parcelas variou de 30m² a 100m², de acordo com a densidade do bosque. Segundo Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986), bosques muito densos devem ser divididos em parcelas menores que os 100m² tidos como padrão, com intuito de se otimizar o trabalho, bem como minimizar possíveis erros durante a caracterização estrutural.

Uma vez delimitadas as parcelas, determinou-se a altura e o diâmetro de cada árvore, com identificação da espécie, além do número de troncos vivos e mortos por indivíduo, para cada parcela.

Nos estudos de manguezal as características mais freqüentes utilizadas na descrição dos bosques são: altura média do bosque, diâmetro das árvores, área basal e densidade das árvores.

A altura do bosque é uma das características a ser levantada, devido sua relação com os parâmetros físico-químicos e com o grau de amadurecimento do bosque. Para sua determinação foram utilizados o

telêmetro óptico e a vara telescópica, na medida da eficiência de um ou outro. A vara telescópica apresenta-se como equipamento mais preciso, embora tenha alcance limitado. O telêmetro óptico, além de apresentar um desvio na precisão, embora padrão, deve ter acrescentado em seus resultados a altura do observador.

O diâmetro da árvore deve ser medido à altura do peito do observador (DAP), estipulado como sendo a 1,3 metros do solo. Para essa medida, considera-se que a árvore apresenta secção circular e utiliza-se uma trena graduada em unidades π (3,1416 cm), a fim de se obter diretamente o valor do diâmetro.

O diâmetro é uma das mais simples medidas utilizadas em se tratando de informações quantitativas sobre estrutura arbórea, sendo entretanto de grande importância na determinação de outras medidas como a área basal e o volume.

No que tange a análise dos dados, a unidade mais utilizada é o metro quadrado de madeira por hectare, sendo os troncos divididos por espécie, por classes de tamanho, na medida em que tenham diâmetros menores que 2,5 cm, maiores ou iguais a 2,5 cm, e maiores ou iguais a 10,0 cm, além da condição de estarem vivos ou mortos.

No que se refere à área basal, esta pode ser definida como sendo a área ocupada por um tronco com um dado diâmetro em uma dada área do terreno, sendo calculada através da expressão: $g = 0,00007854 (DAP)^2$, onde g é dado em metros quadrados e o DAP em centímetros.

O diâmetro médio é definido como sendo o diâmetro da árvore de área basal média, não sendo equivalente à média dos diâmetros, a qual sempre apresentará valores menores. O diâmetro médio é calculado pela seguinte

expressão: $DAP_{\text{médio}} = \sqrt{\frac{(g)(12732,39)}{n}}$, onde g corresponde à área basal

por hectare e n é o número de indivíduos por hectare.

Densidade é o número de indivíduos por unidade de área, sendo esta geralmente expressa em hectares.

A densidade de um bosque varia de acordo com a idade e o amadurecimento. Conforme for amadurecendo, a tendência é que o bosque vá sendo dominado por um número cada vez menor de indivíduos, sempre com

grande porte, devido à competição das copas por espaço e ao desenvolvimento do sistema radicial. As árvores mais altas recebem a luz solar diretamente, crescendo de forma mais rápida e dificultando ou mesmo impedindo o desenvolvimento das árvores mais baixas. Este processo se torna mais evidente nas primeiras fases do desenvolvimento de um bosque, quando as densidades são muito altas e um ligeiro aumento de diâmetro ocasiona a morte de um grande número de indivíduos.(Schaeffer-Novelli & Cintrón, 1986)

São também determinadas a dominância em área basal e em número de troncos. A dominância por área basal é a relação percentual entre a área basal de cada espécie, de indivíduos vivos e mortos, por cada classe de DAP e a área basal total referente à cada parcela. A dominância por número de troncos é calculada através dos mesmos parâmetros, considerando obviamente a relação entre o número de troncos parcial e o número total referente a cada parcela.

Na determinação da altura média é utilizada a média aritmética de todas as árvores vivas de cada parcela.

4.5 LEVANTAMENTO DA MICRO - TOPOGRAFIA

O método utilizado está fundamentado no Princípio Físico dos Vasos Comunicantes, tendo sido empregado tanto pelo Laboratório de Bioecologia de Manguezais-BIOMA, do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo-IOUSP quanto pelo Núcleo de Estudos em Manguezais-NEMA, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro-UERJ.

São utilizadas duas réguas de madeira, graduadas a cada centímetro de 0 (zero) a 200cm, e uma mangueira flexível e transparente com diâmetro de 05mm e extensão de 25m. A extensão da mangueira visa apenas a otimização do trabalho, podendo apresentar comprimentos variados, de acordo com a necessidade de cada trabalho/área.

A partir de um valor e um ponto de referência, fixava-se a régua-base, ou seja, pela leitura do nível da água na mangueira associado a um valor na régua, em seguida fixava-se a outra régua no local a ter seu nível determinado. Feito isso, é restabelecido o valor de referência na régua-base e, a partir daí,

feita a leitura na segunda régua, com precisão de 0,5cm. A variação dos valores na segunda régua representa, em ordem inversa, elevações ou depressões do terreno.

Embora a área estudada seja relativamente extensa, métodos convencionais de medição da topografia não podem ser utilizados devido a instabilidade do sedimento – sedimento pouco consolidado. Além disso, na porção referente a floresta de mangue, a visibilidade torna-se pequena e o manuseio desses equipamentos é dificultado pela grande densidade de árvores, o que restringe a utilização de tais métodos.

Esse levantamento teve como objetivo caracterizar a micro-topografia de três áreas distintas: a planície hipersalina (apicum), a área do bosque de mangue no contexto da transversal estudada e, dentro desta, a porção dos bermas (diques naturais, “levées”, segundo Suguio, 1998) entrecortados por canais de maré no bosque ribeirinho.

Cabe ressaltar que a caracterização do bosque de mangue deu-se através de um perfil, enquanto a do apicum e a dos bermas foi proporcionada por uma extensa rede amostral. Entretanto, o perfil que cobre o bosque de mangue foi prolongado até a rodovia, passando por todo o apicum, apresentando extensão total de aproximadamente 1550 metros. Esses métodos foram utilizados em função da impossibilidade de se determinar a micro-topografia do bosque de mangue através de faixas devido a extensão do bosque e da necessidade de um espaçamento reduzido entre uma transversal e outra. Por outro lado, as feições apresentadas pelo apicum apenas são registradas em extensa malha amostral.

Na área do bosque o perfil tem aproximadamente 250 metros de extensão e segue perpendicular ao rio, mantendo-se fiel a área onde foram realizadas as determinações de salinidade da água intersticial, de granulometria do sedimento, além da caracterização da estrutura vegetal do bosque.

As medidas foram feitas de metro em metro, onde o substrato aparentava ser mais acidentado e a cada dois metros nas áreas aparentemente mais homogêneas. Para tanto, após determinado o rumo, utilizou-se uma trena, de 50 metros, esticada na direção a ser seguida.

As transversais feitas no bosque tiveram, ainda, um ponto de referência secundário, marcado em um indivíduo de *Rhizophora mangle* de grande porte, próximo à margem do rio. Posteriormente, já no apicum, as referências foram unificadas, tendo como base o ponto inicial no sambaqui (referencial 0,0,0).

Na zona dos canais foram definidas 10 transversais, paralelas ao Rio Piracão, distanciadas entre si por 05 metros e com 16 metros de comprimento cada uma. Tais transversais tiveram como linha-mestra o perfil já traçado do bosque, previamente traçado.

Figura 06: Localização esquemática dos setores utilizados no levantamento microtopográfico do apicum e do bosque de mangue (retângulo vermelho).

Na área do apicum, foram estabelecidos 05 setores para a confecção da malha micro-topográfica, tendo-se em vista as variações na orientação do gradiente de inundação pelas marés, da intensidade do alagamento e das diferentes tonalidades do sedimento.

A partir daí, foi estabelecido o ponto referencial (0,0,0) situado em um dos sambaquis encontrados na porção central da área estudada. A escolha se deve a sua maior altura, ao fato de ocupar posição relativamente central na área e, estar relativamente protegido da ação de curiosos que poderiam comprometer o marco.

Em cada setor o número de transversais, a distância entre as mesmas e entre cada ponto do levantamento foi variável, de acordo com o refinamento almejado diante das feições observadas.

O setor I (figura 06) foi orientado de forma a acompanhar a transversal estabelecida para as amostragens de salinidade da água intersticial, partindo do sambaqui onde foi estabelecido o ponto de referência. Consta de 13 transversais, com um total de 4285 metros, abrangendo grande parte do apicum em sua porção mais próxima ao bosque, na área definida por Dias-Brito *et al.*(1982) como Facies Caranguejo, parte do sambaqui principal e a transição apicum-mangue.

O setor II tem a mesma orientação do setor I, porém deslocando-se em direção ao continente até a transição do apicum com o banco de *Salicornia gaudichaudiana*, passando por sambaquis. É composto por 04 transversais, com 1380 metros de comprimento, as quais tem como base algumas das transversais do setor I.

O setor III tem orientação perpendicular aos anteriores, é composto por 04 transversais totalizando 1070 metros de comprimento, tendo como base uma transversal do setor I. Encontra-se localizado no apicum, em área onde parece haver uma retração do bosque de mangue, em relação aos bosques adjacentes.

O setor IV tem a mesma orientação do setor I, apresenta 04 transversais. Representa um apicum cercado de mangue, e apenas uma estreita ligação com o apicum dos setores I e III. Tem como base uma das transversais do setor III.

O setor V está orientado de forma paralela ao setor III, sendo adjacente a ele. Tem por base uma transversal do setor II e é composto por 10 transversais.

Os pontos de amostragem em cada transversal tiveram distâncias variando entre 01, 02, 03 e/ou 05 metros, de acordo com a maior ou menor regularidade do relevo do terreno. Nas transições entre feições, como por exemplo, entre mancha de *Salicornia gaudichaudiana* e apicum ou entre sambaqui e apicum, o espaçamento era reduzido e, nas áreas de colonização permanente de *Salicornia gaudichaudiana*, era aumentado.

Cabe ressaltar que tais setores representam pouco mais da metade da porção sem cobertura vegetal do apicum. Em direção ao Norte, apenas o início da colonização de *Salicornia gaudichaudiana*, e em direção ao Sul, atingindo o início do bosque de mangue.

Os dados foram referenciados ao nível médio relativo do mar amarrado a um marco de referência de nível (RN) instalado na rodovia Rio-Santos pela empresa Concessolo/Solotec, encarregada de estudo sobre a viabilidade de duplicação da referida rodovia. O RN da empresa está devidamente referenciado ao marco do IBGE localizado em Imbituba.

Os dados do levantamento micro-topográfico foram trabalhados no programa GEOSOFT, licenciado para o Departamento de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro-UERJ.

A figura 07 representa o posicionamento das transversais referentes ao levantamento micro-topográfico de um dos canais de maré que ocorrem na área estudada, na margem do Rio Piracão, que embora não representado na figura, localiza-se em seu lado esquerdo, próximo à transversal L0.

Na confecção do mapa topográfico, foi utilizada escala de cores para definir o relevo da área. As alterações nas classes de altura representadas por cada tonalidade têm como objetivo destacar as alturas mais freqüentes, devido à grande amplitude em termos topográficos, contrastando com a limitação das classes de cor.

A cor azul representa a área alagada pela maré e indica também nível médio dos valores inferiores atingidos pela baixamar.

A figura 08 apresenta o posicionamento das transversais referentes ao levantamento micro-topográfico da área de apicum, a localização das estações do monitoramento e o padrão da micro-topografia na área.

Em cada transversal observa-se um número representativo da sua distância em relação a transversal base do setor. Os cinco setores podem ser identificados pelas mudanças de orientação das transversais. O ponto inicial, ou seja, a base de referência (0,0,0) encontra-se na junção das transversais L0.

Os valores de maré utilizados nos mapas para construção de cenários de inundação foram obtidos na Tábua das Marés-1998, da Diretoria de Hidrografia e Navegação-DHN, Marinha do Brasil, para previsões no Porto de

Figura 07

Figura 08

LEGENDA:

— - Perfil Topográfico

LO - Identificação do Perfil

— - Isolinhas Altimétricas

LEVANTAMENTO DA MICROTOPOGRAFIA DO SISTEMA BOSQUE DE MANGUE-APICUM

(GUARATIBA-RJ)

MAPA DE POSICIONAMENTO

Sepetiba e referem-se à média dos valores extremos de preamar e baixamar, superior e inferior.

Este procedimento foi seguido em função da inexistência de dados de maré geo-referenciados para a área estudada, o que inviabilizou a confecção de quadros reais de inundação pelas marés.

Com relação ao cenário produzido por marés meteorológicas, foram considerados os dados obtidos por Filippo (1996) para a Baía de Guanabara, além de informações básicas sobre componentes não-astronômicos das marés relatados pelo Dr. Paulo Rosmann (docente da Coordenação do Programa de Pós-graduação em Engenharia-COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ, especialista em modelagem numérica e circulação costeira e oceânica, em 06/06/00) através de comunicação pessoal.

Cabe ressaltar que a utilização desse cenário, a partir de dados da Baía de Guanabara, teve como premissas a forte influência de marés meteorológicas na Baía de Sepetiba e a indisponibilidade de análises maregráficas para esta baía.

4.6 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A análise granulométrica seguiu metodologia descrita por Suguio (1973). Segundo esse autor, a análise granulométrica nos permite relativizar sobre os diferentes valores de permeabilidade e porosidade dos sedimentos. Além disso, fornece indícios sobre a gênese dos sedimentos, no que diz respeito ao modo de transporte e deposição, nos casos de sedimentos clásticos (detríticos).

As coletas foram efetuadas em todos os 21 pontos determinados para amostragem da salinidade da água intersticial, sendo duas amostras para cada ponto: superfície e 0,50 metro de profundidade.

Embora o número ideal fosse de 06 amostras por ponto, permitindo réplicas de superfície e de fundo, possibilitando tratamento estatístico adequado, não foi possível devido a limitação do tempo, considerando o número total de pontos, as distâncias a serem percorridas e o tempo de duração das análises.

As coletas foram realizadas utilizando-se amostrador de aço inoxidável, desenvolvido pelo Laboratório BIOMA, pertencente ao IO-USP. Apresenta-se pela forma de um semi-cilindro, com cerca de 100cm de comprimento e 2,5 polegadas de diâmetro, com as paredes bisotadas para facilitar a penetração no sedimento. Foi adaptado do modelo criado pelo Prof. Frédéric Baltzer, do Dep. de Sciences de la Terra, Université Paris Sud XI, Laboratoire de Petrologie Sedimentaire.

