

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE DE  
ECOSSISTEMAS COSTEIROS E MARINHOS  
MESTRADO EM ECOLOGIA**

**RUBIA GRAZIELLE VALADARES**

**DINÂMICA DA PRODUÇÃO, ESTOQUE E DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA  
EM UM BOSQUE DE MANGUE EM SÃO SEBASTIÃO - SP**

**SANTOS - SP  
2015**

**RUBIA GRAZIELLE VALADARES**

**DINÂMICA DA PRODUÇÃO, ESTOQUE E DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA  
EM UM BOSQUE DE MANGUE EM SÃO SEBASTIÃO - SP**

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Costeiros e Marinheiros, sob Orientação: Prof. Dr. João Marcos Miragaia Schmiegelow e Coorientação Profa. Dra. Mara Angelina Galvão Magenta.

**SANTOS - SP**

**2015**

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Valadares, Rubia G.

Dinâmica da produção, estoque e decomposição da serapilheira em um bosque de mangue em São Sebastião - SP - Rubia G. Valadares -- 2015.

n. de f. 83

Orientador: Prof. Dr. João Marcos Miragaia Schmiegelow

Coorientador: Prof. Dra. Mara Angelina G. Magenta

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos (ECOMAR), Santos, SP, 2015.

1 Manguezal. 2 Exportação de Matéria Orgânica. 3 Produtividade. 4 São Sebastião. carga. I. Schmiegelow, J. M. M. II. Dinâmica da produção, estoque e decomposição da serapilheira em um bosque de mangue em São Sebastião - SP.

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas - Unisanta

*Dedico essa dissertação a meus pais Alexina e Ubirajara, que souberam entender minhas ausências e me deram todo o suporte necessário para a realização desse sonho.*

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família por me fornecer o suporte necessário para a elaboração desse trabalho e por me motivarem sempre!

Ao meu orientador Prof. Dr. João Marcos Miragaia Schmiegelow pela enorme contribuição, não só na construção dessa dissertação, mas também no meu crescimento enquanto pesquisadora, por acreditar em mim e tornar possível esse mestrado!

Aos Professores Ms. João Alberto P. dos Santos, Ms. Renan Ribeiro, Dr. Fabio Giordano e Dra. Mara A. G. Magenta e Dra. Tânia Marcia Costa (UNESP) por todas as excelentes contribuições!

Às amigadas que construí durante o curso: Fernanda Moschetto e Janaina Moraes pelas inúmeras hospedagens, por todo apoio, por todas as risadas e pela amizade que com certeza se manterá!

Aos amigos Rogério Martins e Maurici de Lara Dias pelas caronas e por toda a ajuda! Julia Tosoni e Leandro Bezerra pelo auxílio em várias etapas do trabalho. Tainá Barroso, Wesley Manzur, Wanda Schumann, Vitória Arantes e Yula Ruiz, pelo carinho e por sempre me animarem!

Aos meus amigos por compreenderem esses dois anos de afastamento, sempre me enchendo de ânimo e mesmo de longe, me fazendo companhia!

Aos meus queridos alunos por toda força, por toda palavra de carinho e pelos mimos!

Ao biólogo Alessandro Almeida pelo suporte dado sempre que era necessário utilizar materiais de laboratório.

A todos os professores do curso de mestrado e as “meninas” da secretaria Sandra e Imaculada que de alguma forma auxiliaram na minha pesquisa.

E finalmente, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES – pela bolsa concedida.

A todos meu muito obrigada!!!!

“O céu não acaba no final das nuvens, vai bem mais além.  
Isso que torna as ciências e as novas descobertas ainda mais interessantes”.

*Isadora Lustosa*

## RESUMO

O manguezal é um ecossistema costeiro de transição entre os ambientes terrestre e marinho, típicos de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime de marés. Esse ecossistema fertiliza águas costeiras a partir da produção de matéria orgânica, especialmente originada da serapilheira, exportando esta matéria e a transformando em detritos, que posteriormente será usada por uma variedade de organismos. A dinâmica da serapilheira (produção, estoque, decomposição e exportação) envolve uma série de fatores físicos e biológicos. Esses fatores influenciam tanto na produção, quanto no tempo em que este material será novamente incorporado como nutriente ao solo. Portanto, a relevância de se quantificar a produção de serapilheira, o estoque presente no sedimento, bem como o tempo de decomposição da matéria orgânica, está ligada à compreensão dos fluxos de energia, que representa a principal via de fornecimento de nutrientes por meio da mineralização dos restos vegetais. Sendo assim, a produção, a decomposição, e o estoque de serapilheira, foram estudados em um bosque de franja dominado por *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke, situado no município de São Sebastião, litoral norte do estado de São Paulo. Foram avaliadas seis parcelas de 100 m<sup>2</sup>, distribuídas em duas transecções. Para tanto, realizou-se coletas de dados mensais (março de 2014 à fevereiro de 2015) referentes à produção de serapilheira, estoque de serapilheira no solo (junho de 2014 à maio de 2015), tempo de decomposição de folhas (julho à novembro de 2014). Além disso, foram feitas coletas de dados sobre a estrutura do bosque, as características edáficas, a luminosidade e as características climáticas objetivando demonstrar se há correlações entre esses dados e a dinâmica de serapilheira. A produção média total de serapilheira foi de 854,7 (±304,2) g/m<sup>2</sup>/ano com picos de produção nas estações chuvosas, o estoque acumulado médio no solo foi de 112,1(±12,4) g/m<sup>2</sup> com taxa de renovação igual a 6,1 vezes por ano. A decomposição de folhas apresentou taxa de decaimento maior no primeiro mês e o coeficiente de decomposição obteve um valor médio de 0,019 (±0,006) e meia vida de 39 dias (±10,1). A taxa de exportação foi maior que 95% do total produzido e a quantidade de carbono exportado foi igual a 210,2 g/m<sup>2</sup>. Não houve correlação entre a produção, a decomposição e o estoque de serapilheira com a estrutura do bosque, as características edáficas e a luminosidade, contudo, tanto a produção e o estoque de serapilheira apresentaram correlação com as características climáticas.

**Palavras-chave:** Manguezal. Exportação de Matéria Orgânica. Produtividade. São Sebastião.

## ABSTRACT

The mangrove is a coastal ecosystem of transition between the terrestrial and marine environments, typical of tropical and subtropical regions, subject to tidal regime. This ecosystem fertilises coastal waters from the production of organic matter, especially originated litter, exporting this matter and turned into debris, which will later be used by a variety of organisms. The dynamics of litter (production, inventory, decomposition and export) involves a series physical and biological factors. These factors influence both on production and on the time that this material is again built as a nutrient to the soil. Therefore, the relevance to quantify litter production, the stock present in the sediment, and the time of decomposition of organic matter, is linked to the understanding of energy flows, which is the main route of supply of nutrients through mineralization the plant remains. Thus, the production, decomposition, and the stock of litter, were studied in a fringe of forest dominated by *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke, situated in the municipality of São Sebastião, northern coast of São Paulo. We evaluated six plots of 100 m<sup>2</sup>, distributed in two transects. Therefore, there was monthly data collection (March 2014 to February 2015) relating to litter production, stock of litter on the ground (June 2014 to May 2015), leaf decomposition time (July to November 2014). In addition, data collections were made on the structure of the forest, the soil characteristics, the brightness and the climatic characteristics aiming to prove if there are correlations between these data and the dynamics of litter. The average total litter production was 854.7 ( $\pm$  304.2) g/m<sup>2</sup>/year with production peaks during rainy seasons, the average accumulated stock in the soil was 112.1 ( $\pm$  12.4) g/m<sup>2</sup> with renewal fee equal to 6.1 times per year. The sheet showed a higher decomposition rate of decay in the first month and the decomposition coefficient obtained an average of 0.019 ( $\pm$  0.006) and half-life of 39 days ( $\pm$  10.1). The export rate was greater than 95% of total production and the amount of carbon exported was equal to 210.2 g/m<sup>2</sup>. There was no correlation between production, decomposition and the stock of litter with the structure of the forest, the soil characteristics and brightness, however, both the production and the stock of litter correlated with the climatic characteristics.

**Keywords:** Mangrove. Litterfall. Organic Matter Outwelling. São Sebastião.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da Área de estudo .....	18
Figura 2 – Localização da área de estudo em relação ao canal de São Sebastião e ao Terminal .....	20
Figura 3 – Bosque da área de estudo em formação (anos 2000) .....	21
Figura 4 – Impactos sofridos pelo bosque: presença de óleo na água que inunda o bosque e de lixo .....	22
Figura 5 – Área de estudo, mostrando a localização das parcelas .....	23
Figura 6 – Cesto de coleta de serapilheira .....	25
Figura 7 – Serapilheira coletada e separada .....	26
Figura 8 – Limitador de PVC para coleta de estoque de serapilheira no solo .....	27
Figura 9 – Sacos para análise da taxa de decomposição .....	28
Figura 10 – Sacos de decomposição .....	29
Figura 11 – Destorroamento do solo para análise granulométrica .....	32
Figura 12 - Instrumento para medir o grau de compactação do solo .....	33
Figura 13 – Densidade total de árvores por parcela .....	36
Figura 14 – Altura média entre as parcelas. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ ) .....	37
Figura 15 – Densidade total de indivíduos jovens por parcela .....	37
Figura 16 – Valores médios de DAP entre as parcelas. As linhas correspondem aos intervalos de confiança ( $\alpha= 0.05$ ) .....	38
Figura 17 – Número de árvores com três intervalos diferentes de DAP entre as parcelas. ....	38
Figura 18 – Área basal total das parcelas analisadas .....	39
Figura 19 – Densidade total de plântulas por parcela .....	39
Figura 20 – Produção média mensal em cada campanha. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ ) .....	41
Figura 21 – Produção média de serapilheira nas diferentes estações do ano. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ ) .....	42
Figura 22 – Produção média de serapilheira por parcela. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ ) .....	42
Figura 23- Porcentagem dos componentes vegetais da serapilheira .....	43
Figura 24 – Porcentagem dos componentes vegetais nas seis parcelas .....	43
Figura 25 – Produção média mensal dos componentes vegetais: folha, flor, fruto e madeira .....	44
Figura 26 – Estoque de serapilheira no solo ( $g/m^2$ ) nos meses de coleta. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ ) .....	45
Figura 27 – Estoque de serapilheira no solo entre as parcelas. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ ) .....	46
Figura 28 – Taxa de decaimento em cada parcela. No quadro estão os coeficientes de decomposição e os valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) .....	47

Figura 29 – Valores médios da salinidade intersticial das parcelas. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ ) .....	48
Figura 30 – Porcentagem de areia e silte/argila entre as parcelas .....	49
Figura 31 – Valores médios de profundidade da haste de ferro. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ ) .....	49
Figura 32 – Valores médios da altura da lâmina d'água. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ ) .....	50
Figura 33 – Valores médios da porcentagem do grau de luminosidade de cada parcela. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ ) .....	51
Figura 34 – Temperaturas médias correspondentes aos intervalos entre as coletas de serapilheira (CIIAGRO, 2014 e 2015) .....	51
Figura 35 – Índice de pluviosidade entre os intervalos de coleta de serapilheira (CEMADEM, 2014 e 2015) .....	52
Figura 36 – Esquema da dinâmica da serapilheira de acordo com os principais tipos fisiográficos de manguezais, onde P= produção; E= estoque; Exp= exportação e D= decomposição (TWILLEY et al. 1986) .....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Posição geográfica dos locais estudados (UTM) .....	23
Tabela 2 – Datas das coletas de serapilheira .....	25
Tabela 3 – Datas das coletas de serapilheira .....	27
Tabela 4 - Produção média de serapilheira por parcela .....	41
Tabela 5 – Valores médios mensais referentes a coleta anual nas seis parcelas. PS= produção de serapilheira; ES= estoque de serapilheira no solo; D= decomposição; $\Delta$ ES= variação do estoque; EXP= exportação .....	48
Tabela 6 - Dados de produção média de serapilheira ( $\text{g}/\text{m}^2/\text{ano}$ ) publicados para a região do sistema estuarino de Santos e canal de Bertioga. (1) = médias do primeiro e segundo ano; (2) = menor e maior média (cinco anos de dados); (3) = não incluído o peso da madeira .....	55
Tabela 7 – Coeficientes de decomposição encontrados em diferentes estudos ocorridos no verão com a espécie <i>Avicennia schaueriana</i> .....	62
Tabela 8 – Total de carbono exportado em diversos bosques de mangue .....	64

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2. OBJETIVO</b> .....	17
2.1 Objetivos específicos .....	17
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	18
3.1 Área de estudo .....	18
3.2 Fitossociologia .....	23
3.3 Serapilheira .....	24
3.4 Estoque .....	26
3.5 Decomposição .....	28
3.6 Estimativa da Exportação da serapilheira .....	30
3.7 Características edáficas .....	33
3.8 Luminosidade .....	34
3.9 Temperatura .....	34
3.10 Pluviosidade .....	34
3.11 Análises estatísticas .....	34
<b>4. RESULTADOS</b> .....	36
4.1 Fitossociologia .....	36
4.2 Serapilheira .....	40
4.3 Estoque .....	44
4.4 Decomposição .....	46
4.5 Estimativa da exportação da serapilheira .....	48
4.6 Características edáficas .....	48
4.7 Luminosidade .....	50
4.8 Temperatura .....	51
4.9 Pluviosidade .....	52
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	53
5.1 Fitossociologia .....	53
5.2 Serapilheira .....	55
5.3 Estoque .....	59
5.4 Decomposição .....	61
5.5 Estimativa da exportação da serapilheira .....	63
5.6 Características edáficas .....	66
5.7 Temperatura e Pluviosidade .....	67
<b>CONCLUSÕES</b> .....	68
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	70
<b>ANEXOS</b> .....	79

## 1. INTRODUÇÃO

Os manguezais são ecossistemas costeiros de transição entre os ambientes terrestre e marinho, típicos de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime de marés. Ocorrem geralmente entre as latitudes 23°30'N e 23°30'S, localizados na faixa entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, podendo eventualmente se estender em latitudes superiores, tendo seu máximo desenvolvimento estrutural associado à região equatorial (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

As condições ideais para o desenvolvimento dos manguezais de acordo com Walsh (1974) incluem temperaturas médias anuais acima de 20° C e mínimas superiores a 15° C, sendo a amplitude térmica em torno de 5° C; a precipitação pluvial deve ser maior que 1.500 mm/ano e sem prolongados períodos de seca; as marés que são o principal mecanismo de entrada de água salgada nos manguezais; áreas abrigadas como estuários, baías, lagunas, praias com pouca declividade. Como consequência sua arquitetura é o resultado de uma interação entre as características biológicas das espécies e as forças ambientais que operam no sistema (CINTRÓN, 1987; WALSH, 1974; TOMLINSON, 1986).

No Brasil, o ecossistema de manguezal está presente em praticamente toda a faixa litorânea, se estendendo do Oiapoque, extremo norte do estado do Amapá (04°30'N) até a Laguna em Santa Catarina (28°30'S), ocupando uma área que varia entre 10.000 km<sup>2</sup> (HERZ, 1991) a 25.000 km<sup>2</sup> (SAENGER et al. 1983).

Apesar de ser avaliado como um dos ecossistemas mais produtivos do mundo (WOODROFE, 1982), inclusive considerado como “Área de Preservação Permanente - APP” na legislação brasileira (BRASIL, 1965), eles sofreram ao longo do tempo, uma enorme degradação.

A ação dos tensores antrópicos associados aos naturais que agem sobre esse ecossistema, restringe o desenvolvimento do bosque, interferindo tanto nas características estruturais como na sua diversidade funcional (CINTRÓN & SCHAEFFER-NOVELLI, 1984). Todavia, eles são responsáveis por inúmeras funções. Uma função importante está relacionada com a intensa troca de energia

entre os manguezais e os outros ecossistemas adjacentes, sendo por esse motivo considerado um sistema aberto (LUGO e SNEDAKER, 1974; CORREIA e ANDRADE, 1999). Sua alta produtividade e intensa exportação de matéria orgânica lhes atribuem uma grande importância ecológica nas zonas costeiras (BOUILLON et al., 2008; SÁNCHEZ-ANDRÉS et al., 2010).

Toda essa riqueza biológica transforma esses ecossistemas em “berçários naturais”, tanto para espécies que vivem nesses locais, quanto para espécies oriundas de áreas adjacentes que migram para os manguezais durante, pelo menos, uma fase do ciclo de vida (BOTO, 1982; MASTALLER, 1989). Isso se reflete em um aumento da população de diversas espécies marinhas, em especial, as estuarinas, tendo, portanto, um papel fundamental na conservação da biodiversidade e na manutenção de amplos recursos pesqueiros (LUGO e SNEDAKER, 1974; ODUM e HEALD, 1975; SCHAFFER-NOVELLI, 2000)

Os manguezais também tornam possível o equilíbrio da geomorfologia costeira de fixar solos instáveis, bem como de combater a erosão e o assoreamento de estuários, baías e portos. É um filtro biológico, pois seu sistema de raízes diminui a velocidade das águas, aumentando a deposição de partículas no solo, além de funcionar como quebra-mares e quebra-ventos (SCHAFFER-NOVELLI et al., 1995).