Após a amostragem, o material foi recolhido em sacos plásticos, identificando-se o ponto da amostragem, a condição de superfície ou de fundo e a data.

Em laboratório, as amostras foram quarteadas, aproveitando-se 100ml de cada uma. O excesso foi armazenado em congelador, para o caso de eventual repetição da análise. Na etapa seguinte, foi realizada a dupla lavagem com água destilada, para remoção dos sais solúveis.

Em seguida as amostras foram secas em estufa a 40°C, pesadas e tratadas com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) para oxidação da matéria orgânica. Após essa etapa, o remanescente foi lavado por três vezes, novamente seco e pesado. O passo seguinte visou a determinação dos carbonatos, consistindo de ataque com ácido clorídrico (HCl), lavagem quádrupla, secagem e pesagem.

Uma vez determinadas as porcentagens de matéria orgânica e de carbonatos, foram separadas as frações grosseiras e finas por meio de lavagem em peneira com malha de 0,062 mm.

A fração grosseira foi então para estufa a 70°C, pesada e sub-dividida em classes de 1phi através de peneiramento. A classificação de tamanho de grão seguiu a escala de Wentworth (1922).

A fração lamosa foi determinada por pipetagem a partir do método descrito por Suguio (1973). As amostras foram colocadas em provetas de 1000ml, onde foi adicionado um grama de silicato de sódio (antifloculante).

A partir daí, foram coletadas frações de 20ml, de acordo com o intervalo de tempo e a profundidade de introdução da pipeta apresentados na tabela I.

Tabela I: Relação entre o tempo de pipetagem e as classes de grãos em função da temperatura ambiente (adaptado de Suguio, 1973).

Diâm.Grãos		Prof.	Cronometria da Pipetagem para Temperaturas				Tipo
mm	Phi	cm	16°C	20°C	24°C	28°C	(classif.)
0,062	4	20	20s	20s	20s	20s	Finos totais
0,031	5	10	2m09s	1m57s	1m46s	1m37s	Silte Gros.
0,0156	6	10	8m29s	7m40s	6m58s	6m22s	Silte Med.
0,0078	7	10	34m	31m	28m	25m	Silte Fino
0,0039	8	10	2h15m	2h03m	1h51m	1h42m	Silte M.Fino
0,002	9	5	4h18m	3h53m	3h32m	3h14m	Arg. Gros.
0,00098	10	7	25h05	22h41m	20h37m	18h50m	Arg. Fina

A coluna achurada representa a temperatura média do laboratório e a cronometragem utilizada para a pipetagem de cada amostra.

Uma vez separadas as diferentes frações, estas foram secas em estufa a 40°C e, posteriormente, pesadas a fim de se determinar a contribuição em peso, por classes de tamanho dos grãos.

Concluídas as análises, os resultados foram digitados para que fossem calculados os valores percentuais de matéria orgânica, carbonatos e das frações de grossos e finos, em planilhas.

4.7 ANÁLISE DOS DADOS CLIMATOLÓGICOS

Foram analisados os dados climatológicos da região, fornecidos pela estação meteorológica instalada no Campo de Provas da Marambaia, instalada em área próxima ao apicum onde foi realizado o levantamento da salinidade. Esta estação iniciou sua operação em 1984 e, em sua história, apresenta vários pequenos lapsos na geração dos dados.

Entretanto, os dados ainda são os mais fiéis, no que diz respeito a área estudada, pois as demais estações próximas, com séries temporais mais longas, apresentam índices pluviométricos bastante diferentes daqueles observados na área de estudo, fato este que inviabiliza a utilização das mesmas.

A partir dos dados brutos, foram então elaborados os balanços hídricos e os diagramas climáticos da região, com base nos anos de 1996; 1997 e no período total de funcionamento da estação. Além disso, foram também elaborados gráficos utilizando-se, de forma direta, os dados de evaporação e precipitação, para os mesmos períodos.

Os anos de 1996 e 1997 foram utilizados porque coincidem com o período em que foi realizado o monitoramento da salinidade da água intersticial.

Na busca de uma melhor definição na apresentação dos balanços hídricos, os componentes só foram incluídos quando apresentaram valores diferentes de zero, o que justifica a diferença nos componentes de cada balanço.

Segundo Ometto(1981), o balanço hídrico contabiliza toda a água envolvida entre os sistemas solo, planta e atmosfera, podendo oferecer a qualquer instante a quantidade de água disponível contida em um perfil pré-determinado de solo. Representa, portanto, uma ferramenta extremamente útil, tanto no aspecto de solução imediata, quanto e principalmente, no aspecto analítico de uma situação passada.

O balanço hídrico representa, em suma, a entrada e saída de água no solo, revelando informações detalhadas sobre os processos de ganho, perda e armazenamento de água pelo solo.

Baseia-se no fato de que os valores de precipitação natural e irrigação são os principais no que tange à entrada de água no solo, enquanto que os valores de deflúvio superficial, drenagem profunda e principalmente evapotranspiração, são as principais perdas de água que podem vir a ocorrer em uma determinada área. Entenda-se por evapotranspiração, o processo de evaporação da água das superfícies do solo e das plantas devido à radiação solar.

Para o cálculo do balanço hídrico e posterior classificação climática, foi utilizado o programa BHCC 2.00, desenvolvido pelo Departamento de Agricultura da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” da Universidade de São Paulo – ESALQ-USP, por Durval Dourado Neto & Antônio Luiz Fancelli, baseando-se no método proposto por Thornthwaite & Mather(1955).

As classificações climáticas apresentadas pelo Programa BHCC são as de Köeppen e de Thornthwaite, sendo que esta última é a mais completa por considerar, na análise, os efeitos da evapotranspiração potencial.

A fórmula climática proposta por Thornthwaite é representada por quatro letras consecutivas, baseando-se, respectivamente, nos seguintes parâmetros: Índice de Umidade Efetiva; Variação Sazonal da Umidade Efetiva (definida pelos índices de aridez e de umidade); Índice de Eficiência Térmica Anual e; Índice de Concentração da Eficiência Térmica no Verão.

Todos os índices são obtidos a partir dos elementos climatológicos calculados no balanço hídrico.

O Índice Efetivo de Umidade (**IM**) permite determinar o quão úmido ou seco é o clima, através dos valores de evapotranspiração potencial (**EP**), excedente (**EXC**) e deficiência (**DEF**) hídrica.

O **IM** é calculado pela seguinte equação: $IM = (EXC - 0,6 DEF)/EP$

De acordo com o IM são classificados nove tipos climáticos (tabela II).

Tabela II: Tipos climáticos e os respectivos índices de umidade.

Tipo Climático	Índice Efetivo de Umidade (IM)
A – Super úmido	100 e acima
B ₄ – Úmido	100 – 80
B ₃ – Úmido	80 – 60
B ₂ – Úmido	60 – 40
B ₁ – Úmido	40 – 20
C ₂ – Úmido e Sub-úmido	20 – 0
C ₁ – Seco e Sub-úmido	0 - -20
D – Semi-árido	-20 - -40
E – Árido	-40 - -60

A Variação Sazonal de Umidade Efetiva define sub-tipos climáticos, em função dos índices de aridez e de umidade apresentados no decorrer do período.

Este índice é calculado a partir de duas premissas:

- Nos casos em que o clima seja classificado como úmido ($IM > 0$), calcula-se o Índice de Aridez (**Ia**), tendo como base a relação entre a Deficiência Hídrica Anual (DEF) e a Evapotranspiração Potencial Anual (EP): $Ia = (DEF/EP) \times 100$

- b) Nos casos em que o clima seja classificado como seco ($IM < 0$), calcula-se o Índice de Umidade (Ih), através da relação entre o Excedente Hídrico Anual (EXC) e a Evapotranspiração Potencial Anual (EP), pela equação: $Ih = (EXC/EP) \times 100$

Uma vez definidas as premissas, pode-se obter as classificações para a variação sazonal da umidade efetiva (tabela III).

Tabela III: Tipos climáticos, suas subdivisões, características e os respectivos índices de aridez (Ia) e umidade (Ih).

Tipos Climáticos	Representação	Características	Índices de Aridez (Ia) e Umidade (Ih)
ÚMIDOS	r	Pouco ou nenhum déficit de água	0 --- 16,7
	s	Moderada defic. de água no verão	16,7 --- 33,3
	w	Moder. defic. de água no inverno	16,7 --- 33,3
	s ₂	Grande defic. de água no verão	> 33,3
	w ₂	Grande defic. de água no inverno	> 33,3
SECOS	d	Pouco ou nenhum excesso de água	0 --- 10
	s	Moder. excesso de água no inverno	10 --- 20
	w	Moder. excesso de água no verão	10 --- 20
	s ₂	Grande exc. de água no inverno	> 20
	w ₂	Grande exc. de água no verão	> 20

O Índice de Eficiência Térmica Anual é determinado, de forma direta, pela evapotranspiração potencial, variando em função da temperatura e da duração da radiação solar.

A partir dos valores de evapotranspiração potencial calculados, os tipos climáticos são classificados de acordo com a tabela IV:

Tabela IV: Tipos climáticos e Intervalos de Evapotranspiração Potencial Anual.

Tipos Climáticos	Evapotranspiração Potencial Anual (mm)
Megatérmico	> 1140
Mesotérmico	1140 --- 570
Microtérmico	570 --- 285
Clima de Tundra	285 --- 142
Clima de Gelo	< 142

O Índice de Concentração da Eficiência Térmica no Verão representa a porcentagem de evapotranspiração potencial que ocorre no verão.

Este índice é obtido através da relação entre a evapotranspiração potencial dos meses de verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) e a evapotranspiração potencial anual, sendo multiplicado por 100, para que o resultado seja dado em porcentagem. Desta forma, quanto menor for o seu valor, mais homogêneas serão as temperaturas no decorrer do ano.

A classificação dos sub-tipos climáticos para este índice encontra-se representada na tabela V.

Tabela V: Concentração da Eficiência Térmica do Verão e respectivos Sub-tipos Climáticos.

Conc. da Eficiência Térmica no Verão	Sub-tipo Climático
< 48 %	a'
48,0 --- 51,9	b' ₄
51,9 --- 56,3	b' ₃
56,3 --- 61,6	b' ₂
61,6 --- 68,0	b' ₁
68,0 --- 76,3	c' ₂
76,3 --- 88,0	c' ₁
> 88 %	d'

No que diz respeito ao diagrama climático, pode-se afirmar que, por seu intermédio, é possível identificar as variações anuais de precipitação e de temperatura, além de outras características climáticas da região.

De acordo com Schaeffer-Novelli & Cintrón(1986), o diagrama permite ver a duração e a intensidade da estação seca. A duração da estiagem pode

ser vista pela duração do período em que a curva da precipitação permanece abaixo daquela da temperatura. A intensidade é função da área delimitada pela curva que permanece abaixo da linha de temperatura.

De forma análoga, considera-se que há excedente de água no sedimento, quando existir um polígono qualquer, acima da linha correspondente aos 100mm de precipitação, de modo que a intensidade deste excedente é determinada pela área do polígono.

No diagrama climático, assume-se que, a evapotranspiração potencial excede a precipitação quando a curva da temperatura estiver acima daquela da precipitação.

Cabe ressaltar que os resultados gerados pelos balanços hídricos apresentam uma melhor definição, em termos quantitativos, tanto para excedente como para deficiência hídrica, se comparados com aqueles gerados por diagramas climáticos, os quais são mais efetivos em termos de descrição das características da região.

Com relação aos gráficos que comparam dados de evaporação e de precipitação, tem-se o objetivo de, comparando-se com os métodos já consagrados (balanço hídrico e diagrama climático), definir de forma mais simplificada a ocorrência de períodos secos, em uma dada região, ao longo do ano.

Na medida em que não haja disponibilidade de dados suficientes ao cálculo de balanços hídricos ou mesmo diagramas climáticos, pode-se gerar informações fidedignas, embora com menor grau de detalhamento, utilizando-se de métodos mais simples.

5. RESULTADOS

5.1 CLIMA

Foram calculados os balanços hídricos referentes aos períodos de 1984 a 1998; 1996 e; 1997, utilizando-se em todos os casos, o fator climático de 3,0; a latitude de 23°00'S e, o coeficiente de água disponível (CAD) como sendo de 30mm.

Tais valores foram considerados ideais para o presente estudo por Dourado Neto (docente do Departamento de Agricultura da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo - ESALQ-USP, em 14/03/99) através de comunicação pessoal. O CAD de 30mm foi utilizado levando-se em consideração um balanço hídrico específico para a área do apicum. Entretanto, testes realizados com valores mais elevados não demonstraram mudanças significativas nos valores do balanço.

A classificação climática, segundo o método de Köeppen, apresentada para todos os períodos corresponde a Amg', ou seja, clima Tropical Chuvoso de Bosque. Tal classificação representa um clima Megatérmico, onde a temperatura de todos os meses é maior que 18°C e, onde a precipitação anual é 10 vezes maior que a do mês mais seco, sendo esta inferior a 60mm.

Cabe ressaltar que a classificação de Köeppen considera apenas os valores de temperatura e precipitação de uma dada região.

Com relação a classificação de Thornthwaite & Mather (1955), que considera além da temperatura e da pluviosidade, a evapotranspiração potencial, foram observadas variações para cada um dos períodos calculados.

O período mais abrangente, de 1984 a 1998 (figura 09), foi classificado como C₁dA'a', ou seja, Megatérmico, Seco e Sub-úmido, com pequeno ou nenhum excesso de água, com índice térmico (evapotranspiração potencial) no verão inferior a 48%.

Figura 09: Balanço hídrico referente a Estação Marambaia no período de 1984 a 1998, onde T – temperatura; Eto – evapotranspiração de referência; C – chuva; S – saldo; NA – negativo acumulado; A – armazenamento; Etr – evapotranspiração real; DH – deficiência hídrica; EH – excedente hídrico.

No ano de 1996 (figura 10), a classificação segundo Thornthwaite foi $C_{2r}A'a'$, ou seja, Clima Megatérmico, Úmido e Sub-úmido, com pequena ou nenhuma deficiência de água, com Índice térmico de verão inferior a 48%.

Figura 10: Balanço hídrico referente a Estação Marambaia para o ano de 1996, onde T – temperatura; Eto – evapotranspiração de referência; C – chuva; S – saldo; Etr – evapotranspiração real; DH – deficiência hídrica.