O termo mangue define o conjunto da flora que compões esse ecossistema (VANNUCCI, 1999). Conforme Schaeffer-Novelli e Cintrón (1986), esta flora apresenta adaptações morfológicas e fisiológicas capazes de resistir a alterações de salinidade, variações de maré, ventos fortes, temperaturas altas e solos lodosos com diferentes condições anaeróbicas. O elevado grau de adaptabilidade das espécies de mangue às condições ambientais aparentemente desfavoráveis lhes confere importância única.

No Brasil, essa vegetação é composta por três gêneros: *Rhizophora*, *Avicennia* e *Laguncularia* e seis espécies: *Rhizophora mangle* L.; *Rhizophora racemosa* G. Mey.; *Rhizophora harisonii* Leechm.; *Laguncularia racemosa* Gaertn.; *Avicennia germinans* (L.) L., *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke.. No entanto, além dessas, existem aquelas espécies associadas ao manguezal como o *Conocarpus erectus* L., o *Hibiscus pernambucensis* L. e *Acrostichum aureum* L..

Também podem ser observadas espécies de orquídeas, bromélias e líquens (SCHAEFFER-NOVELLI, 1987).

As espécies arbóreas do manguezal desempenham papel fundamental na ciclagem de nutrientes, atuando como fonte primária de matéria orgânica, através da queda da serapilheira (AMARASINGHE e BALASUBRAMANIAN, 1992).

Esse ecossistema fertiliza águas costeiras a partir da produção de matéria orgânica, especialmente originada da serapilheira, exportando esta matéria e a transformando em detritos, que posteriormente será usada por uma variedade de organismos (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

A serapilheira é formada principalmente por material vegetal decíduo, sendo a maior contribuição de folhas, armazenada no sedimento da floresta (SILVA, 1984), podendo ser remineralizada pelo processo de decomposição, acumulada no sedimento e/ou exportada para áreas vizinhas (POOL et al., 1975).

O estoque de serapilheira encontrado sobre o substrato do bosque representa uma fonte fundamental de matéria orgânica e nutrientes para o *outwelling* (exportação do excesso de matéria orgânica de áreas úmidas costeiras para o oceano) de manguezais para o ambiente marinho (ODUM et al., 1973). Portanto, a quantificação desse estoque é uma importante ferramenta para avaliar tanto a produtividade desse ecossistema, quanto a ciclagem de nutrientes em ambientes costeiros (TWILLEY, 1988).

A decomposição da serapilheira é uma etapa importante na reciclagem de nutrientes e a oferta de matéria orgânica para o estuário e ocorre em função da disponibilidade de oxigênio, características do substrato, animais e de atividades de microrganismos. Desta forma, a decomposição do material foliar permite que parte do carbono incorporado no processo de fotossíntese retorne à atmosfera como  $\text{CO}_2$ , e os diversos outros elementos absorvidos passem para uma forma novamente utilizável pelas plantas (LUGO & SNEDAKER 1974).

O processo de decomposição foliar também tem um papel fundamental na manutenção dos sistemas aquáticos adjacentes, sendo exportados em forma de

nutrientes inorgânicos livres ou ainda como detritos orgânicos para serem reutilizados pelos organismos dos níveis tróficos mais imediatos (LEE, 1995).

A exportação de matéria orgânica e nutrientes dissolvidos do manguezal é importante para a produtividade das águas costeiras, uma vez que exerce reconhecível efeito nas cadeias alimentares (LUGO & SNEDAKER, 1974). Essa informação vai de encontro com uma hipótese em ecologia estuarina que se baseia na premissa que entre o manguezal e os estuários uma troca de material devido a atividade das marés (LUGO, 1987; DAY et al., 1989). Assim, da mesma forma que o estoque, quantificar a exportação de matéria orgânica em manguezais, pode ser outra forma eficaz de avaliar sua produtividade, mas acima de tudo é um importante parâmetro para compreender sua função ecológica (BOTO, 1982).

A dinâmica da serapilheira (produção, estoque, decomposição e exportação) envolve uma série fatores físicos e biológicos, tais como, estrutura do bosque, herbivoria, latitude, temperatura, precipitação, disponibilidade de luz, duração do dia, evapotranspiração, características edáficas, atividade antrópica e características físico-químicas das folhas. Esses fatores influenciam tanto na produção, quanto no tempo em que este material será novamente incorporado como nutriente ao solo (ADAIME, 1985; 1994; TWILLEY, 1995).

Conseqüentemente nível de exportação de materiais particulados e dissolvidos oriundos da serapilheira depende da geomorfologia e amplitude das marés, tendendo a ser maior em manguezais situados em áreas costeiras dominadas por marés ou sob forte influência fluvial (AKÉ-CASTILLO et al., 2006).

Portanto, a relevância de se quantificar a produção de serapilheira, o estoque presente no sedimento, bem como o tempo de decomposição da matéria orgânica, está ligada à compreensão dos fluxos de energia, que representa a principal via de fornecimento de nutrientes por meio da mineralização dos restos vegetais (DAY et al., 1987; SÁNCHEZ-ANDRÉS et al., 2010).

Outro ponto importante sobre a relevância desse trabalho é a pequena quantidade de trabalhos relacionados e dinâmica da serapilheira no Brasil e no mundo, o que restringe o conhecimento sobre a real importância dos manguezais

em relação à exportação de matéria orgânica para outros ecossistemas, bem como a quantificação desse processo.

## 2. OBJETIVO GERAL

O objetivo desse estudo é compreender a dinâmica da serapilheira de um manguezal no município de São Sebastião, litoral norte do estado de São Paulo.

### 2.1 Objetivos específicos

- ✓ Quantificar a produção espaço-temporal de serapilheira em um ciclo anual;
- ✓ Relacionar a produção de serapilheira com a estrutura da vegetação, fatores ambientais e características edáficas do bosque;
- ✓ Determinar a contribuição das diversas frações da serapilheira (folhas, flores, frutos, madeira, estípulas de *R. mangle*);
- ✓ Quantificar o estoque de serapilheira no solo em um ciclo anual;
- ✓ Avaliar a velocidade de decomposição das folhas de *Avicennia schaueriana* junto ao substrato;
- ✓ Relacionar a decomposição com fatores abióticos;
- ✓ Quantificar a exportação de matéria orgânica do bosque.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Áreas de estudo

O estudo foi realizado no litoral norte do estado de São Paulo, no município de São Sebastião (figura 1).



**Figura 1 – Localização da Área de estudo**  
 Fonte – Imagem adaptada de Amaral et al. (2010).

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger (1948), o clima que ocorre no município é do tipo Am, caracterizado pelo clima tropical chuvoso, com inverno seco, onde o mês menos chuvoso tem precipitação inferior a 60mm. Em relação a este parâmetro, merece destaque a presença da Serra do Mar orientada paralelamente a linha da costa, intensificando a ação umidificadora dos fluxos atmosféricos do quadrante sul por efeito orográfico, mesmo nos meses menos chuvosos (MONTEIRO, 1973).

Com relação à geomorfologia, o município de São Sebastião está localizado em dois macro compartimentos do estado de São Paulo: Planalto Atlântico e Planícies Litorâneas (ROSS e MOROZ, 1997).

O Planalto Atlântico é uma região de terras altas que se estende desde o Uruguai até o norte da Bahia, sustentada principalmente por embasamento cristalino pré-cambriano e cambro-ordoviciano. Já as planícies litorâneas constituem formas cenozóicas agradacionais (processo que leva a construção de uma superfície devido a fenômenos deposicionais), planas ou suavemente onduladas, localizadas em baixas altitudes, próximas ou diretamente adjacentes a linha de costa. Estendem-se por todo o litoral brasileiro, em uma faixa descontínua e de largura irregular (ROSS e MOROZ, 1997).

O bosque de mangue em questão está situado ao lado da área de operações da balsa que liga o continente (município de São Sebastião) à Ilha de São Sebastião (município de Ilhabela). Este manguezal fica próximo à área de atividade do Terminal Marítimo Almirante Barroso – TEBAR, da Petrobrás, onde são movimentados petróleo e seus derivados (figura 2).

O Canal de São Sebastião (figura 2) é uma passagem marinha com 25 km de extensão, com largura que varia entre 2 km na porção central, 7 km ao sul e 5,5 km ao norte. A profundidade máxima é de torno de 40 m (OLIVEIRA e MARQUES, 2007). O regime de marés na região é do padrão semidiurno, com duas preamares e baixa-mares em um período de 24 horas. A variação da maré nesta região é inferior a 2 metros (micro marés) (LIMA et al. 2008).



**Figura 2 – Localização da área de estudo em relação ao canal de São Sebastião e ao Terminal Marítimo Almirante Barroso – TEBAR. Imagem modificada do Google Earth.**

A circulação das correntes superficiais no canal tem direção sudoeste - nordeste (SW – NE), com fluxo maior de águas penetrando ao sul do canal no sentido NE (FURTADO, 1978). O fluxo predominante para NE está diretamente associado aos ventos de sul (VALENTE, 1999).

A temperatura da água oscila entre 15 e 28°C (geralmente superior a 20°C na superfície) e a salinidade se mantém entre 34 e 35 (SILVA et al., 2001). A região é influenciada pelas águas quentes da Corrente do Brasil, pelas águas frias da massa da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) que ressurgem pelo sul do canal no verão e por uma massa de água fria e pouco salina que vem do sul e adentra o canal no inverno (SILVA et al., 2001).

O bosque, alvo desse estudo foi formado a partir de obras de aterramento entre o final da década de 80 e início da década de 90, notando-se, contudo nos anos 2000, um maior desenvolvimento (figura 3). Atualmente ocupa uma área de aproximadamente 550 m<sup>2</sup>.



Figura 3 – Bosque da área de estudo em formação (anos 2000). Imagens modificadas do Google Earth.

Conforme a classificação fisiográfica de Cintrón et al. (1985) este mangue é caracterizado como bosque de franja, que se desenvolvem ao longo das margens de costas protegidas.

A vegetação marginal deste bosque em sua porção oeste é formada por *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae) (figura 5), originária da América Central, considerada como planta invasora em diversas regiões do mundo (SCHERER et al., 2005).

Por estar localizado próximo à área urbana e ao mesmo tempo à área portuária de São Sebastião, o bosque sofre impactos constantes, tanto por parte da população local que despeja lixo, quanto por parte da própria atividade portuária, que como já foi dito anteriormente, movimentada petróleo e seus derivados, e como consequência a água que invade o manguezal durante as cheias da maré, traz consigo muito óleo (figura 4).



**Figura 4 – Impactos sofridos pelo bosque: presença de óleo na água que inunda o bosque e de lixo.**

Nesse fragmento, foi realizada uma amostragem a partir de seis parcelas de 10m x 10m (0,01ha) distribuídas em duas transecções na direção leste-oeste (figura 5). Os vértices das áreas amostradas foram delimitados por balizas de PVC. As posições geográficas encontram-se descritas na tabela 1.

A maior transecção é formada por quatro parcelas, sendo que em relação a linha da água, a parcela de número um é a mais distante e a quatro a mais próxima. A segunda transecção é formada pelas parcelas cinco e seis, sendo a cinco a mais distante da linha da água.



**Figura 5 – Área de estudo, mostrando a localização das parcelas.**  
**Fonte – Imagem modificada do Google Earth**

**Tabela 1: Posição geográfica dos locais estudados (UTM - Datum wgs84).**

Parcelas	Longitude (X)	Latitude (Y)
1	459558.753989	7366969.015170
2	459577.175250	7366976.758900
3	459605.451817	7366989.270220
4	459622.160184	7366993.076980
5	459586.842185	7366949.706700
6	459611.102947	7366956.942770

Os locais das parcelas foram os mesmos utilizados na elaboração do Estudo de Impacto Ambiental – EIA, realizado em 2008 como exigência para o planejamento de ampliação do Porto de São Sebastião (CEPEA, 2009).

### 3.2 Fitossociologia

Para o estudo da fitossociologia do bosque, seguiu-se a metodologia proposta por Cintrón & Schaeffer-Novelli (1984), que é baseada na obtenção de informações estruturais do bosque em áreas conhecidas, comumente denominadas parcelas. Todos os indivíduos das espécies de árvores presentes foram identificados com registro da identidade.

Com fita métrica (precisão de 0,1 cm) foi obtido o perímetro na altura do peito (PAP) a 1,3 m do solo, sendo medidos todos os indivíduos maiores que esta altura. O perímetro foi posteriormente transformado para diâmetro na altura do peito (DAP), dividindo-se o valor por Pi ( $\pi$ ). Com os dados de DAP obtiveram-se as áreas basais, segundo a fórmula:  $\text{Área Basal} = 0,00007854(\text{DAP})^2$ .

Não se incluiu a área basal dos troncos aparentemente mortos, mas que estivessem rebrotando (foram, entretanto medidas as áreas basais dos rebrotos, quando estes tivessem mais que 1,3 m de altura) – os indivíduos foram sempre contados para avaliação da densidade. Todos os parâmetros obtidos foram transformados para 0,1ha.

A altura das árvores foi determinada com vara telescópica. Na avaliação da altura média das árvores não se incluíram as vivas tombadas, rebrotando ou quebradas.

As plantas jovens (menores que 1,30 m) foram identificadas individualmente e foram apenas obtidas as medidas de altura. As plântulas (sem ramificação) foram contadas em 100% da área de cada parcela.

Com base nos dados obtidos em campo, foram calculadas para cada parcela: densidade de troncos vivos e de jovens de cada espécie, área basal viva, altura média de troncos vivos de cada espécie, DAP médio e densidade de plântulas. Todos os valores médios descritos no texto virão acompanhados de seus respectivos desvios padrão.

### **3.3 Serapilheira**

Para estimar a produção de serapilheira entre março de 2014 e fevereiro de 2015, foram colocados três cestos em cada uma das seis parcelas. Estes cestos foram fixados com linha de nylon nas árvores, em altura superior ao máximo nível das marés.

A escolha dos locais de instalação dos cestos em cada parcela foi aleatória, cada parcela foi dividida em 100 quadrados e a escolha destes (onde se instalariam os cestos) ocorreu com auxílio de uma tabela de números aleatórios gerada pelo software Excel (2010). Os cestos foram confeccionados com um aro plástico de 60 cm de diâmetro ( $0,28\text{m}^2$ ) e tela com 2 mm de malha (figura 6).



Figura 6 – Cesto de coleta de serapilheira

As coletas da serapilheira foram realizadas mensalmente e os intervalos de cada coleta variaram entre 24 e 35 dias (tabela 2)

Tabela 2 – Datas das coletas de serapilheira

Datas das coletas		
Ano	Mês	Dia
2014	março	18
2014	abril	22
2014	maio	23
2014	junho	17
2014	julho	17
2014	agosto	14
2014	setembro	18
2014	outubro	23
2014	novembro	25
2014	dezembro	19
2015	janeiro	20
2015	fevereiro	19

O material coletado foi separado em folhas, flores e frutos (por espécie), estípulas de *Rhizophora mangle*, madeira e miscelânea (produto vegetal não identificado) (figura 7). Esse material foi seco em estufa ( $60^{\circ}\text{C}$ ) por 72 horas, sendo posteriormente pesado em balança digital com precisão igual a 0,01g.



**Figura 7 – Serapilheira coletada e separada.**

O peso seco obtido para cada um dos itens foi convertido para  $\text{g/m}^2$ , sendo dividido pelo número de dias de intervalo entre as coletas e depois multiplicado por 30, para se obter a produção média mensal para cada cesto. Utilizaram-se os valores médios acompanhados pelos desvios padrão dos três cestos.

### **3.4 Estoque**

Para a quantificação do estoque de serapilheira presente no solo, foram escolhidas cinco “áreas” aleatórias em cada parcela. Para tanto, cada parcela foi dividida em 100 quadrados de  $1 \text{ m}^2$  e com o auxílio de uma tabela de números aleatórios gerada pelo software Excel (2010), as áreas foram sorteadas em cada coleta. Em cada quadrado, foram escolhidos os locais livres de pneumatóforos.

Em cada área escolhida, um limitador feito de PVC de área  $0,008\text{m}^2$  (figura 8), foi pressionado no solo, livre de pneumatóforos. O material vegetal (a madeira não foi inclusa) foi coletado com movimentos leves e uniformes dos dedos e sempre pela mesma pessoa, sendo ele armazenado em saco plástico.