Em 1997 (figura 11), a classificação foi DdA'a', ou seja, Clima Megatérmico, Semi-Árido, com pequeno ou nenhum excesso de água, com Índice térmico de verão inferior a 48%.

Figura 11: Balanço hídrico referente a Estação Marambaia para o ano de 1997, onde T – temperatura; Eto – evapotranspiração de referência; C – chuva; S – saldo; Etr – evapotranspiração real; DH – deficiência hídrica.

Os dados de precipitação e evaporação da Estação Marambaia, nos mesmos períodos utilizados para a confecção dos balanços hídricos, formaram gráficos que, embora sem a precisão das classificações climáticas, evidenciam de forma bastante clara o comportamento da região ao longo do ano.

O diagrama climático referente ao período entre 1984 e 1998 (figura 12) não identifica a ocorrência de uma estação seca, pois não existe qualquer área demarcada abaixo da linha de temperatura, sendo que os meses de Junho, Julho e Agosto, são os mais próximos desta faixa.

Figura 12: Diagrama Climático referente a Estação Marambaia, para o período entre 1984 – 1998.

Com relação ao excedente hídrico, considerando-se como sendo 100mm o índice mínimo, observa-se nos meses de janeiro, fevereiro e, principalmente, março, valores que indicam ocorrência de um excedente de água no sedimento, embora seja também nestes meses onde encontram-se os valores mais altos para as médias de temperatura ao longo do ano.

Desta forma, pode-se dizer que na maior parte do ano, tendo-se a média de todos os anos de funcionamento da estação, a região se não apresenta deficiência de água, também não apresenta excedente hídrico.

Entretanto, analisando-se os diagramas referentes aos anos de 1996 e 1997 (figuras 13 e 14), observa-se um comportamento bastante diferenciado.

Para o ano de 1996, observa-se uma estação seca, com deficiência hídrica, nos meses de junho, julho e agosto, além de um valor bem próximo dessa condição no mês de outubro.

Com relação a excedentes hídricos, estes podem ser encontrados nos meses de janeiro, fevereiro, março, setembro e novembro, além de abril, maio e dezembro, por encontrarem-se muito próximos desta condição.

Desta forma, a zona intermediária, ou seja, entre a ocorrência de excedente hídrico e de deficiência hídrica, é bastante reduzida neste período.

Figura 13: Diagrama Climático referente a Estação Marambaia para o ano de 1996.

Já o ano de 1997 (figura 14), apresenta deficiência de água nos meses de abril, junho, julho e setembro, sendo que julho representa um aumento na deficiência.

No que diz respeito ao excedente, há ocorrência em janeiro, fevereiro e novembro, ressaltando-se que sua intensidade é reduzida nos demais períodos analisados.

Figura 14: Diagrama Climático referente a Estação Marambaia para o ano de 1997.

A figura 15 apresenta as variações mensais de evaporação e precipitação, no período entre 1984 e 1998, encontradas na Estação Marambaia.

Nota-se que em apenas três meses do ano (janeiro, fevereiro e março) o índice de precipitação superou o de evaporação, sendo que em dois deles, estiveram muito próximos. Em outros três meses (abril, maio e setembro) embora estando bem próximos, houve ascendência do índice de evaporação. Nos demais meses do ano, os valores médios de evaporação foram superiores aos de precipitação.

Figura 15: Relação entre precipitação e evaporação no período de 1984 a 1998.

A figura 16 mostra os índices de evaporação e precipitação (em mm), para o ano de 1996.

Observa-se que em nos meses de fevereiro, março, abril, maio, setembro e novembro, ocorreram maiores índices de precipitação, em detrimento da evaporação, com destaque para os meses de fevereiro e março.

Figura 16: Relação entre precipitação e evaporação para o ano de 1996.

Em quatro outros meses (janeiro, junho, outubro e dezembro), embora os valores de evaporação tenham sido maiores, os de precipitação foram bastante semelhantes.

Nos meses de julho e agosto, houve maior evaporação que precipitação.

Figura 17: Relação entre precipitação e evaporação para o Ano de 1997.

A sequência da figura 17 aponta, para o ano de 1997, dois meses (fevereiro e novembro) com índice de precipitação maior que evaporação.

Em dois outros meses (janeiro e maio) os índices são praticamente iguais, sendo o primeiro com uma pequena supremacia de precipitação e, no segundo, os índices de evaporação foram sensivelmente maiores.

Nos demais oito meses do ano, os valores de evaporação foram muito mais elevados que os de precipitação.

5.3 MICRO-TOPOGRAFIA

Com relação ao perfil micro-topográfico da área estudada, optou-se por apresentá-lo em três segmentos, a fim de se obter melhor detalhamento, tendo em vista a desproporção entre a extensão do perfil (1550 metros) e a amplitude total da cota do terreno (em torno de 60 centímetros). Além disso, foi destacado um trecho (100 metros) do perfil do apicum para evidenciar pequenas irregularidades do relevo.

As figuras 18, 19, 20 e 21 apresentam os segmentos envolvendo o bosque de mangue, o apicum, um detalhamento do apicum e o banco perene de *Salicornia gaudichaudiana*, respectivamente.

Figura 18: Perfil Microtopográfico do Bosque de Mangue com destaque para as estações do monitoramento e principais tipos fisiográficos.

A figura 18 representa a perfil micro-topográfico do mangue estudado, partindo da margem direita do rio Piracão. As indicações assinaladas ao longo do perfil indicam a posição das estações de amostragem, tanto da salinidade

da água intersticial, quanto do sedimento, além dos principais tipos fisiográficos propostos para a área.

A estação 09 não encontra-se neste perfil por situar-se em área adjacente, equivalente à estação 08, como descrito anteriormente.

As depressões entorno de 20 e 37 metros representam canais de maré que drenam a “bacia hidrográfica” e são perpendiculares aos canais principais que encontram o Rio Piracão, enquanto as elevações representam os bermas associados a estes canais. Tais feições são melhor visualizadas na figura 23 que representa especificamente esta zona do bosque.

A zona intermediária do bosque apresenta uma ligeira elevação, onde encontram-se as estações 05 e 06. À medida em que o apicum se aproxima, observa-se uma tendência de queda no perfil do terreno.

Figura 19 – Perfil Microtopográfico do Apicum com destaque para as estações do monitoramento.

A figura 19, que representa a continuação do perfil apresentado na figura 18, destacando o perfil do apicum, cobrindo uma extensão de 586 metros.

Os números destacados ao longo do perfil representam, de forma análoga à figura 18, as estações de amostragem. As estações 19 e 20 não constam desse perfil por estarem localizadas fora do mesmo.

O pico observado em torno de 750 metros caracteriza uma elevação de borda de sambaqui, enquanto um outro, por volta dos 870 metros, caracteriza o início do banco perene de *Salicornia gaudichaudiana*.

Ainda na figura 19 observa-se grande homogeneidade na topografia do apicum, com tendência de elevação em direção ao continente, excetuando-se as áreas referentes aos sambaquis e ao banco perene de *Salicornia gaudichaudiana*, onde ocorrem desníveis acentuados.

Entretanto, ao empregar uma escala mais pontual (figura 20) pode-se observar micro-variações relacionadas, em sua maioria, com a colonização de *Salicornia gaudichaudiana*, em manchas.

Na figura 20, que cobre uma faixa de 100 metros do apicum, onde estão localizadas as estações 11, 12, 13 e 14, observa-se constante alternância na micro-topografia, de modo que os picos positivos geralmente estão associados a manchas de *Salicornia gaudichaudiana*, enquanto que os picos negativos estão, de forma geral, associados ao apicum propriamente dito.

Figura 20: Detalhamento do perfil microtopográfico observado no Apicum.

A figura 21 evidencia o comportamento micro-topográfico do segmento correspondente ao início do banco perene de *Salicornia gaudichaudiana* até o limite com a rodovia Rio-Santos, com uma extensão de 664 metros.

Observa-se, em comparação com a figura 19, nítida elevação do terreno em relação ao apicum e, embora haja uma depressão logo após esta transição, pode ser observada uma tendência contínua de elevação à medida em que se aproxima a rodovia, com exceção de área por volta de 1480 metros, onde foi observado uma pequena área alagada.

Cabe ressaltar que embora grande parte do banco perene seja composta por *Salicornia gaudichaudiana*, esta não é a única espécie presente, de modo que, à medida em que se avança em direção ao continente, podem ser observadas zonas com predominância de *Sesuvium sp.*, *Typha sp.* e *Panicum sp.*, sendo este último já nas áreas laterais da rodovia, além de outros gêneros com menor ocorrência.

Figura 21: Perfil Microtopográfico do Banco perene de *Salicornia gaudichaudiana*.

A figura 23 apresenta cenários de inundação do canal de maré do bosque ribeirinho, caracterizados pelos diferentes tons de azul, de modo que o tom mais escuro representa a média dos valores extremos de baixamar de sizígia (0,52 metros abaixo do nível médio do mar), enquanto que o mais claro representa a média dos valores extremos de preamar de sizígia (0,8 metros acima do nível médio do mar). As tonalidades intermediárias correspondem à média dos valores extremos observados por ocasião da baixamar de quadratura (0,22 metros abaixo do nível médio do mar) e à média dos extremos de preamar de quadratura (0,42 metros acima do nível médio do mar). Cabe ressaltar que tais valores foram calculados a partir da Tábua das Marés de 1998.

As áreas representadas por tonalidades de rosa correspondem aos bermas ("levées") que ocorrem próximos às margens do rio e são entrecortados por canais de maré (as tonalidades de azul). Os símbolos numerados indicam a posição das primeiras 4 estações de monitoramento da salinidade da água intersticial.

À medida em que se adentra o bosque de mangue, os canais tornam-se mais rasos e com menor grau de inclinação nas margens, sendo gradualmente substituídos por uma bacia (tons avermelhados) que continua representando vias preferenciais de alagamento e/ou drenagem superficial, em situações de preamar ou baixa-mar, respectivamente.

Cabe ressaltar que os dados de maré utilizados referem-se ao Porto de Sepetiba e representam exclusivamente os componentes astronômicos da maré, não abordando situações criadas por fatores meteorológicos e/ou variações geomorfológicas. Neste sentido, pode-se propor um cenário que acrescente às respectivas marés de quadratura e sizígia, uma altura de 0,35 metros, correspondendo à maré meteorológica encontrada por Fillipo (1996) para a Baía de Guanabara.

Com este último cenário, um pico na preamar de sizígia alagaria todo o bosque, inclusive o bosque ribeirinho, onde encontram-se os bermas.

A figura 24 apresenta o comportamento microtopográfico do apicum, tendo como base um sistema de quadrantes, com espaçamento de 100 metros, que objetiva destacar as feições encontradas.

Nesta figura, a antiga rodovia Rio-Santos encontra-se a cerca de 500 metros à esquerda do quadrante A, de modo que o início do bosque de mangue ocorre ao longo do quadrante J. A área complementar deste apicum, não coberta pelo levantamento, estaria representada ao longo de toda a porção superior deste mapa.

A localização das estações onde foi realizado o monitoramento da água intersticial está representada por círculos acinzentados, juntamente com os devidos números de identificação.

De forma análoga à representação do canal de maré, as alterações nos intervalos de cada classe de cor pretendem destacar as altitudes mais freqüentes. Os tons de azul representariam as inundações provocadas pelas marés, de modo que o tom de azul mais escuro (vide legenda) representaria, nesta situação, o alagamento provocado pela média dos valores extremos de preamar de quadratura (0,42 metros acima do nível médio do mar), enquanto o tom de azul mais claro corresponderia à média dos valores extremos de preamar de sizígia (0,8 metros), acrescidos de um valor proposto para maré

meteorológica (0,35 metros). Cabe ressaltar que a aparente falta de inundação será discutida no item 6 deste estudo.

Na figura 24, as feições mais altas estão destacadas por tonalidades de rosa, nos quadrantes FI, FII e GV, representando alguns dos sambaquis que ocorrem na região. Outro sambaqui, com porte bastante reduzido, é representado no quadrante DII.

Nos sambaquis, as áreas avermelhadas representam verdadeiras ilhas, no tocante à cobertura vegetal: as porções mais altas são compostas por vegetação típica de restingas; à medida em que se afasta do centro ocorre *Salicornia gaudichaudiana* e; circundando o sambaqui, já nos pontos mais baixos (em tons de laranja), ocorrem espécies características de mangue, geralmente *Avicennia schaueriana*.

Os quadrantes AI, AII, AIII, BI e CI; apenas parcialmente cobertos pelo levantamento, representam o início da colonização perene de *Salicornia gaudichaudiana*, daí apresentarem alturas ligeiramente mais elevadas que as áreas da planície desprovidas de vegetação.

As áreas destacadas por tonalidades de laranja, nos quadrantes BI, BII, CI, CII, DI, DII e EI; correspondem a cotas intermediárias e são compostas por pequenos agrupamentos afêmeros de *Salicornia gaudichaudiana*.

Na porção inferior do mapa (figura 24), nos quadrantes com representação de cores parcial ou ausente, ocorre uma faixa de mangue adjacente a um canal retificado que corta todo o apicum, sendo divisor deste com a área ocupada pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias – EMBRAPA. Nesse ponto, a faixa de mangue penetra o apicum (quadrante EIII) aproveitando-se da existência de um micro-canal que atravessa a área (quadrante EIV).

As espécies vegetais de mangue que invadem o apicum representam um bosque consolidado. A projeção deste bosque, ainda no micro-canal, corresponde a uma colonização pouco densa de indivíduos de *Avicennia schaueriana* com porte reduzido (quadrante EII).

Os quadrantes classificados por J correspondem, invariavelmente, a áreas no interior do bosque de mangue, de forma que as transversais ultrapassam a interface apicum/bosque de mangue.

Figura 2.3

LEVANTAMENTO DA MICROTOPOGRAFIA DE UM CANAL DE MARÉ

(GUARATIBA - RJ)

MAPA DE RELEVO

REFERÊNCIA: Nível Médio do Mar

Fonte dos Dados de Maré: Tábua das Marés (Porto de Supetiba/RJ) - Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN

LEGENDA:

● - Estação de Monitoramento

1 - Identificação da Estação

N1 - Média dos extremos de preamar de sizígia

N2 - Média dos extremos de preamar de quadratura

N3 - Média dos extremos de baixamar de quadratura

N4 - Média dos extremos de baixamar de sizígia

Figura 24

O ponto de menor cota no quadrante JI representa uma pequena bacia desprovida de vegetação, na interface do apicum com o bosque de mangue.