**Figura 8 – Limitador de PVC para coleta de estoque de serapilheira no solo**  
**Fonte – Arquivo próprio**

Em laboratório o material foi lavado sobre uma peneira de malha de 0,5mm para retirada do sedimento. Posteriormente esse material foi seco em estufa (60°C) durante 72h e pesado em balança digital com precisão de 0,01g. Os valores obtidos foram transformados em  $g/m^2$ , dividindo-se o peso pela área do limitador de PVC.

Os intervalos entre as coletas variaram entre 24 e 35 dias (tabela 3).

**Tabela 3 – Datas das coletas de estoque de serapilheira no solo**

Datas das coletas		
Ano	Mês	Dia
2014	junho	17
2014	julho	17
2014	agosto	14
2014	setembro	18
2014	outubro	23
2014	novembro	25
2014	dezembro	19
2015	janeiro	20
2015	fevereiro	19
2015	março	19
2015	abril	23
2015	maio	22

Fez-se também o cálculo da taxa de renovação do estoque, ou seja, a quantidade de vezes que a serapilheira acumulada no sedimento se renova em uma unidade de tempo (OLSON, 1963). A fórmula é a seguinte:

$$TR = PS/ES$$

**Onde:** TR é a taxa de renovação do estoque, PS é a produção de serapilheira e ES é o estoque de serapilheira.

### 3.5 Decomposição

A taxa de decomposição foi estimada de julho a novembro de 2014. Para tanto, folhas senescentes de *A. schaueriana* foram coletadas aleatoriamente no bosque. As folhas foram lavadas em água corrente para a retirada de material particulado e secas ao ar livre durante 12h. Após a secagem, foi pesado um número de folhas, cujos pesos variaram entre 7,83 e 10,38 gramas.

As folhas foram acondicionadas em sacos de decomposição, confeccionados em tela de náilon com 2 mm de malha e tamanho de 20 x 15 cm (figura 9). Os sacos de decomposição foram fechados com linha de nylon para evitar perda do material.



**Figura 9 – Sacos para análise da taxa de decomposição**

Foram utilizados 72 sacos de decomposição, divididos em 18 grupos de quatro sacos (figura 10). Em cada parcela foram colocados três grupos, totalizando, portanto três réplicas. Os sacos foram fixados com linha náilon em troncos de árvores em grupos de quatro sempre, em contato com o solo.

Um saco de cada grupo foi retirado em intervalos mensais. A escolha do local para colocação dos grupos de sacos de decomposição foi próximo dos cestos de coleta de serapilheira.



**Figura 10 – Sacos de decomposição**

No laboratório o material coletado foi lavado cuidadosamente em água corrente para remoção do sedimento. Essa lavagem foi feita sobre uma peneira de malha de 0,5mm para que se evitasse perda de material. O material foi então seco em estufa a 60°C durante 72h pesado para obtenção do peso seco em balança de mesma precisão de 0,01g.

Devido à variação do peso inicial das folhas que foram colocadas inicialmente nos sacos de decomposição, foi obtido um fator de correção. Para isso, coletaram-se folhas senescentes aleatoriamente no bosque que foram lavadas e secas ao ar livre por um período de 12h.

Após a secagem, as folhas foram pesadas para obtenção do peso úmido e colocadas em saco de papel, sendo esse procedimento repetido por sete vezes, ou seja, totalizando sete réplicas. As réplicas foram secas em estufa a 60°C por 72h e posteriormente pesadas novamente para a aquisição do peso seco.

Com o peso seco de cada réplica, foi calculado então a porcentagem da mesma em relação ao peso úmido e daí obteve-se um valor médio. Esse valor médio foi multiplicado pelo peso seco de cada amostra retirada dos sacos de decomposição presentes no bosque e dividido por cem.

Posteriormente, fez-se o calculo da porcentagem da perda de biomassa em relação ao peso inicial de cada amostra, obtendo-se o valor médio, constituído pelas três réplicas em cada parcela. Ao final das quatro coletas, referentes ao

planejamento amostral de quatro meses, calculou-se o coeficiente de decomposição (k), da porcentagem de biomassa remanescente em função do tempo, utilizando-se o modelo exponencial negativo proposto por Olson (1963), conforme algoritmo no software Excel (versão 2010).

Calculou-se também a meia vida  $T_{1/2}$  (em dias) que diz respeito ao tempo necessário para que 50% do material foliar seja decomposto e segue o método proposto por Olson (1963):

$$T_{1/2} = t/k$$

**Onde:**  $t = \ln 2 = 0,693$  e  $k$  = coeficiente de decomposição.

### 3.6 Estimativa da exportação da serapilheira

Para a estimativa da exportação de matéria orgânica produzida pelo manguezal, foi utilizado um modelo da dinâmica de serapilheira que leva em consideração a produção, o estoque, a decomposição e o coeficiente de decomposição da serapilheira mensal:

$$E = S_n - (S_{n-1} - D) - P$$

$$D = S \times k$$

**Onde:** E é a exportação,  $S_n$  é o estoque de serapilheira do mês,  $S_{n-1}$  é o estoque de serapilheira do mês anterior, D é a taxa de decomposição, k é o coeficiente de decomposição (valor médio encontrado entre as seis parcelas) e P é a produção mensal de serapilheira.

Foi realizada também uma estimativa da exportação de carbono do material exportado, baseado no trabalho realizado por Lamparelli (1995) em dois locais no canal de Bertioga, constatou uma porcentagem carbono igual a 40% do material foliar. Para tanto, fez-se o cálculo do percentual de material foliar presente no total

exportado, utilizando a porcentagem calculada no presente trabalho para esse componente (62,4%).

### **3.7 Características edáficas**

Para a caracterização edáfica do bosque, foram analisados os seguintes parâmetros: grau de compactação, salinidade intersticial, granulometria e topografia.

Com auxílio de uma cavadeira, foram abertos cinco buracos de 15 cm de profundidade e coletada uma porção de solo, totalizando cinco réplicas em cada parcela. Os locais de coleta foram feitos a cada 2 metros na linha transversal da parcela. O sedimento foi acondicionado em saco plástico para posterior análise de salinidade intersticial e granulometria.

Para a análise de salinidade intersticial, 15 g de sedimento foram centrifugados por 5 minutos a 2500 rpm (rotações por minuto), para obtenção da água intersticial. Após esse procedimento, uma gota da água intersticial obtida de cada amostra foi colocada em um refratômetro óptico (Modelo Instrutherm, com precisão igual a  $\pm 1$ ) segundo metodologia proposta por Bernini e Rezende, (2011).

Para a análise granulométrica, uma amostra de cada parcela foi analisada adaptando a metodologia proposta na NBR 7181 (1984). Inicialmente, as amostras receberam tratamento com água oxigenada para a retirada de matéria orgânica, após esse procedimento, o material foi seco em estufa a 60°C por 72h. O material seco foi então destorroado com o auxílio de um almofariz e mão de gral revestida com borracha (figura 11).



Figura 11 – Destorroamento do solo para análise granulométrica

Feito o destorroamento, as amostras de cada uma das parcelas foram pesadas e colocadas em uma peneira de 0,063 mm e lavadas em água corrente para remoção das partículas finas, sobre uma capsula de porcelana, o conteúdo que sobrou na peneira foi seco em estufa a 105°C por 24h e pesado novamente, para a determinação da porcentagem de areia e silte e argila em relação ao peso inicial.

O grau de compactação do solo foi obtido através da medida de profundidade de penetração de uma haste de ferro, lançada de uma altura padronizada (MORRISEY et al., 2003). A haste de ferro tem 9 mm de diâmetro, 78 cm de comprimento e 423 g (figura12). Para a obtenção desse dado foram escolhidos dez locais dentro de cada parcela com o auxílio de uma tabela de números aleatórios gerado pelo software Excel (2010).



**Figura 12 - Instrumento para medir o grau de compactação do solo.**

Para a análise da topografia foram escolhidas entre cinco e seis “áreas” aleatórias em cada parcela. Em cada “área” foi realizada a medida da espessura da lâmina d’água com o auxílio de uma fita métrica, quando o nível da maré estava alto.

Em todas as análises descritas acima, foram utilizados os valores médios acompanhados de seus respectivos desvios padrão.

### **3.8 Luminosidade**

A luminosidade foi obtida com o auxílio de dois luxímetros (Lux Meter LX 1010BS) em um dia. Ao mesmo instante foi feita a leitura da luminosidade dentro e fora do bosque em dez réplicas a uma altura de 1,5m em relação ao solo. Dentro do bosque, a medida foi realizada em locais definidos aleatoriamente em cada parcela (tabela de números aleatórios do Excel), e fora do bosque, em local livre de qualquer sombreamento.

Terminadas as medidas simultâneas dentro e fora do bosque, foram feitas dez novas réplicas, também simultâneas e em local sem sombreamento a fim de calibrar os dois aparelhos. Fez-se então a subtração entre os pares de valores obtidos, e daí, calculou-se a diferença percentual em relação às réplicas do luxímetro de maior valor, foi obtida uma média utilizada como fator de correção.

Assim foi possível determinar as diferenças entre os valores das amostras obtidas no exterior e interior do bosque e com o resultado obter a porcentagem de luz que penetra em cada parcela (valores médios acompanhados de seus respectivos desvios padrão).

### **3.9 Temperatura**

O acompanhamento da temperatura foi realizado em consultas mensais ao site do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas – CIIAGRO. Os dados são referentes ao Município de Ilhabela, já que para o município de São Sebastião, não havia informações para o período total de coletas. Os valores médios obtidos (médias mensais originadas das médias diárias), acompanhados de seus desvios padrão são referentes ao tempo de intervalo entre cada coleta.

### **3.10 Pluviosidade**

O acompanhamento do nível pluviométrico foi realizado em consultas aos dados acumulados do mês no site do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN (estação 355070405 / Pontal da Cruz). Os valores obtidos do índice de pluviosidade são referentes aos intervalos de tempo de cada coleta.

### **3.11 Análises estatísticas**

Aplicou-se análise de variância (ANOVA) (ZAR, 1996) para comparar os valores médios da altura e do DAP das árvores entre as parcelas; produção média mensal de serapilheira entre os meses de coleta e entre a produção nas quatro

estações do ano; valores médios do estoque de serapilheira acumulada no solo entre os meses de coleta; valores médios do grau de compactação do solo e da porcentagem de luminosidade entre as parcelas. Quando este teste mostrou haver diferenças significativas ( $\alpha \leq 0,05$ ) e o número de variáveis foi maior do que dois, aplicou-se o teste Tukey para identificar entre quais delas ocorreu a diferença.

Do mesmo modo, realizou-se o Kruskal-Wallis (KW) (ZAR, 1996) quando as distribuições não se apresentaram normais para comparar os valores médios de salinidade intersticial e da altura da lâmina d'água (topografia) entre as parcelas. Para identificar as diferenças, quando  $\alpha \leq 0,05$ , utilizou-se o teste de Mann-Whitney.

Aplicou-se também a correlação de Pearson (ZAR, 1996) entre a produção média mensal de serapilheira e os valores médios de temperatura e pluviosidade entre os intervalos de coleta e entre os valores médios de estoque de serapilheira acumulado no solo e as médias de temperatura dos intervalos de coleta. Quando  $\alpha \leq 0,05$  e  $\alpha \leq 0,01$ , apresentou-se o  $r$ , sempre indicado o nível de significância.

Para todas as análises o software usado foi o PAST (versão 2.16) (HAMMER et al., 2001). As matrizes produzidas nos testes foram disponibilizadas nos anexos desse trabalho.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Fitossociologia

O manguezal foco desse estudo é composto majoritariamente pela espécie *Avicennia schaueriana*. Das seis parcelas analisadas, a densidade total encontrada foi de 2480 árvores/0,01ha, desse total, 92,7% foram de *A. schaueriana*, 3,6% para *R. mangle* e o mesmo valor para *L. racemosa*.

Entre as parcelas, a densidade total variou entre 580 árvores/0,1ha na parcela 4 e 230 árvores/0,1ha na parcela 6 (figura 13).

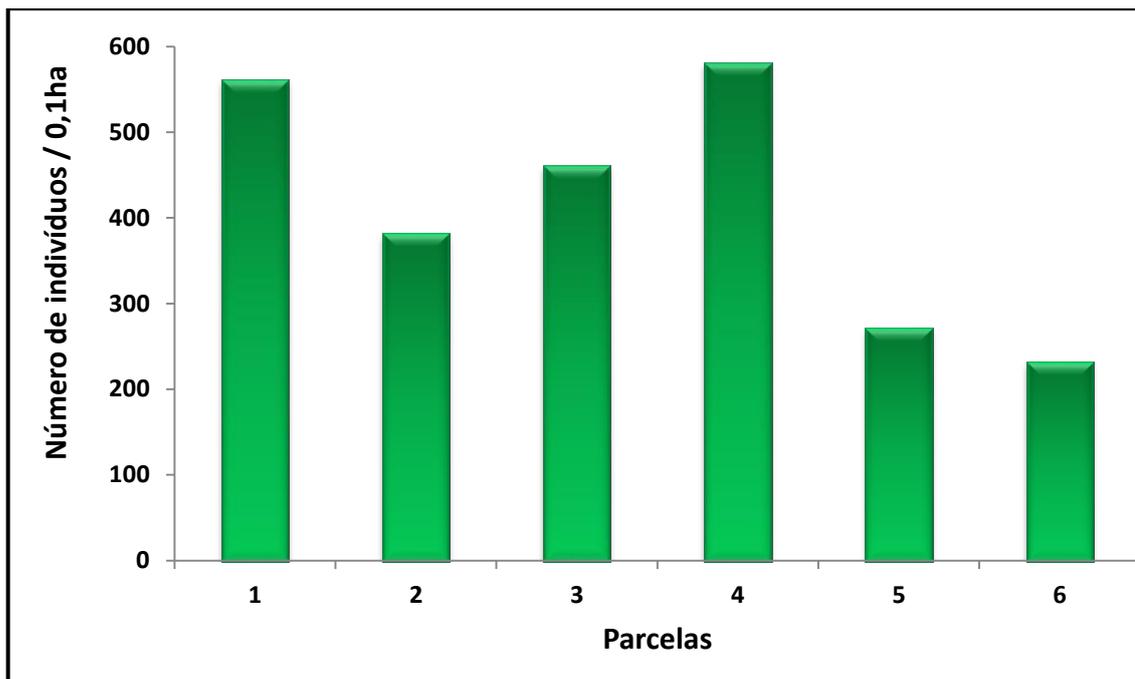


Figura 13 – Densidade total de árvores por parcela

A altura média do bosque foi de 7,4 ( $\pm 1,4$ ) m. Entre as parcelas, a altura média variou entre 8,6 ( $\pm 5$ ) m na parcela 5 e 4,9 ( $\pm 3,2$ ) m na parcela 4 (figura 14). A ANOVA aplicada entre as parcelas mostrou haver diferença significativa entre as alturas médias ( $p = 2,4 \times 10^{-6}$ ) e o teste de Tukey evidenciou que a parcela 4 possui altura significativamente menor que as outras (anexo 1).

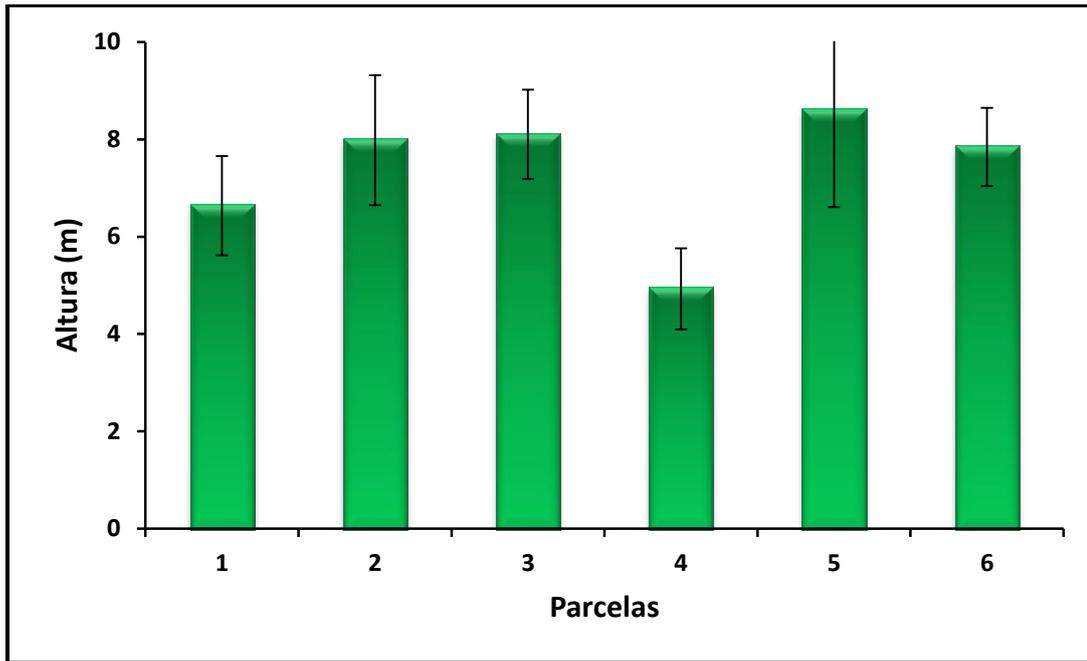


Figura 14 – Altura média entre as parcelas. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ )

A densidade total de indivíduos jovens foi de 560 por 0,1ha. Entre as parcelas, a parcela 4 apresentou a maior densidade, sendo 230 indivíduos e a menor densidade foi encontrada na parcela 6, com 10 indivíduos (figura 15).