As áreas cobertas pelos quadrantes GIII, GIV, HIII e HIV; apresentam manchas pouco densas e isoladas de *Salicornia gaudichaudiana*, enquanto nos quadrantes GII, HII e III a ocorrência se dá com maior densidade, formando um único bloco, embora ainda seja ralo. Nos setores GI, HI e II retoma-se o padrão de manchas ralas e isoladas.

5.3 ANÁLISE GRANULOMETRIA

A tabela XI reúne os resultados obtidos nas análises granulométrica, teores de matéria orgânica e carbonatos para todas as estações amostradas, superfície e fundo (50 centímetros), expressos sob a forma de porcentagens.

Os resultados são apresentados em grupos, por meio das figuras 25 a 34, facilitando a discussão dos mesmos.

De acordo com a figura 25, a concentração de matéria orgânica em superfície, nas estações localizadas no bosque, é maior nas estações próximas ao Rio Piracão, reduzindo à medida em que se aproxima o apicum. A estação 08 (11,78%), representa uma exceção neste padrão.

Figura 25: Porcentagem de Matéria Orgânica, em Superfície e Fundo, nas Estações localizadas no Bosque.

Tabela VI: Porcentagens de Matéria Orgânica, Carbonatos, Fração Grosseira e Fina, em superfície e fundo (0,50m) ao longo das estações de amostragem.

	Mat.Org.(%)		Carbon.(%)		Fr.Gross.(%)		Fr. Finos(%)	
Est.	Sup.	Fundo	Sup.	Fundo	Sup.	Fundo	Sup.	Fundo
1	4,29	1,75	5,57	0,83	6,19	14,8	93,81	85,2
2	5,08	2,75	5,01	3,57	22,64	45,41	77,34	54,59
3	11,34	5,36	1,91	2,22	47,7	58,52	52,3	41,48
4	7,23	10,68	2,48	2,66	30,11	33,14	69,89	66,86
5	4,93	5,24	3,46	4,38	42,31	18,41	57,69	81,59
6	2,88	8,69	3,13	5,94	5,68	1,99	94,32	98,01
7	0,73	0,38	4,45	3,27	11,66	14,27	88,34	85,73
8	11,78	2,84	1,48	3,09	15,74	37,42	84,26	62,58
9	0,36	4,49	1,56	3,6	8,57	6,92	91,43	93,08
10	2,48	3,2	0,74	1,98	18,73	35,43	81,27	64,57
11	3,22	4,77	2,58	2,47	19,84	31,84	80,16	68,16
12	5	4,05	3,1	2,82	19,69	35,88	80,31	64,12
13	2,21	4,99	2,88	4,97	22,13	17,46	77,87	82,54
14	2,7	0,93	2,61	2,55	18,32	14,22	81,68	85,78
15	1,75	5,1	3,25	5,91	1,96	2,47	98,04	97,53
16	1,53	3,86	0,28	4,87	1,89	1,1	98,11	98,9
17	1,12	2,5	3,13	6,15	4,26	3,68	95,74	96,32
18	2,06	8,94	9,58	0,33	8,95	8,77	91,05	91,23
19	0,52	6,24	3,56	4,84	7,86	3,2	92,14	96,8
20	5,51	4,98	2,77	3,06	4,36	1,42	95,64	98,58
21	0,99	5,35	2,35	2,95	14,28	38,47	85,72	61,53

Com relação a concentração de matéria orgânica no estrato correspondente aos 0,50m de profundidade, as estações 01, 02 e 03 seguem a mesma tendência da superfície, mas sempre com concentrações inferiores.

As estações intermediárias no bosque de mangue apresentam as maiores concentrações de matéria orgânica à 0,50m de profundidade, superando, inclusive, as concentrações de superfície. A estação 09, apresenta em

superfície, a menor concentração para estações do bosque e, no fundo, o percentual de 4,49%, contrariando a aparente tendência de redução das demais amostras.

Figura 26: Percentual da fração de Finos, em Superfície e Fundo, ao longo das estações de amostragem.

A figura 26 apresenta os valores granulométricos percentuais da fração de finos, em superfície e fundo, ao longo das estações de amostragem.

As menores concentrações de finos, em superfície, são encontradas nas estações 03 e 05. Os estratos a 0,50m de profundidade acompanham as tendências observadas na superfície. Entretanto, na maioria das estações do bosque apresentam percentuais menores que os do estrato superficial, enquanto nas estações do apicum essa distribuição é mais homogênea.

A estação 21, dentre as estações do apicum, foi a que apresentou o menor percentual de finos na amostra de fundo.

As estações submetidas a hidrodinamismo mais intenso, quer seja nos canais à margem do rio, quer seja no micro-canal da estação 21, apresentaram os menores percentuais da fração fina, não só em superfície, mas, principalmente, no estrato a 0,50m de profundidade.

Tais valores podem estar evidenciando o hidrodinamismo a que estão submetidas essas áreas. Em assim sendo, pode-se supor que as estações 10, 11 e 12, também encontram-se em áreas de intenso hidrodinamismo, pois apresentam percentuais semelhantes.

Figura 27: Porcentagem de Matéria Orgânica, Carbonatos e Fração Grosseira de Superfície nas Estações do Bosque.

O percentual de matéria orgânica no bosque, na superfície (figura 27) apresenta dois picos positivos e dois negativos, nas estações 03 e 08 e; 07 e 09, respectivamente. Os valores máximos, aparentemente, estão associados a um aumento na contribuição da fração grosseira, embora este não seja o padrão mais comum apresentado em bosques de mangue. Entretanto, o fato de os valores mínimos não estarem relacionados, de forma análoga, à reduções nos percentuais de “grossos”, sugere a existência de relação com algum outro fator.

Os teores de carbonatos são mais elevados nas estações 01 e 02, diminuindo nas estações 03 e 04 e tornando a elevar até a estação 07. A partir daí, chegam a percentuais mínimos nas estações 08 e 09.

Com relação ao estrato de 0,50m de profundidade (figura 28), nota-se condições de matéria orgânica e carbonatos mais homogêneas que as de superfície, embora mantendo as mesmas tendências.

Os percentuais de matéria orgânica e de carbonatos nas estações 01 e 02 são inferiores aos de superfície. O pico de matéria orgânica da estação 03 (superfície) encontra-se deslocado na estação 04 (fundo). Existe um outro pico

de matéria orgânica na estação 06, coincidindo com o aumento do percentual de carbonatos e uma redução brusca no percentual de fração grosseira.

Figura 28: Porcentagem de Matéria Orgânica, Carbonatos e Fração Grosseira, na camada de Fundo, para as Estações do Bosque.

A estação 07 continua representando um pico negativo, com percentuais mínimos de matéria orgânica. Entretanto, o outro pico negativo registrado para a superfície, na estação 09, não existe na camada de fundo (0,50m).

Figura 29: Porcentagem de Matéria Orgânica, Carbonatos e Fração Grosseira, em Superfície, nas Estações de Mancha de *Salicornia gaudichaudiana* e microcanal (21)

Figura 30: Porcentagem de Matéria Orgânica, Carbonatos e Fração Grosseira, na camada de fundo, para as Estações de Mancha de *Salicornia gaudichaudiana* e microcanal (21).

As figuras 29 e 30 apresentam os resultados registrados para as estações onde ocorre *Salicornia gaudichaudiana* e, no caso da estação 21, correspondendo ao micro-canal.

Os teores de carbonatos são relativamente constantes, tanto em superfície quanto na camada de fundo, ao longo das estações, tendo um ligeiro acréscimo na estação 15. Da mesma forma, a porcentagem de matéria orgânica mostra-se bastante homogênea no fundo (0,50m), com pico na estação 20 de superfície, que representa o banco perene de *Salicornia gaudichaudiana*.

No que diz respeito à fração grosseira, observa-se maiores porcentagens nas estações 11 e 21, superfície e fundo, além da 13 em superfície. De maneira antagônica, as estações 15 superfície e fundo e, 20 fundo, apresentam percentuais muito baixos.

A figura 31 apresenta as estações localizadas no apicum, em áreas sem cobertura vegetal, em superfície. Nota-se que o percentual de matéria orgânica decai em direção ao continente, apresentando um leve aumento na estação 18.

Figura 31: Porcentagem de Matéria Orgânica, Carbonatos e Fração Grosseira, em Superfície, para as estações de Apicum.

Figura 32: Porcentagem de Matéria Orgânica, Carbonatos e Fração Grosseira, na camada de fundo, nas estações de Apicum.

Com relação ao percentual de carbonatos, observa-se um mínimo na estação 16 e um máximo na 18, de modo que as demais estações apresentam valores intermediários.

Para a fração grosseira, observa-se um acentuado declínio da estação 16 em relação às estações 10 e 12, com tendência de restabelecimento nas estações seguintes, 17 a 19.

A figura 32 apresenta os valores encontrados para as estações do apicum, na camada de fundo. Nota-se uma distribuição relativamente homogênea no que se refere aos carbonatos, sendo que na estação 18, ao contrário da amostra de superfície, ocorre um valor mínimo.

A porcentagem de matéria orgânica apresenta um comportamento variável ao longo das estações, embora ocorra uma tendência de aumento em direção ao continente, ao contrário das amostras de superfície.

Com relação ao percentual da fração grosseira, o comportamento apresentado é similar àquele das amostras de superfície, sendo que as porcentagens das estações 10 e 12 são mais elevadas.

Figura 33: Porcentagem de Matéria Orgânica, Carbonatos e Fração Grosseira, em Superfície, nos pares de estações do Apicum.

As figuras 33 e 34 apresentam os resultados das estações pareadas 11 e 12; 13 e 14 e; 15 e 16, para superfície e fundo, respectivamente, sendo que as estações ímpares correspondem às manchas de *Salicornia gaudichaudiana*.

Observa-se que as porcentagens de carbonatos mantêm-se extremamente homogêneas, tanto em superfície quanto na camada de fundo, variando apenas nas estações 16 (em superfície) e 14 (camada de fundo), onde apresentam menores percentuais.

No que diz respeito a matéria orgânica, considerando-se as estações pareadas, não há variações significativas, à exceção da estação 14 de fundo, que apresenta redução considerável na porcentagem de matéria orgânica.

A porcentagem da fração grosseira, considerando novamente os pares, não há variações significativas, muito embora ocorra uma grande diminuição nas camadas de fundo da estação 12 (35,88%), para a estação 16 (1,1%).

Figura 34: Porcentagem de Matéria Orgânica, Carbonatos e Fração Grosseira, na camada de fundo, nos pares de estações do Apicum.

5.4 SALINIDADE

A tabela VII reúne os valores absolutos de salinidade da água intersticial obtidos mensalmente, durante as luas de quarto crescente de cada mês, ao longo das estações de estudo.

Os campos assinalados com o símbolo #, representam dados não obtidos, quer seja pelo fato de encontrarem-se os pontos alagados, ou mesmo, por estarem extremamente secos. Em geral, os pontos alagados foram encontrados nas áreas de apicum, associados a passagem de frentes frias. Os casos de ressecamento excessivo, impedindo o afloramento da água intersticial, foram associados a períodos de baixa pluviosidade, com as amostragens realizadas por ocasião de baixamar.

O mês de março de 1996, data da primeira coleta, apresenta falhas em todas as estações que se encontram no interior do bosque devido ao fato de estarem alagadas.

Em março de 1996, as estações 01 e 02, representaram exceções, não estando alagadas, por estarem localizadas em cotas mais elevadas do terreno.

Tabela VII: Resultados do monitoramento da salinidade da água intersticial, para cada estação, com as respectivas médias.

	1996												1997												1998			
EST.	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	Media			
1	23	28	26	23	23	30	24	25	16	25	22	30	26	27	29	30	30	30	32	35	30	32	26	32	27,3			
2	28	32	21	25	26	28	25	30	22	32	24	32	26	33	31	32	32	35	39	38	30	34	26	33	29,8			
3	#	17	18	18	22	25	18	26	25	25	22	28	26	26	30	30	32	32	32	34	32	28	28	33	26,4			
4	#	26	26	30	15	24	28	28	28	27	26	26	28	28	28	28	27	31	28	32	32	32	32	26	27,7			
5	#	21	16	#	26	24	#	28	15	27	22	35	21	32	34	#	34	35	#	36	32	30	23	36	27,7			
6	#	35	43	34	34	24	26	27	32	#	#	30	34	26	34	27	32	37	#	32	32	42	33	38	32,6			
7	#	28	40	28	30	28	29	22	16	#	28	22	30	34	35	36	37	32	#	34	32	38	35	37	31,0			
8	#	37	32	29	28	27	28	27	28	24	28	30	34	27	27	33	35	34	#	34	38	38	37	36	30,2			
9	#	58	48	52	50	44	27	38	42	43	38	53	30	48	53	34	41	44	#	46	48	52	48	40	44,4			
10	#	52	21	28	32	45	24	33	32	36	28	36	48	45	45	48	44	42	#	42	38	47	24	41	37,8			
11	74	44	68	52	49	62	62	54	56	57	75	66	58	66	70	68	60	64	62	60	62	60	65	66	61,7			
12	103	103	106	106	95	94	102	103	102	100	96	88	101	103	95	95	88	97	93	94	82	96	84	94	96,7			
13	71	44	58	45	48	60	55	47	#	56	52	62	53	66	55	58	58	62	68	62	75	67	64	66	58,8			
14	103	88	107	95	98	104	108	106	111	110	106	96	88	108	104	106	108	113	105	109	106	101	110	88	103,3			
15	55	48	65	57	68	63	63	57	56	54	82	77	30	66	61	58	60	65	66	65	56	66	72	66	61,5			
16	95	88	94	85	94	92	92	94	55	87	60	88	76	82	86	85	86	88	82	84	92	86	89	93	85,5			
17	100	95	90	96	85	93	82	79	80	90	89	96	89	94	93	86	92	92	87	87	102	90	90	90	90,3			
18	87	80	76	76	75	82	89	75	88	76	84	75	81	65	75	78	78	67	75	78	82	82	82	79	78,5			
19	103	84	102	99	90	93	100	99	102	98	104	102	88	95	94	94	90	94	92	86	94	94	94	92	95,1			
20	60	50	50	57	48	54	61	53	45	44	52	55	55	48	60	57	60	55	53	58	60	60	61	59	54,8			
21	80	60	21	66	43	68	18	65	#	66	26	54	63	64	65	57	62	65	67	60	80	65	82	64	59,2			

Na área do apicum, apenas duas estações (13 e 21), no mês de novembro de 1996, não puderam ser monitoradas, por encontrarem-se totalmente inundadas devido a passagem de uma frente fria.