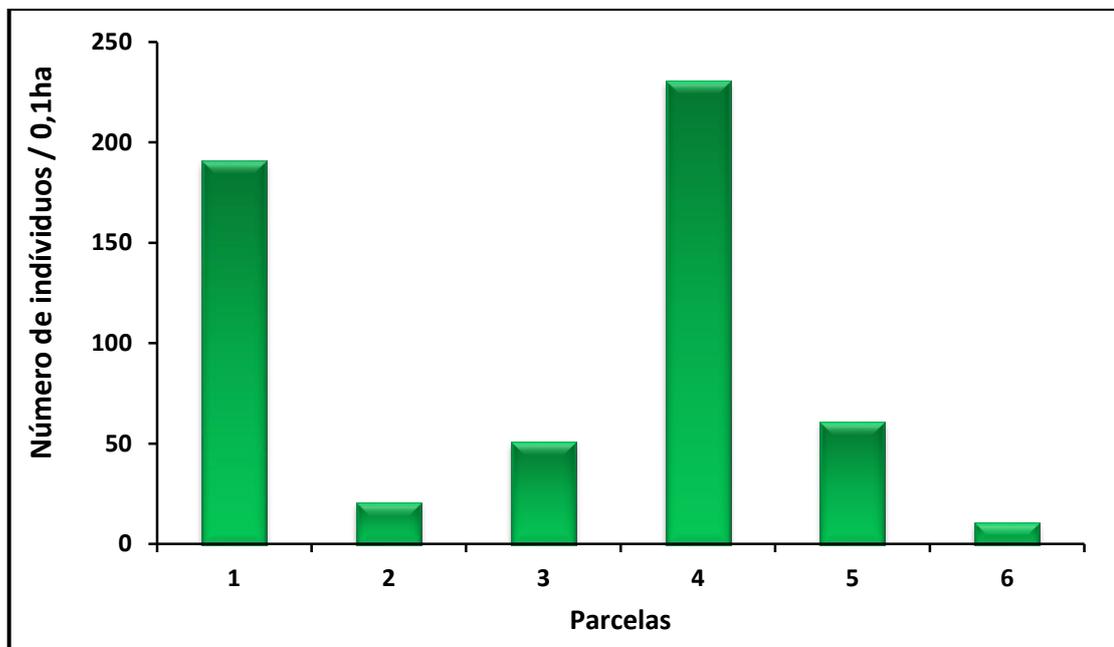


Figura 15 – Densidade total de indivíduos jovens por parcela

Dentre as parcelas, o DAP médio variou de 4,2 cm ( $\pm 3,6$ ) e 7,2 cm ( $\pm 6$ ). O menor valor foi encontrado na parcela 4 e o maior valor na parcela 5 (figura 16). A parcela 4 também apresentou a menor quantidade de árvores com DAP > 10 cm (figura 16 e 17).

Aplicando a ANOVA entre os valores que formaram as médias de DAP em cada parcela, verificou-se diferença significativa ( $p = 0,005$ ), pois o teste de Tukey demonstrou que na parcela 4, esses valores encontram-se fora do intervalo de confiança da média encontrada na parcela 5 (anexo 2).

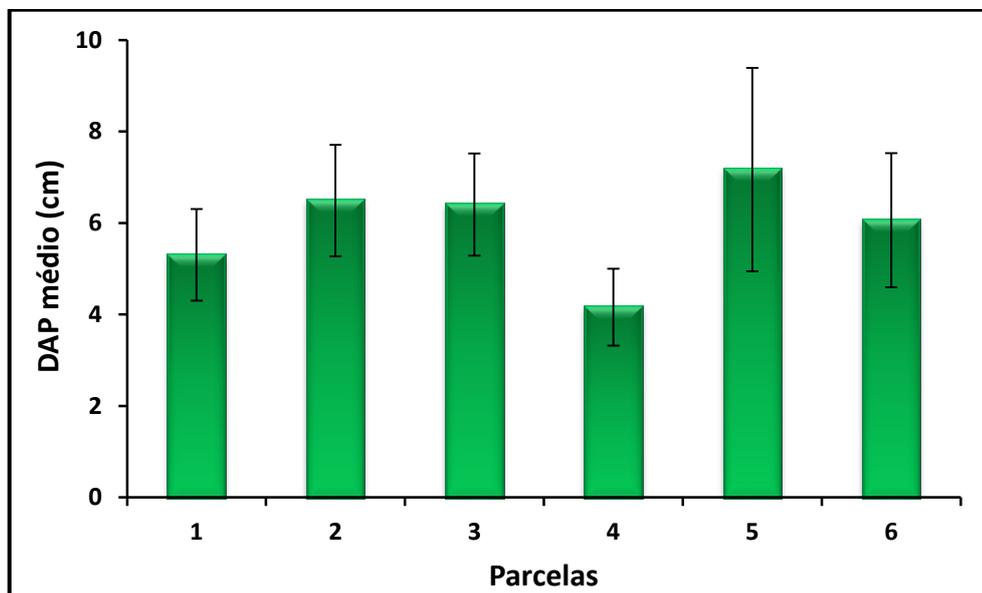


Figura 16 – Valores médios de DAP entre as parcelas. As linhas correspondem aos intervalos de confiança ( $\alpha = 0.05$ )

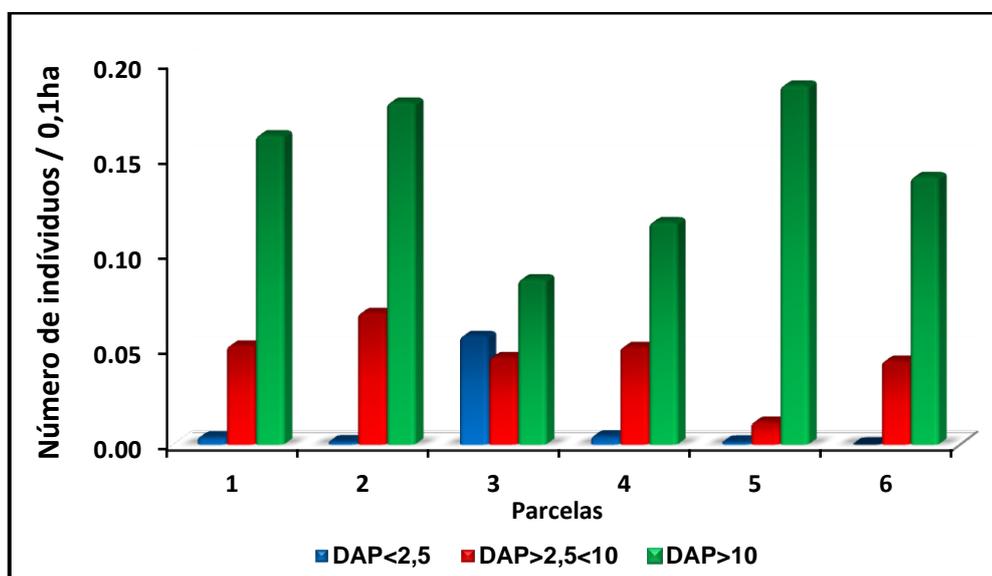


Figura 17 – Número de árvores com três intervalos diferentes de DAP entre as parcelas.

A parcela 3 foi a que apresentou a maior área basal total, 0,30 m<sup>2</sup>/0,1ha, seguida parcelas 2, 1, 5, 6 e 4. O valor da área basal total do bosque foi igual a 1,4 m<sup>2</sup>/0,1ha (figura 18).