O mês de setembro de 1997 foi o que apresentou maior grau de ressecamento, tendo atingido as estações 05 a 10.

Os valores mais elevados de salinidade foram encontrados no apicum, nas áreas desprovidas de vegetação, ou seja, nas estações 12, 14, 16, 17, 18 e 19. O valor máximo foi de 113 ups., encontrado na estação 14, no mês de agosto de 1997.

A estação 21 apresenta a salinidade média mais baixa (59,2) das áreas de apicum desprovidas de cobertura vegetal.

O valor mínimo absoluto de salinidade (15 ups.) foi registrado nas estações 04 e 05, nos meses de julho e novembro de 1996, respectivamente.

Cabe ressaltar que o alagamento das estações 13 e 21 também ocorreu em novembro de 1996.

Considerando-se as estações situadas no bosque de mangue, os valores mais elevados de salinidade foram registrados na estação 09, tendo sido de 58 ups. o valor máximo medido.

A figura 35 apresenta os valores médios de salinidade da água intersticial para cada estação de amostragem e seus respectivos desvios padrões.

Figura 35: Médias, desvios e erros padrões da salinidade da água intersticial, para cada estação do monitoramento.

Podem ser observados três patamares distintos, onde as estações se agrupam, em função dos valores médios de salinidade apresentados.

O primeiro patamar seria composto pelo conjunto de estações situadas no interior do bosque, no qual são encontrados os menores valores de salinidade e, de forma geral, os menores desvios padrões, ou seja, apresentam maior homogeneidade de condições com respeito a este componente abiótico, comparando-se com as estações encontradas no apicum.

As estações 09 e 10 apresentam médias e desvios padrões maiores que as estações do interior do bosque, configurando assim maior heterogeneidade, no que diz respeito às condições de salinidade da água

intersticial. Embora não caracterizem um patamar, apresentam condições relativamente distintas daquelas encontradas no bosque de mangue.

O segundo patamar é composto pelas estações posicionadas no apicum, em manchas isoladas de *Salicornia gaudichaudiana* ou, como no caso da estação 21, localizada em um micro-canal.

A estação 21, devido a amplitude de condições físico-químicas decorrentes de sua localização, apresenta o maior desvio padrão entre todas as estações monitoradas.

A estação 20 apresenta desvio padrão equivalente ao das estações localizadas no interior do mangue e, das estações localizadas no apicum, sendo a única representativa do banco perene de *Salicornia gaudichaudiana*.

O terceiro patamar pode ser destacado como sendo representativo das estações localizadas no apicum em áreas sem qualquer tipo de cobertura vegetal. É neste grupo que são encontrados os maiores valores absolutos de salinidade e, também, os maiores valores médios.

Convém ressaltar que como dito anteriormente, as estações 12, 14 e 16, próximas às estações 11, 13 e 15, podem ser consideradas como pares, respectivamente.

A figura 36 apresenta o resultado da análise estatística de agrupamento UPGMA, com representação nas distâncias Euclidianas, para todas as medições, em todas as estações.

Podem ser observados três grupos distintos, a saber: o primeiro formado pelas estações 18, 14, 19, 17, 16 e 12, localizadas no apicum e sem cobertura vegetal; outro composto pelas estações 21, 15, 20, 13 e 11, também dispostas no apicum, porém em áreas com ocorrência de manchas de *Salicornia gaudichaudiana* e; um terceiro grupo, composto pelas estações dispostas no interior do bosque de mangue, com aparente subdivisão representada pelas estações 09 e 10. Esta aparente subdivisão será discutida no item 6.

Figura 36: Dendrograma de agrupamento UPGMA das estações de amostragem da salinidade da água intersticial.

A partir dos agrupamentos mostrados na figura 36, foram elaboradas novas análises estatísticas, também com base nos agrupamentos, tendo como objetivo distribuir as estações por épocas do ano, para cada ano de amostragem (figuras 37 a 42).

Figura 37: Dendrograma de agrupamento WPGMA, referente ao 1º ano do monitoramento, para as estações do apicum.

Figura 38: Dendrograma de agrupamento WPGMA, referente ao 2º ano do monitoramento, para as estações do apicium.

Figura 39: Dendrograma de agrupamento por comparação completa, referente ao 1º ano de monitoramento, para as estações de *Salicornia gaudichaudiana*.

Figura 40: Dendrograma de agrupamento por comparação completa, referente ao 2º ano de monitoramento, para as estações de *Salicornia gaudichaudiana*.

Figura 41: Dendrograma de agrupamento por comparação simples, referente ao 1º ano do monitoramento, para as estações do bosque.

Figura 42: Dendrograma de agrupamento por comparação simples, referente ao 2º ano de monitoramento, para as estações do bosque.

A variação no embasamento das análises, entre Agrupamento Simples, Agrupamento Composto e WPGMA, tem como objetivo a melhor apresentação dos resultados.

A variação no número de meses agrupados deve-se ao fato de que só foram incluídos na análise os meses em que não houve falhas no levantamento dos dados. Desta forma, o grupo das estações de *S. gaudichaudiana* e do apicum são mais completos, quando comparados ao grupo de estações do bosque, onde houve maior coincidência de alagamentos com as datas de amostragem.

Os resultados, para cada grupo de estações, não apresentam agrupamentos definidos entre os meses de um mesmo ano e, tão pouco um padrão de agrupamento de meses entre cada um dos anos monitorados.

De forma geral, em nenhum dos casos foi observado um agrupamento coerente com qualquer parâmetro sazonal aparente, ou mesmo agrupamentos bem definidos em cada um dos dois anos do monitoramento.

5.5 CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA VEGETAL DO BOSQUE DE MANGUE

A tabela VIII mostra, a área basal total viva e morta, em metros quadrados por hectare, por classes de DAP, em cada parcela.

Pode-se observar que enquanto a contribuição de indivíduos vivos com DAP maior ou igual a 10cm diminui no sentido rio-apicum, a contribuição dos menores que 2,5cm aumenta.

A estação H representa uma ruptura nesta tendência pois, embora apresente maior contribuição de indivíduos na classe intermediária (26,27 m²/ha), também registra indivíduos com DAP maior que 10, os quais não ocorrem nas estações G (também na interface com o apicum) e F (mais afastada do apicum).

Tabela VIII: Área Basal Total Viva e Morta (m²/ha), por classes de DAP (cm), para cada zona caracterizada.

Parc.	Área Basal Viva (m ² /ha)				Área Basal Morta (m ² /ha)				TOTAL
	< 2,5	≥ 2,5	≥10	Total	< 2,5	≥ 2,5	≥10	Total	
A	—	9.86	14.88	24.74	—	1.37	—	1.37	26.11
B	0.06	6.65	12.89	19.60	0.04	0.88	1.34	2.26	21.86
C	0.75	9.77	9.98	20.50	0.39	1.58	2.65	4.62	25.12
D	1.65	8.07	3.65	13.37	0.64	1.14	—	1.78	15.15
E	4.76	8.58	0.95	14.29	0.48	0.26	—	0.74	15.03
F	4.23	57.50	—	61.73	0.17	0.23	—	0.40	62.13
G	—	51.96	—	51.96	—	—	—	—	51.96
H	3.60	26.27	7.13	37.00	—	0.24	—	0.24	37.24
Total	15.05	178.66	49.48	243.19	1.72	5.70	3.99	11.41	254.60

A contribuição dos indivíduos vivos, com DAP maior ou igual a 2,5 cm é marcante em todas as parcelas, sendo que nas três últimas (F, G e H) atingem valores bastante elevados. No que diz respeito aos indivíduos mortos, desta mesma classe de DAP, somente não há registro para a parcela G, de modo que as maiores contribuições estão nas estações C, A e D, respectivamente.

Por outro lado, a maior contribuição de mortos, somando-se as classes, ocorre nas parcelas C, B e D, respectivamente, sendo que apenas nas parcelas B e C foram registrados indivíduos mortos com DAP maior ou igual a 10 cm.

A parcela G foi a única onde não foram encontrados indivíduos mortos, embora nas estações F e H a contribuição de mortos tenha sido extremamente reduzida.

Com relação a contribuição total por parcelas, os maiores valores para os vivos encontram-se nas parcelas F, G e H respectivamente, enquanto os menores valores estão nas parcelas D e E, que são intermediárias no bosque. Para os mortos, observa-se uma menor contribuição das parcelas mais próximas ao apicim, G, H e F, enquanto os maiores valores estão nas parcelas mais próximas ao Rio Piracão, C, B, D e A.

A figura 43 apresenta os valores percentuais de área basal por classes de DAP, considerando a condição de vivos ou mortos, para cada parcela.

Figura 43: Área Basal em valores percentuais por classes de DAP, para vivos e mortos, em cada parcela.

A análise dessa figura 43 acompanha a interpretação dada na tabela VIII, entretanto a apresentação de valores percentuais demonstra, de forma mais clara, as contribuições de cada classe ao longo das parcelas.

A tabela IX apresenta o número de indivíduos por hectare, a altura média com o desvio padrão e o diâmetro médio (DAP médio) para cada parcela do bosque estudado.

Verifica-se que as maiores densidades encontram-se nas parcelas F, E e H, respectivamente, enquanto os menores valores estão nas estações B e A. As demais parcelas apresentam densidades intermediárias entre estes dois conjuntos de parcelas.

A maior altura média encontra-se na parcela A, enquanto o maior desvio padrão ocorre na B, de forma que é nesta última parcela onde encontram-se os indivíduos de maior estatura deste bosque.

De forma geral, as maiores alturas médias estão nas proximidades do rio, diminuindo gradualmente à medida em que se aproxima do apicum, sendo que o menor valor encontra-se na parcela H.

Tabela IX: Características estruturais para cada zona do bosque: indivíduos vivos / hectare, altura média e DAP médio.

Parcela	Nºde ind.vivos/ha	Altura Média (m)	DAP médio (cm)
A	4.100	7,63 ± 2,86	8,77
B	2.867	7,39 ± 3,87	9,33
C	9.800	4,16 ± 2,21	5,16
D	13.400	3,27 ± 1,74	3,56
E	34.300	1,35 ± 0,85	2,30
F	45.714	1,07 ± 0,45	4,15
G	12.667	1,24 ± 0,19	7,23
H	33.666	0,79 ± 0,28	3,74

O maior DAP médio está na parcela B, seguido das parcelas A e G, respectivamente, enquanto os menores valores estão nas parcelas E, D e H, respectivamente.

A tabela X e a figura 44 demonstram a área basal viva e morta, por espécies, em valores percentuais, para cada parcela.

Percebe-se que a maior contribuição de *Rhizophora mangle* viva ocorre nas parcelas próximas ao rio, principalmente na B, irrigada por canais de maré.

Nas parcelas C e D, a contribuição dessa espécie diminui significativamente, enquanto *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana* aumentam, sendo a dominância desta última. Entretanto, deve-se destacar o elevado percentual de mortos de *A.schaueriana* (13,67%) na parcela C.

A partir da parcela E, já não há registro de *R. mangle*, com a crescente dominância, em porcentagem de área basal, de *L.racemosa* sobre *A.schaueriana*.

A parcela G apresenta 100% de dominância, em porcentagem de área basal, de *L.racemosa* viva, sendo a única parcela onde não há indivíduos mortos, como descrito anteriormente.

Em contra-partida, a parcela H apresenta dominância absoluta de *A. schaueriana*, sendo que 0,63% da área basal desta parcela representa indivíduos mortos.

Tabela X: Área Basal (%) por espécie, onde Rh= *Rhizophora mangle*, Av= *Avicennia schaueriana* e, Lg= *Laguncularia racemosa*.

Parcela	Área Basal Viva (%)			Área Basal Morta (%)		
	Rh	Av	Lg	Rh	Av	Lg
A	43,22	45,14	6,41	2,28	1,44	1,52
B	56,73	16,70	16,24	1,48	7,11	1,75
C	27,78	47,66	6,15	3,27	13,67	1,46
D	7,31	62,05	18,91	—	7,55	4,17
E	—	38,84	56,24	—	1,38	3,54
F	—	13,00	86,35	—	0,58	0,07
G	—	—	100,00	—	—	—
H	—	99,37	—	—	0,63	—

Figura 44: Porcentagem de área basal viva e morta, por espécie, para cada parcela.

No que diz respeito a indivíduos mortos, a parcela C é a que apresenta maior porcentagem (18,4%), seguida pelas parcelas D (11,72%) e B (10,34%). Na parcela C 13,67% da área basal corresponde a indivíduos mortos de *A.schaueriana*

As quatro estações mais próximas ao apicium são as que apresentam os menores percentuais de indivíduos mortos.

A tabela XI reúne o número de troncos vivos e mortos, por espécie e classe de DAP, por hectare, em cada estação do bosque.

A estação A não apresenta indivíduos com DAP menor que 2,5cm, além de não haver troncos mortos com DAP maior ou igual a 10cm. A dominância em troncos é de *R.mangle* maiores ou iguais a 2,5cm (3300 ind./ha), seguida de *A. schaueriana* com DAP maior ou igual a 10cm (400 ind./ha). Embora não ocorram troncos vivos de *L.racemosa* com DAP maior ou igual a 2,5 cm, existem 100 mortos dessa espécie, nesta classe diamétrica.

Tabela XI: Troncos Vivos e Mortos por Classes de DAP, por espécies para cada estação.

Parc.	Nº TRONCOS VIVOS / (Nº TRONCOS MORTOS) (ha)											
	Rh<2,5	Rh≥2,5	Rh≥10	Total	Lg<2,5	Lg≥2,5	Lg≥10	Total	Av<2,5	Av≥2,5	Av≥10	TOTAL
A	---	3300 (300)	200 (0)	3500 (300)	---	0 (100)	100 (0)	100 (100)	---	100 (200)	400 (0)	500 (200)
B	---	933 (200)	600 (0)	1533 (200)	---	200 (200)	133 (0)	333 (200)	267 (200)	600 (67)	133 (67)	1000 (334)
C	2200 (1200)	4000 (800)	---	6200 (2000)	0 (400)	800 (600)	---	800 (1000)	800 (200)	1000 (1000)	800 (200)	2600 (1400)
D	2000 (0)	600 (0)	---	2600 (0)	4000 (3000)	2800 (200)	---	6800 (3200)	1400 (400)	2200 (1200)	400 (0)	4000 (1600)
E	---	---	---	---	20400 (2000)	4700 (300)	---	25100 (2300)	6900 (800)	2200 (100)	100 (0)	9200 (900)
F	---	---	---	---	12286 (286)	26857 (0)	---	39143 (286)	2571 (286)	3714 (286)	---	6285 (572)
G	---	---	---	---	---	12666 (0)	---	12666 (0)	---	---	---	---
H	---	---	---	---	---	---	---	---	11000 (0)	22333 (0)	333 (0)	33666 (0)
Total	4200 (1200)	8833 (1300)	800 (0)	13833 (2500)	36686 (5686)	48023 (1400)	233 (0)	84942 (7086)	22938 (1886)	32147 (2853)	2166 (267)	57251 (5006)

Legenda: traços correspondem a ausência da classe na parcela.

Na parcela B ainda persiste a dominância de *R.mangle*, embora menos pronunciada. Há um aumento nas contribuições, tanto de *L.racemosa*, quanto de *A.schaueriana*, sendo que esta última apresenta troncos com DAP menor que 2,5cm. Embora o número total de troncos nesta parcela seja inferior ao total da parcela A, ela já apresenta um total de troncos mortos sensivelmente maior.

Na parcela C, ocorre aumento pronunciado quanto a densidade de troncos, tanto vivos quanto mortos, além da inclusão de troncos de *R.mangle* com DAP menor que 2,5cm. Embora a dominância ainda seja de *R. mangle* na classe diamétrica entre 2,5 e 10cm, apenas *A.schaueriana* ocorre com DAP maior ou igual a 10cm.

A parcela D é a última com ocorrência de *R.mangle*. A dominância em número de troncos passa a ser de *L.racemosa*, embora haja grande número de troncos mortos dessa espécie com DAP menor que 2,5cm. Há uma redução no

número de troncos com DAP maior ou igual a 10cm (apenas 400/ha de *A.schaueriana*) e um incremento no número de troncos com DAP menores que 2,5cm (total de 7400 troncos vivos/ha). A partir da parcela E, *R.mangle* desaparece, aumentando a dominância de *L.racemosa*, embora a parcela H seja monoespecífica, apenas com *A.schaueriana*.

Tabela XII: Valores de salinidade média, porcentagens de matéria orgânica, carbonatos e a fração grosseira do sedimento, para superfície e fundo, ao longo das estações de amostragem no bosque de mangue.

		Mat.Org. (%)		Carbon(%)		Fr.Gross. (%)		
Est.	Sal. Min./Max.	Sup.	Fundo	Sup.	Fundo	Sup.	Fundo	Parc.Corresp.
1	16 / 35	4,3	1,8	5,6	0,8	6,2	14,8	A
2	21 / 39	5,1	2,8	5,0	3,6	22,6	45,4	A
3	17 / 34	11,3	5,4	1,9	2,2	47,7	58,5	B
4	15 / 32	7,2	10,7	2,5	2,7	30,1	33,1	B
5	15 / 36	4,9	5,2	3,5	4,4	42,3	18,4	C
6	24 / 43	2,9	8,7	3,1	5,9	5,7	2,0	D
7	16 / 40	0,7	0,4	4,5	3,3	11,7	14,3	E
8	24 / 38	11,8	2,8	1,5	3,1	15,7	37,4	G
9	27 / 58	0,4	4,5	1,6	3,6	8,6	6,9	H

A tabela XII apresenta os valores máximos e mínimos de salinidade, as porcentagens de matéria orgânica, carbonatos e a fração grosseira, para superfície e fundo, além das parcelas de estrutura vegetal do bosque a que correspondem tais amostras.

A parcela F não apresenta valores de salinidade e características sedimentológicas pois, *a priori*, não havia sido destacada para monitoramento. Entretanto, quando da caracterização estrutural, foi vislumbrada como sendo um estágio intermediário de zonação entre as parcelas E e G, caracterizadas anteriormente.

Os sedimentos das estações 01 e 02, correspondentes a parcela A, apresentam características granulométricas bastante similares, à exceção da fração grosseira de superfície e fundo que, na estação 01, têm menores porcentagens, semelhantes às encontradas nas parcelas mais afastadas do rio.

As estações 03 e 04, embora estejam incluídas parcela B, apresentam condições hidrodinâmicas ligeiramente diferenciadas, como descrito anteriormente. Dessa forma, são observados valores diferenciados no que diz respeito às porcentagens de matéria orgânica e fração grosseira, tanto na superfície quanto no fundo.

A partir da estação 05, os valores de matéria orgânica de superfície diminuem gradualmente, com exceção da estação 08 que apresenta um pico de 11,8%. De forma análoga, a porcentagem da fração grosseira também diminui, tanto em superfície quanto no fundo, embora haja novamente uma exceção para a estação 08.

De forma geral, as concentrações de carbonatos, tanto em superfície quanto na camada de fundo, não apresentam um padrão de variação definido, nesta sequência de resultados.

6. DISCUSSÕES

Os resultados obtidos no presente estudo podem ser analisados de duas formas, de modo a considerar não só escalas locais, mas também regionais, ou seja, permitindo discutir os processos internos do mangue, do apicum e de suas interfaces, além daqueles que envolvem a formação e a manutenção dos apicuns na região da Baía de Sepetiba.

Cada análise considera uma escala espaço-temporal distinta, haja visto o fato de que tanto a formação quanto os processos de dinâmica dos apicuns pressupõem uma escala de tempo que envolva processos geomorfológicos e climatológicos costeiros da região, enquanto as inter-relações do manguezal representam uma escala pontual, baseada em condições locais.

De forma análoga, porém em termos de energia, considera-se o fato de que tratamos de escalas energéticas diferentes, ou seja, para cada análise, os tensores energéticos são diferentes (figura 45). A formação de um micro-canal na área de apicum pode facilitar o processo de colonização por espécies arbóreas de mangue, mas não irá alterar a geomorfologia costeira da região, fato que exigiria fenômenos com energia muito maior, como, por exemplo, a elevação do nível médio relativo do mar.

Figura 45: Relação proposta para Intensidade Energética e Área de Vulnerabilidade.

O presente estudo considera a freqüência de inundaço pelas mars como uma, ou melhor, como a principal forante energtica agindo sobre o sistema de interaes bosque de mangue-apicum.

Na figura 46 propomos, de forma esquemtica, a relao entre a freqncia de inundao pelas mars e o desenvolvimento de bosques de mangue e/ou de apicuns.

Figura 46: Relao genrica entre a freqncia de inundao pelas mars e a ocorrncia de bosques de mangue ou de apicuns.

Nesta figura 46, a base da pirmide representa reas emersas, ou seja, terra firme, enquanto o pice corresponde ao infralitoral. Nas reas intermedirias distribuem-se bosques de mangue e apicuns, em funo da freqncia de inundao pelas mars e, conseqentemente, da salinidade da gua intersticial.

A dinmica dessa zona intermediria torna-se bastante intensa, medida em que sejam modificadas n s as forantes energticas com influncia sobre a freqncia de inundao pelas mars, mas tambm aquelas envolvidas nos processos de acmulo de sais no sedimento.

Neste sentido, as discusses voltam-se a aspectos internos do bosque de mangue, do apicum e de suas interfaces, chegando a consideraes sobre o clima e as mars, ou seja, partindo de fatores locais at atingir escalas regionais.

Os dados estruturais encontrados corroboram as descrições genéricas apresentadas por Dias-Brito *et al.* (1982) para região de Guaratiba, assim como os padrões de zonação descritos por Soares (1997). Entretanto, os mesmos valores sugerem processos locais de grande dinamismo do bosque de mangue no que diz respeito à competição interespecífica dos vegetais típicos de mangue.

As taxas diferenciadas de mortalidade e de área basal por espécies e por classes de DAP demonstram, numa escala local, a ocorrência de um processo contínuo de ocupação do manguezal em direção ao continente. Tal constatação baseia-se não só no aumento da contribuição de indivíduos jovens de *Rhizophora mangle* em direção às zonas intermediárias do bosque, acompanhada da morte de indivíduos de grande porte de *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa* nas zonas mais próximas ao Rio Piracão, mas também na dinâmica de colonização por plântulas de mangue na interface com o apicum.

Segundo Oliveira (2000), que monitorou o processo de colonização do apicum por plântulas de mangue, na mesma área de estudo deste trabalho, tal processo teria como espécie colonizadora *Laguncularia racemosa* seguida por *Avicennia schaueriana*.

A comparação das características da estrutura vegetal do bosque com os valores de salinidade da água intersticial (figura 47) evidencia a importância deste fator, definido pela frequência de inundação das preamares. Tal fato é confirmado quando observa-se a dominância de *Rhizophora mangle*, espécie menos resistente a altas salinidades, nas áreas mais próximas ao Rio Piracão, enquanto que nas áreas próximas ao apicum, o domínio é de *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana* (tabelas X e XI).

Nesta figura 47 observa-se que as parcelas A e B, onde ocorrem as maiores alturas médias do bosque, são registrados os menores valores de salinidade da água intersticial.

A parcela B, embora mais afastada do rio que A, é entrecortada por canais de maré, que reduzem o estresse físico-químico, resultando em maior desenvolvimento estrutural.

A partir da parcela C, observa-se redução progressiva da altura média do bosque, concomitantemente ao aumento da salinidade da água intersticial.

Figura 47: Relação entre as médias de altura do bosque e de salinidade da água intersticial.

Relações inversas entre desenvolvimento estrutural do bosque e salinidade da água intersticial já foram apresentadas por Cintrón *et al.* (1978a, 1980) e Schaeffer-Novelli & Cintrón (1993).

A análise das figuras 35, que apresenta as médias e desvios padrões da salinidade nas estações, e 18, que mostra o perfil topográfico do bosque de mangue, reforça a importância da micro-topografia nesta região pois as áreas onde a salinidade média não superou a marca de 30 u.p.s., estações 01 a 05, correspondem a um relevo ascendente, influenciando a frequência de inundação. A partir dessa zona, apesar da ligeira depressão no terreno, a salinidade média das estações é superior a 30 u.p.s. e não há ocorrência de *Rhizophora*.

Esses resultados, associados às características estruturais, permitem classificar o bosque de mangue em dois tipos fisiográficos principais: bosque ribeirinho, até a estação 05 aproximadamente e, bosque de bacia, como indicado na figura 18.

A micro-topografia parece exercer papel fundamental nesta região cujas marés são de pequena amplitude, apesar da ocorrência de “marés meteorológicas”, determinando a frequência de inundação e, conseqüentemente, a salinidade da água intersticial.

Cabe ressaltar que os perfis topográficos, embora estejam diretamente relacionados às várias zonas do bosque, podem não evidenciar exatamente as características das estações do monitoramento de salinidade, pois pode haver diferenças, ainda que sutis, entre a localização exata destas estações e o micro-relevo dos perfis.

Diante deste quadro, a caracterização estrutural de outros bosques de mangue associados a apicum na região de Guaratiba é fundamental para que os processos aqui observados sejam validados para toda a região. Sobretudo, deve-se destacar que existe forte tendência de que tais processos estejam ocorrendo em escala regional, pois as principais forças energéticas envolvidas, clima e frequência de inundação pelas marés, atuam nessa escala.

Com relação às características granulométricas do sedimento, não há indícios suficientes que apontem para sua preponderância diante das demais forças energéticas, pelo menos no que diz respeito aos padrões estruturais encontrados no bosque. Destarte, aparentam apenas responder a condições impostas ao ambiente por outras forças. Tal constatação deve-se à ausência de um padrão definido na distribuição do sedimento ao longo da transversal estudada, embora deva ser evidenciado que apenas com amostragens triplicadas, em cada ponto, confirmar-se-ia, estatisticamente, este tipo de constatação.

Neste sentido, algumas colocações pontuais podem ser aventadas em caráter hipotético:

1. O fato das estações 01 e 02, localizadas na parcela A, apresentarem características bastante similares, à exceção da fração grosseira de superfície e fundo do sedimento que, na estação 01, têm porcentagens muito inferiores, semelhantes às encontradas nas parcelas mais afastadas do rio, poderia evidenciar condições diferentes de hidrodinamismo entre as mesmas, justificando o aumento de 03 u.p.s. na salinidade média da estação 02, embora pertencendo a uma mesma zona do bosque de mangue;
2. Outra hipótese sugere que a estação 02 (clareira) receberia água doce com maior facilidade que a estação adjacente, evidenciando assim, a

importância das características climatológicas para as diferentes áreas de um bosque de mangue.

Smith III (1987; 1992), estudando o comportamento de clareiras em bosques de mangue na Austrália, afirma ter encontrado salinidades da água intersticial menores em clareiras do que nas áreas com cobertura vegetal, embora não tenha se aprofundado no mérito da questão.

Ewel *et al.* (1998), estudaram as funções das clareiras em bosques de mangue na Ilha Kosrae – Micronésia, uma região com pluviosidade entre 5000 e 6000 mm/ano. Encontraram valores de salinidade diferenciados entre clareiras situadas em bosques ribeirinhos e bosques de bacia. Entretanto, não encontraram diferenças significativas entre a salinidade da água intersticial dos bosques ribeirinhos e as clareiras a estes associadas;

3. Nas estações 03 e 04, a inversão nas porcentagens de matéria orgânica, de superfície e fundo, pode ser uma evidência de condições de maior hidrodinamismo pretérito na segunda estação, de modo que sua camada de fundo atual, a 0,50m de profundidade, já tenha estado mais próximo à superfície, em passado não muito remoto;
4. O fato da estação 09 apresentar valor médio de salinidade da água intersticial bem superior aos das demais zonas de mangue parece estar associado a uma pequena elevação que ocorre nesta zona de interface com o apicum (figura 24), podendo ser responsável pela dominância absoluta de *Avicennia schaueriana*. Entretanto, a ocorrência de uma zona com as mesmas características estruturais, porém com dominância absoluta de *Laguncularia racemosa*, em uma área topograficamente mais baixa, sugere, por exemplo, a influência de algum outro fator, além da micro-topografia, como a disponibilidade de propágulos ou mesmo características físico-químicas do sedimento, inibindo a ocorrência de uma ou outra espécie.
5. No que diz respeito ao apicum, por representar a interface superior da zona entremarés, apresenta uma relação muito mais evidente com o aumento da salinidade e, por conseqüência, com os padrões da micro-topografia.

Segundo Ridd & Sam (1996) e Baltzer (1982) pelo fato de tratar-se de um ambiente de transição entre água doce e água salgada, a salinidade passa a atuar como fator de excelência para determinar tal transição.

Dessa forma, as características climáticas exerceriam maior influência sobre o apicum do que sobre o bosque de mangue, devido à menor frequência de inundação pelas marés e à proteção exercida pelo bosque.

Tal constatação é evidenciada pela figura 35 onde os desvios padrões apresentados são reduzidos para estações no interior do bosque de mangue (condições mais homogêneas) e mais expressivos nas estações do apicum, sendo o maior desvio padrão apresentado pela estação 21 (micro-canal), exposta a maior heterogeneidade de condições. Até mesmo as estações com cobertura vegetal, por seu caráter transitório, apresentam elevados desvios padrões, com exceção da estação 20 (banco perene de *Salicornia gaudichaudiana*) que apresenta desvio padrão reduzido.

Corroborando com a presente hipótese, Leeuw *et al.* (1991) afirmam que a partir do nível médio da maré alta, é o clima que define a salinidade encontrada no sedimento.

Os dados de micro-topografia ora apresentados confirmam tal colocação pois, como indica a figura 24, onde há pequenas elevações nas cotas do terreno, a salinidade responde com valores mais altos e, de forma análoga, onde ocorrem pequenas depressões, os valores de salinidade se reduzem a ponto de possibilitar a colonização por indivíduos de *Avicennia schaueriana*, ou mesmo o avanço do bosque de mangue (“língua de mangue”) como constatado no micro-canal localizado nos setores EIII e EIV (figura 24).

Cabe ressaltar que a correlação ideal dos dados de micro-topografia com os dados de maré exige, nesta região, que o marégrafo esteja situado nas proximidades (Rio Piracão), geo-referenciado a uma referência de nível (RN) do IBGE ou da DHN. Tal fato deve-se ao comportamento complexo apresentado pela maré nessa área da Baía de Sepetiba, sofrendo influência do efeito “parede” exercido pelo manguezal e da redução brusca da profundidade e estreitamento dos canais. Além disso, por sua posição no fundo da Baía de Sepetiba e pela direção predominante dos ventos ao longo do ano, deve ainda ser acrescido o efeito de empilhamento das águas, também chamado de marés meteorológicas (componentes não-astronômicos de maré), sub-dimencionadas

pelo marégrafo mais próximo, instalado na Ilha da Madeira – Porto de Sepetiba.

Essas exigências básicas não puderam ser atendidas pois os únicos dados de maré registrados até hoje no Rio Piracão (datados de 1978, disponíveis no Banco Nacional de Dados Oceanográficos – BNDO) não estão geo-referenciados, ou seja, representam uma mera leitura de régua. Os cenários referentes à inundação pelas marés apresentados neste estudo, mesmo os que propõem a contribuição de maré meteorológica, devem ser analisados como indicativos, ainda que relativamente próximos à realidade observada em campo.

Fatos que comprovam a qualidade dos resultados são: localização das linhas de deposição de detritos (“linhas de deixa”), no entorno dos sambaquis e ao longo das margens do banco perene de *Salicornia gaudichaudiana*, apresentando-se coerentes com os valores máximos obtidos e a posição das áreas mais frequentemente alagadas do apicum, coincidindo com as representações obtidas.

Além disso, o fato da coloração azul do mapa (figura 24) caracterizar áreas cobertas de água, ou seja, submersas, enquanto o que ocorre na realidade, não sendo diretamente abordado pela figura, é o encharcamento das camadas superficiais e sub-superficiais, caracterizado mais comumente pelo aspecto fluido (alto teor de água) do sedimento que por sua efetiva submersão, evidenciando a partir da análise das classes de altitude apresentadas na legenda.

Neste sentido, ressaltamos que marés 15 a 20cm mais elevadas deixariam submersa, na representação gráfica utilizada, grande parte do apicum estudado, ficando ainda mais próximo da realidade observada em campo. Diante das aproximações realizadas para se definir o comportamento das marés no local, além da utilização das médias dos valores extremos de preamar e baixamar, acreditamos que um desvio de 20cm seja perfeitamente aceitável.

Partindo-se da fidedignidade apresentada pelos resultados de micro-topografia, fica evidente também o peso das características climáticas nos processos que envolvem a dinâmica funcional dos apicuns, no contexto do ecossistema manguezal.

Apesar do tratamento estatístico realizado não ter evidenciado aspectos de estacionalidade para os dados de salinidade da água intersticial, o que descartaria a possibilidade de ser o clima regional uma importante forçante energética na dinâmica do apicum, deve-se considerar o fato de que a passagem de frentes frias (chuvas) pouco antes ou durante as coletas, ou ainda, as diferentes amplitudes de maré em que foram realizadas as amostragens, podem influir sobre os resultados das análises estatísticas. Ometto(1981), por exemplo, afirma que a variação estacional do índice de eficiência térmica estabelece as estações de crescimento e desenvolvimento de uma cultura qualquer, sendo importante relacionar a condição energética do verão, contra as das demais estações do ano.

Por outro lado, tal resultado comprova a predominância de outra forçante energética sobre o clima, no caso a ação das marés e a hipersalinidade da água intersticial, ainda que não invalidando as hipóteses sobre a influência dos períodos secos e úmidos na dinâmica dos apicuns de Guaratiba.

Lebigre (1994b) destaca que a ocorrência de estação seca definida é o principal fator para a formação de apicuns, além de uma forte evaporação nos períodos secos e da variação interanual.

Entretanto, deve-se destacar que a variação no comportamento da salinidade da água intersticial no apicum tem forte relação com as manchas de *Salicornia gaudichaudiana*, constatando-se redução brusca dos valores de salinidade, quando comparados com áreas adjacentes, não ultrapassando 05 metros de distância.

Os resultados de granulometria não oferecem subsídios a esta constatação pois, as variações observadas para os valores na superfície e no fundo (0,50m), tanto para as estações em manchas de *Salicornia gaudichaudiana* quanto para as de apicum, não refletem um padrão definido.

A hipótese mais provável é a de afloramentos do lençol freático, que facilitariam a fixação e o desenvolvimento de populações de *Salicornia gaudichaudiana*, à medida em que reduziriam o estresse causado pela hipersalinidade do sedimento.

Entretanto, Batanouny (1993) em seu trabalho sobre as adaptações de plantas a condições salinas em regiões áridas, desenvolvido na região Arábica,

afirma que uma das características do gênero *Salicornia* é a formação de raízes adventícias, muito útil na propagação vegetal, possivelmente o único meio de reprodução em grandes porções da área de distribuição e a capacidade de formar montículos que modificariam as condições do sedimento, tornando-o mais penetrável e com menores concentrações de sais em superfície que as áreas adjacentes (entre os montículos).

Tais características beneficiam caranguejos que, pelo fato de encontrarem-se no apicum, constróem galerias nas manchas de *Salicornia gaudichaudiana*, remobilizando o sedimento de fundo. Em condições de seca, quando formam-se gretas de contração no sedimento devido ao elevado grau de ressecamento, essas galerias possibilitam aos caranguejos sobreviver até uma nova inundação.

As manchas de *Salicornia gaudichaudiana*, no apicum, poderiam também facilitar processos de colonização por espécies típicas de mangue, uma vez que retêm os propágulos que se deslocam nos períodos de inundação, proporcionando-lhes maior probabilidade de sucesso, devido a salinidade da água intersticial ser reduzida em seu interior, minimizando o estresse salino.

Com relação aos dados climatológicos, embora a série temporal analisada não seja a ideal em função do pequeno período observado e da irregularidade das observações, o fato de terem sido caracterizadas estações secas bem definidas, com variações interanuais, evidencia a ocorrência de um clima diferenciado para esta região da Baixada de Guaratiba sugerindo, primeiramente, que o rigor das condições hipersalinas do apicum seja mantido pelos anos em que a estiagem é mais intensa e, além disso, que períodos onde as condições de seca sejam atenuadas poderiam representar importante forçante energética nos pulsos de colonização por espécies de mangue a que são acometidas, de tempos em tempos, as faixas de transição mangue-apicum.

De forma análoga, embora invertendo a ótica, os períodos caracterizados por maior umidade favoreceriam a exportação do material acumulado no apicum, matéria orgânica e inorgânica, dissolvida ou particulada, aumentando a disponibilidade de nutrientes para o ecossistema e, conseqüentemente, para as águas costeiras adjacentes. Tal hipótese corrobora

estudos desenvolvidos por Paling (1986), Paling *et al.* (1989) e Paling & McComb (1994).

Com relação as classificações climáticas apresentadas nesse estudo é preciso destacar que, embora o índice efetivo de umidade (a 1ª letra da classificação) tenha diferenciado os tipos climáticos, para cada período analisado, em Semi-árido, Seco e Sub-úmido e Úmido e Sub-úmido, apenas o Índice de Eficiência Térmica (a 2ª letra da classificação) é capaz de distinguir as variações estacionais que ocorrem entre os mesmos.

Analizando-se o Índice de Eficiência Térmica, pode-se concluir que as variações vão desde uma pequena deficiência a até um reduzido excesso de água. Sendo assim, o balanço hídrico referente ao período entre 1984 e 1998 representa condições intermediárias entre os balanços hídricos para os anos de 1996 e 1997, mais úmido e mais seco, respectivamente.

Comparando com os dados de salinidade obtidos entre 1996 e 1998, devem ser utilizados os balanços hídricos anuais. Entretanto, no que diz respeito a padrões de comportamento do apicum, quanto maior o período analisado, maior a fidedignidade dos resultados.

ECOLOGUS/SEMADS (1995), com dados da estação meteorológica de Santa Cruz apresentaram, para as baixadas litorâneas, Clima Megatérmico, Subúmido-Úmido, com pouco ou nenhum déficit hídrico e calor bem distribuído durante o ano.

Tal afirmação evidencia a importância, por um lado, de estações meteorológicas próximas a área de estudo, caracterizando possíveis microclimas e, por outro, de séries temporais longas que forneçam caracterizações sem influência de episódios pontuais.

Outro aspecto a ser destacado refere-se à utilização da classificação climática proposta por Thornthwaite & Matter (1955), em detrimento da classificação de Köppen, tendo em vista que apenas a primeira, que considera características de evapotranspiração, identificou diferenças no período analisado.

De forma geral, as informações geradas pelos diagramas climáticos permitem observar que os valores referentes a temperatura, seguem um padrão bastante homogêneo, qualquer que seja o período analisado. Entretanto, o mesmo não pode ser dito com respeito aos valores

pluviométricos, que apresentam grandes variações, dependendo do período considerado.

Tais fatos modificam de forma substancial os diagramas climáticos e, conseqüentemente, a definição de estações secas torna-se também variável.

Embora não tenham qualquer finalidade no que se refere a classificação climática, a sobreposição entre dados de precipitação e evaporação indica de forma objetiva a presença de estações secas e/ou úmidas em uma região. Devido a simplicidade na estrutura e objetividade na representação, este tipo de análise pode ser de grande valia quando se tem por objetivo, por exemplo, apenas a determinação de períodos secos ou com excedente hídrico.

Outro destaque aos dados climatológicos utilizados neste estudo, cabe ao exercício de comparação dos resultados obtidos por diagramas climáticos, balanços hídricos e curvas simples de evaporação e precipitação, comprovou que o simples cruzamento destes últimos já colabora na definição de estações secas, principal foco deste levantamento.

Embora não tenha a riqueza de informações disponíveis nos diagramas climáticos, muito mais detalhadas nos balanços hídricos, a comparação direta dos dados de precipitação e evaporação representa uma ferramenta válida, quando da impossibilidade de se confeccionar os referidos diagramas e balanços.

Além disso, a utilização de balanços hídricos, desenvolvidos para fornecer informações à agricultura, deve considerar, no caso de regiões costeiras, o efeito dos sais nos índices de evapotranspiração de referência, armazenamento, deficiência e excedente hídricos.

Diante de todas as informações disponibilizadas pela comunidade científica mundial, fazendo referência à estreita ligação entre os segmentos bosques de mangue e apicuns, quer seja na concentração e disponibilidade de nutrientes, quer seja como zona de retração dos manguezais, é primordial que sejam aprofundados os estudos sobre esses ambientes costeiros, fazendo valer as recomendações referendadas e os compromissos assumidos pelo Brasil quando de sua adesão à Agenda 21.

O caso específico da região de Guaratiba, devido à valorização da posição estratégica da Baía de Sepetiba, merece atenção especial pois o

aumento da pressão de ocupação associado à desinformação sobre a importância ecológica e a indefinição da legislação brasileira quanto a preservação e/ou manejo sustentável destas áreas, coloca em risco a conservação de sistemas naturais antes mesmo de se conhecer suas reais importâncias econômica, social e ecológica, em âmbito regional.

7. CONCLUSÕES

A grande extensão dos apicuns associados à Baía de Sepetiba encontra-se, aparentemente, relacionada aos esforços para retificação dos canais de maré, levados a efeito pelos jesuítas ainda no século XVII. Aqueles intentos diminuíram, consideravelmente, as áreas freqüentemente atingidas pelas marés e as irrigadas por água doce. Associado a isto, as características climatológicas dessa região costeira, com ventos predominantes de Sul – Sudoeste ao longo de quase todo o ano e, as características de relevo plano da Baixada de Guaratiba, favorecem a penetração das marés por grandes extensões de terra, evidentemente com reduzida freqüência de inundação, acarretando o acúmulo de sais que caracteriza os apicuns (Blasco, 1984; Zack & Román-Mas, 1988).

Com relação aos processos de manutenção destes sistemas, a presença de estações secas bem definidas ao longo do ano colaboram sobremaneira, uma vez que o fluxo fluvial é extremamente baixo (Leeuw, 1991).

No que diz respeito ao bosque de mangue, as características estruturais representam o padrão esperado para esta latitude, com exceção das zonas localizadas na interface com o apicum, onde o porte extremamente reduzido evidencia a existência de tensores.

O comportamento do bosque de mangue parece acompanhar o modelo de pulsos sugerido por Lugo (1980), pois além dos valores médios de salinidade para as zonas de interface do bosque com o apicum não representarem, a princípio, estresse para as espécies, ao longo dos anos, com a continuação dos trabalhos, mudanças na estrutura vegetal dessas zonas já são evidentes, tais como a elevação da altura média do bosque na interface com o apicum e a consolidação do processo de colonização por espécies de mangue, também na interface com o apicum.

A determinação das características de micro-topografia mostrou-se fundamental na explicação dos processos de colonização por espécies típicas de mangue, mesmo que não tenham sido obtidos valores discretos de freqüência de inundação, por zonas do apicum, ao longo do ano.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de quase cem trabalhos de campo, ao longo de três anos e meio de coletas de dados, e de muitos dos resultados obtidos serem considerados conclusivos, alguns dos pontos abordados ainda necessitariam de um tratamento mais específico, por exemplo, com maior escala espaço-temporal.

Nesse sentido, sugere-se o aprofundamento de alguns experimentos à fim de elucidar pontos de discussão que tenham sido dimensionados nesse estudo:

1. A definição do comportamento das marés na região estudada, através de levantamento geo-referenciado, representa condição *sine qua non* na definição precisa da frequência de inundação;
2. A partir desta definição, a determinação dos fluxos sub-superficiais e do comportamento dessas áreas, do ponto de vista geo-químico, passa a ter grande importância para a compreensão do balanço de nutrientes que envolve a região costeira adjacente;
3. A caracterização de planícies hipersalinas em outras regiões, não só no Estado do Rio de Janeiro, formando um banco de informações que, uma vez integradas, auxiliem a compreensão da dinâmica desses sistemas;
4. A manutenção e a modernização da Estação Climatológica da Marambaia tem importância fundamental na determinação das características micro-climáticas da região e, conseqüentemente, na compreensão dos processos da dinâmica funcional dos apicuns, de forma que deve ser incentivada pelos órgãos responsáveis;

5. A definição das funções exercidas pela *Salicornia gaudichaudiana* nos processos ecológicos do sistema bosque de mangue – apicum e;
6. Há necessidade de incentivo a projetos acadêmicos de curta, média e longa duração que tenham por objetivo desvendar os processos funcionais que regulam esses ambientes, como premissas básicas a qualquer intenção de conservação e gestão desse segmento litorâneo.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ARAÚJO, D.S.D. 1985. A Vegetação da Baixada de Guaratiba-Sepetiba. In: **Coletores e Pescadores Pré-Históricos de Guaratiba, Rio de Janeiro**. Kneip, L.M.(ed.). Editora UFRJ/EDUFF. Rio de Janeiro, Niterói. pp 47-72.
- BALTZER, F. 1982. La Transition Eau Douce - Eau Salée dans les Mangroves. Conséquences Sédimentologiques et Géochimiques. **Mém.Soc.Géol.Fr., N.S., 144:27-42.**
- BATANOUNY, K.H. 1993. Adaptation of Plants to Saline Conditions in Arid Regions. In: **Towards the Rational Use of High Salinity Tolerant Plants**. Lieth, H. & Masoom, A. Al (eds.). Kluwer Academic Publishers, 1: 387-401.
- BLASCO, F. 1984. The Mangrove Ecosystem: Research Methods. In: **The mangrove ecosystem: Research methods**. Snedaker, S.C. & Snedaker, J.G. (eds). UNESCO. Bungay, United Kingdom. 251 p.
- BRASIL.1998.Tábua de Marés. Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN. Marinha do Brasil – MM. 198p.
- CINTRÓN, G. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1981. Proposta para Estudo dos Recursos de Marismas e Manguezais. **Relat. Int. Inst. Oceanogr.**, Univ. S. Paulo, 10: 1-13.
- CINTRÓN, G. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1984. Methods for studying mangrove structure. In: **The mangrove ecosystem: Research methods**. Snedaker, S.C. & Snedaker, J.G.(eds). UNESCO. Bungay, United Kingdom. 251 p.
- CINTRÓN, G.; GOENAGA, C. & LUGO, A.E. 1978a. Observaciones sobre el desarrollo del manglar en costas aridas. In: **Seminario sobre el Estudio**

Científico e Impacto Humano en el Ecosistema de Manglares.
UNESCO/ROSTLAC. pp.18-32.

CINTRÓN, G.; GOENAGA, C. & GONZALEZ-LIBOY, J. 1980. Ecología del Manglar en una Zona Árida: Exposición al Oleaje y Estructura del Manglar. **Bolm. Inst. Oceanogr.**, Univ. S. Paulo, 29 (2): 113-127.

CINTRÓN, G.; LUGO, A.E.; POOL, D.J. & MORRIS, G. 1978b. Mangroves of Arid Environments in Puerto Rico and Adjacent Islands. **Biot.**, 10(2):110-121.

DIAS-BRITO, D.; MOURA, J.A. & BRONNIMANN, P. 1982. Aspectos Ecológicos, Geomorfológicos e Geobotânicos da Planície de Maré de Guaratiba, R.J. **Ata do IV Simpósio do Quaternário do Brasil**. pp. 153-174.

ECOLOGUS / SEMADS. 1995. **Caracterização e Diagnóstico dos Componentes Físicos da Bacia da Baía de Sepetiba**. Relatório Técnico da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Tomo I, Volume I.

EWEL, K.C.; ZHENG, S.; PINZÓN, Z.S. & BOURGEOIS, J.A. 1998. Environmental Effects of Canopy Gap Formation in High-Rainfall Mangrove Forest. **Biot.**, 30 (4): 510-518.

FERREIRA, A.M.M. & OLIVEIRA, M.V. 1985. Contribuição ao Estudo Arqueo-Geológico do Quaternário Superior da Baixada de Guaratiba-Sepetiba. In: **Coletores e Pescadores Pré-Históricos de Guaratiba, Rio de Janeiro**. Kneip, L.M. (ed.). Editora UFRJ/EDUFF. Rio de Janeiro, Niterói. pp 29-46.

FILIPPO, A. M. 1996. **Passagem de Frentes Frias na Baía de Guanabara: Impacto no Nível do Mar**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense. 67p.

- FOSBERG, F.R. 1961. Vegetation-Free Zone on Dry Mangrove Coasts. **U.S. Geol. Surv.**, Prof. pap., 424-D, D216 – D218.
- GRASSO, M.; TOGNELLA, M.M.P. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1991. Modelos Econômicos na Valoração do Ecossistema Manguezal: Método do "Travel Costs". **II Simpósio sobre Oceanografia** – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. pp.110.
- LACERDA, L. D.; RIBEIRO JR., M. G. & GUEIROS, B. B. 1999. Manganese Dynamics in a Mangrove Mud Flat Tidal Creek in SE Brazil. **Mangr. S. Mar.**, **3**: 105-115.
- LEBIGRE, J.M. 1994a. Les Marais Maritimes de la Baie de São Marcos(Maranhão - Brésil). **Trav. Lab. Géol. Phys. Appl., Bordeaux**, **12**: 21-35.
- LEBIGRE, J.M. 1994b. Tannes et Transitions Marécageuses de l'Amazonie et du Nordeste du Brésil. **Trav.Lab.Géol.Phys.Appl., Bordeaux**, **12**:7-19.
- LEEuw, J.der; DOOL, A. VAN der; MUNCK, W. der; NIEUWENHUIZE, J. & BEEFTINK, W. G. 1991. Factors Influencing the Soil Salinity Regime along an Intertidal Gradient. **Est., Ctl Sh. Sci.**, **32**: 87-97.
- LUGO, A. E. & SNEDAKER, S. C. 1974. The Ecology of Mangroves. **An. Rev. Ecol. Syst.**, **5**: 39-64.
- LUGO, A. E. 1980. Mangrove Ecosystems: Successional or Steady State? **Trop. Suc.** pp. 65-72.
- MAIA, A.A. & PENNA, T.M.P.A. 1982. **Ecologia dos Crustáceos Decápodos do Mangue de Guaratiba**. Relatório Técnico. Serviço de Zoologia Aplicada, Divisão de Pesquisas Ecológicas, Departamento de Conservação Ambiental-FEEMA. Rio de Janeiro.

- MAZDA, Y.; MAGI, M.; KOGO, M.; HONG, P.N. 1997. Mangroves as a coastal protection from waves in the Tong King delta, Vietnam. **Mangr. S. Mars.**, **01** (02): 127-135
- MENDES, R.S.S. 1950. **Paisagens culturais da Baixada Fluminense**. Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Universidade de São Paulo. 171 p.
- NASCIMENTO, S.A.; MELO, C.A.R. & BOMFIM, L. 1993. **Estudo da Importância do Apicum para o Ecossistema Manguezal**. Relatório Técnico Preliminar. Administração Estadual de Meio Ambiente. 27p.
- OLIVEIRA, V.F. 2000. **Avaliação da Utilização dos Manguezais como Indicadores de Variações do Nível Médio Relativo do Mar através da Análise de Zonação e Sucessão de Espécies Vegetais**. Relatório de Bolsista PIBIC/CNPQ. 45p.
- OMETTO, J.C. 1981. **Bioclimatologia Vegetal**. Ed.Agronômica Ceres, S.P. 440p.
- PALING, E.I. 1986. **The Ecological Significance of Blue-Green Algal Mats in the Dampier Mangrove Ecosystem**. Technical Series. Vol.2. Department of Conservation and Environment. University of Western Australia 131 p.
- PALING, E.I. & MCCOMB, A.J. 1994. Cyanobacterial Mats: A Possible Nitrogen Source for Arid-Coast Mangroves. **Inter. J. Ecol. Envir. Sci.**, **20**: 47-54.
- PALING, E.I.; MCCOMB, A.J. & PATE, J.S. 1989. Nitrogen Fixation (Acetylene Reduction) in Nonheterocystous Cyanobacterial Mats from the Dampier Archipelago, Western Australia. **Aust. J. Mar. Freshwater Res.**, **40**: 147-153.
- PATTERSON, S.G. 1986. Mangrove Community Boundary Interpretation and Detection of Areal Changes on Marco Island, Florida: Application of Digital

Image Processing and Remote Sensing Techniques. **Biol. Rep.**, **86** (10): 1-87.

PIRES, I.O. 1994. Determinação do Coeficiente Fotossintético em Áreas de Manguezal e sua Relação com Índices Digitais de Imagens de Satélite: APA-Guapimirim, Rio de Janeiro. **Anais do III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira**. Pub.ACIESP, 87(1): 176-187.

REBELO, F.C.; SANT'ANA, A.A. & SIVIERO, S.O.1984. Atividade Humana no Manguezal de Coroa Grande, Rio de Janeiro. **Anais do I Congresso Brasileiro de Defesa do Meio Ambiente. Volume 2**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. pp. 471-477.

REITERMAJER, D.; VIANA, J.C.; QUEIROZ, A.F. de S.; BARBOSA, R.M.; ROCHA, S.A. E SOUZA, J.B. 1998. Caracterização da Distribuição da Matéria Orgânica em Zonas de Manguezais do Estuário do Rio Sauípe/Entre Rios – BA. **In:Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros. Águas de Lindóia, São Paulo**. pp. 195-200.

RIDD, P. V. & SAM, R. 1996. Profiling Groundwater Salt Concentrations in Mangrove Swamps and Tropical Salt Flats. **Est., Ctl. Sh. Sci.**, **43**: 627-635.

RONCARATI, H. & BARROCAS, S.L.S. 1978. **Estudo Geológico Preliminar dos Sedimentos Recentes Superficiais da Baía de Sepetiba, Município do Rio de Janeiro, Itaguaí e Mangaratiba, RJ**. Relatório Interno PETROBRÁS. Não Publicado.

SAENGER, P. & BELLAN, M.F. 1995. **The Mangrove Vegetation of the Atlantic Coast of Africa. A Review**. Centre National de la Recherche Scientifique. Université de Toulouse III. 58 p.

SAENGER, P.; HEGERL, E.J. & DAVIE, J.D.S. 1983. Global Status of Mangrove Ecosystems. **The Envir.**, **3**(Supl.3): 1-88.

- SANTOS, M.C.F.V. & ARAÚJO, D.S.D. 1987. Considerações sobre a ocorrência de áreas desprovidas de vegetação nos manguezais da ilha de Santa Catarina, Brasil. **Anais do I Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira**. Pub.ACIESP, 54 (2). pp.151.
- SANTOS, M.C.F.V.; ZIEMAN, J.C.; ARAÚJO, D.S.D. 1996. Hypersaline Intertidal Habitats on the Coast of Maranhão, Northern Brazil: An Introduction. **Bol. Lab. Hidrob. São Luis**, 9: 73-87.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. & CINTRÓN, G. 1986. **Guia para estudo de área de manguezais: estrutura, função e flora**. Caribbean Ecological Research. São Paulo. 150p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1989. Perfil dos Ecossistemas Litorâneos Brasileiros com Especial Ênfase sobre o Ecossistema Manguezal. **Publicação Especial, Instituto Oceanográfico São Paulo**, 7: 1-16.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 1995. **Manguezal: Ecossistema entre a Terra e o Mar**. Schaeffer-Novelli, Y.(ed). Caribbean Ecological Research. São Paulo. 64p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; PERIA, L.C.S.; MENEZES, G.V.; GRASSO, M.; SOARES, M.L.G. & TOGNELLA, M.M.P. 1994. Manguezais Brasileiros, Caravelas, Estado da Bahia. **Anais do III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira**. Pub.ACIESP, 87(1): 324-332.
- SMITH, T.J.III. 1987. Effects of Light and Intertidal Position on Seedling Survival and Growth in Tropical Tidal Forest. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, 110: 133-146.
- SMITH, T.J.III. 1992.Forest Structure. **In: Tropical Mangrove Ecosystems**. Robertson, A.I. and Alonji, D.M. (eds.), 5: 101-136.

- SNEDAKER, S.C. 1978. Mangroves: Their Value and Perpetuation. **Nat. Res.**, **14**(3): 6-13.
- SOARES, M.L.G. 1997. **Estudo da Biomassa Aérea de Manguezais do Sudeste do Brasil – Análise de Modelos**. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 294 p.
- SUGUIO, K. 1973. **Introdução à Sedimentologia**. Ed. Universidade de São Paulo. 317p.
- SUGUIO, K. 1998. **Dicionário de Geologia Sedimentar e Áreas Afins**. Ed. Bertrand Brasil. 1222 p.
- TEAS, H.J. 1977. Ecology and Restoration of Mangrove Shorelines in Florida. **Envir. Conser.**, **4**(1): 51-58.
- THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. 1955. **The Water Balance**. Centerton, N.J. Laboratory of Climatology.
- TOMLINSON, P.B. 1986. **The Botany of Mangroves**. Ed. Cambridge University Press. 413 p.
- WALSH, G.E. 1974. Mangroves: A Review. **In: Ecology of Halophytes**. Reimold, R.J. & Queen, W.H. (eds). Academic Press, Inc. 605 p.
- WENTWORTH, C.K. 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. **J. Geol.**, **30**: 377-392.
- ZACK, A. & ROMÁN-MAS, A. 1988. Hydrology of the Caribbean Island Wetlands. **Ac. Cient.**, **2**(2-3): 65-73.