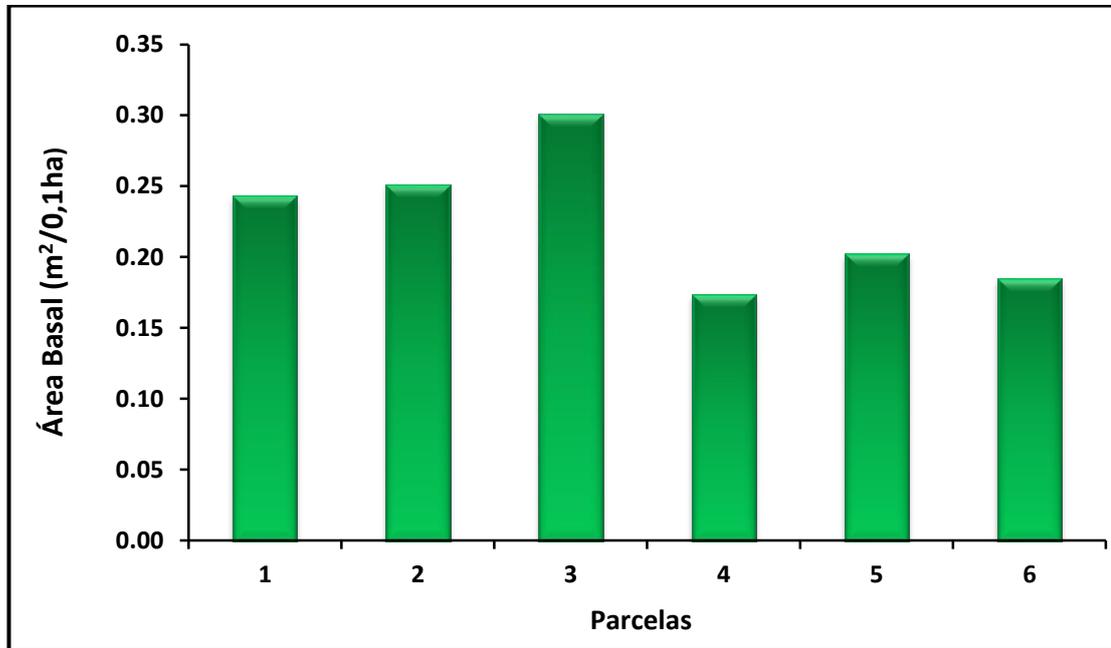


Figura 18 – Área basal total das parcelas analisadas

Com relação ao número de plântulas foi maior na parcela 1, com 80 indivíduos e a parcela 6 não apresentou nenhum indivíduo (figura 19).

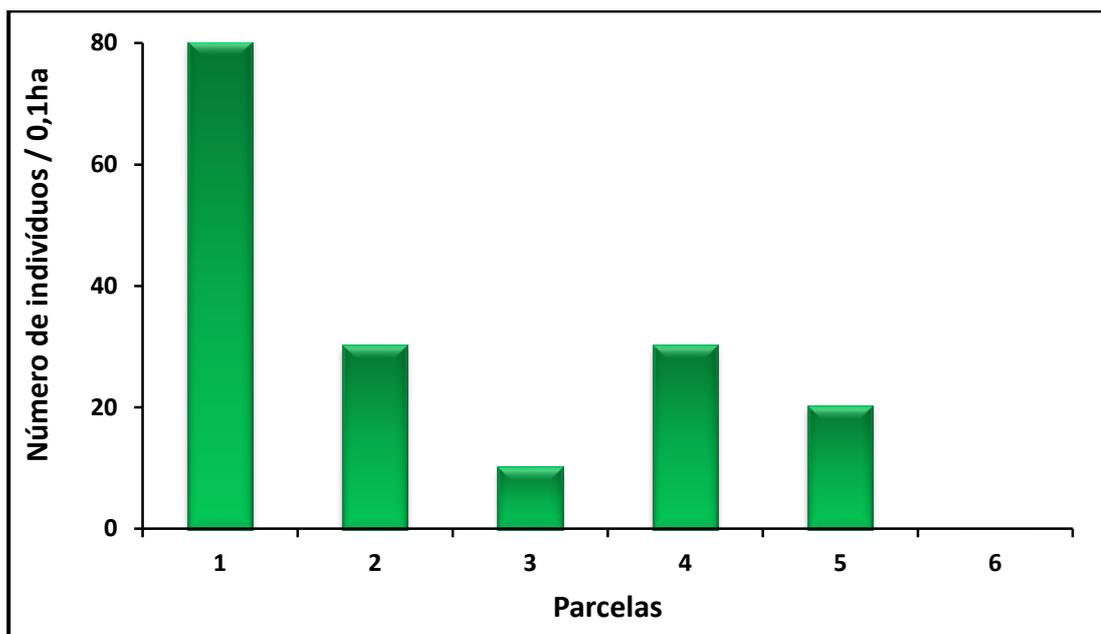


Figura 19 – Densidade total de plântulas por parcela

## 4.2 Serapilheira

A produção de serapilheira foi estimada durante o período de um ano com a média de 30,8 ( $\pm 3,7$ ) dias de intervalo entre as coletas.

De um total previsto de 216 amostras (três cestos em cada parcela por 12 meses), não se computaram quatro delas, resultado de furto, sendo uma na parcela 2, furtada na 11ª coleta e as três da parcela 4 na última coleta. Isso significou, portanto, que houve a perda de 1,8% das amostras totais. Com relação às parcelas, o total de amostras em cada seria igual a 36, dessa forma houve 2,7% a porcentagem de perda das amostras da parcela 2 e 8,3% na parcela quatro.

A produção média de serapilheira nos locais estudados (sem incluir o peso da madeira) foi de 691,3 ( $\pm 163$ )  $\text{g/m}^2/\text{ano}$  (= 57,6  $\text{g/m}^2/\text{mês}$  ou 1,9  $\text{g/m}^2/\text{dia}$ ). Com a madeira, o valor alcançado foi de 854,7 ( $\pm 304,2$ )  $\text{g/m}^2/\text{ano}$  (= 71,1  $\text{g/m}^2/\text{mês}$  ou 2,3  $\text{g/m}^2/\text{dia}$ ) (Tabela 4). As informações a seguir são apresentadas sem incluir o peso da madeira.

O maior valor anual médio ocorreu na parcela 6 com 938,1  $\text{g/m}^2/\text{ano}$  (= 78,1  $\text{g/m}^2/\text{mês}$  ou 2,6  $\text{g/m}^2/\text{dia}$ ) e o menor valor anual médio ocorreu na parcela 4 com 511  $\text{g/m}^2/\text{ano}$  (= 42,6  $\text{g/m}^2/\text{mês}$  ou 1,4  $\text{g/m}^2/\text{dia}$ ).

**Tabela 4 - Produção total de serapilheira por parcela**

Parcelas	Produção anual s/ madeira ( $\text{g/m}^2/\text{ano}$ )	Produção mês s/ madeira ( $\text{g/m}^2/\text{ano}$ )	Produção diária s/ madeira ( $\text{g/m}^2/\text{ano}$ )	Produção anual c/ madeira ( $\text{g/m}^2/\text{ano}$ )	Produção mês c/ madeira ( $\text{g/m}^2/\text{ano}$ )	Produção diária c/ madeira ( $\text{g/m}^2/\text{ano}$ )
1	565.1	47.1	1.5	656.8	54.7	1.8
2	589.4	49.1	1.6	700.0	58.3	1.9
3	785.4	65.5	2.2	871.6	72.6	2.4
4	511.6	42.6	1.4	583.3	48.6	1.6
5	757.8	63.2	2.1	892.7	74.4	2.4
6	938.1	78.2	2.6	1424.0	118.7	3.9
<b>Médias (DP)</b>	691.3 ( $\pm 163$ )	57.6 ( $\pm 13.6$ )	1.9 ( $\pm 0.4$ )	854.7 ( $\pm 304.2$ )	71.2 ( $\pm 25.3$ )	2.3 ( $\pm 0.8$ )

A produção média por campanhas variou entre 114,5 ( $\pm 25,7$ )  $\text{g/m}^2/\text{mês}$ , na décima segunda coleta, em fevereiro de 2015 e 21,3 ( $\pm 5,3$ )  $\text{g/m}^2/\text{mês}$ , em junho de 2014, quarta coleta (figura 20). A ANOVA demonstrou diferenças significativas entre a

produção mensal ( $p= 2,4 \times 10^{-10}$ ), e o teste de Tukey mostrou que essas diferenças ocorreram entre os meses de junho e julho de 2014 e os meses de março, novembro e dezembro de 2014, e janeiro e fevereiro de 2015. A produção do mês de setembro de 2014 foi diferente ao mês de março de 2014. A produção do mês de janeiro de 2015 se mostrou diferente de todos os meses exceto março, novembro e dezembro de 2014 e fevereiro de 2015 e finalmente, a produção do mês de fevereiro, exceto janeiro de 2015, foi diferente de todos os outros meses (anexo 3).

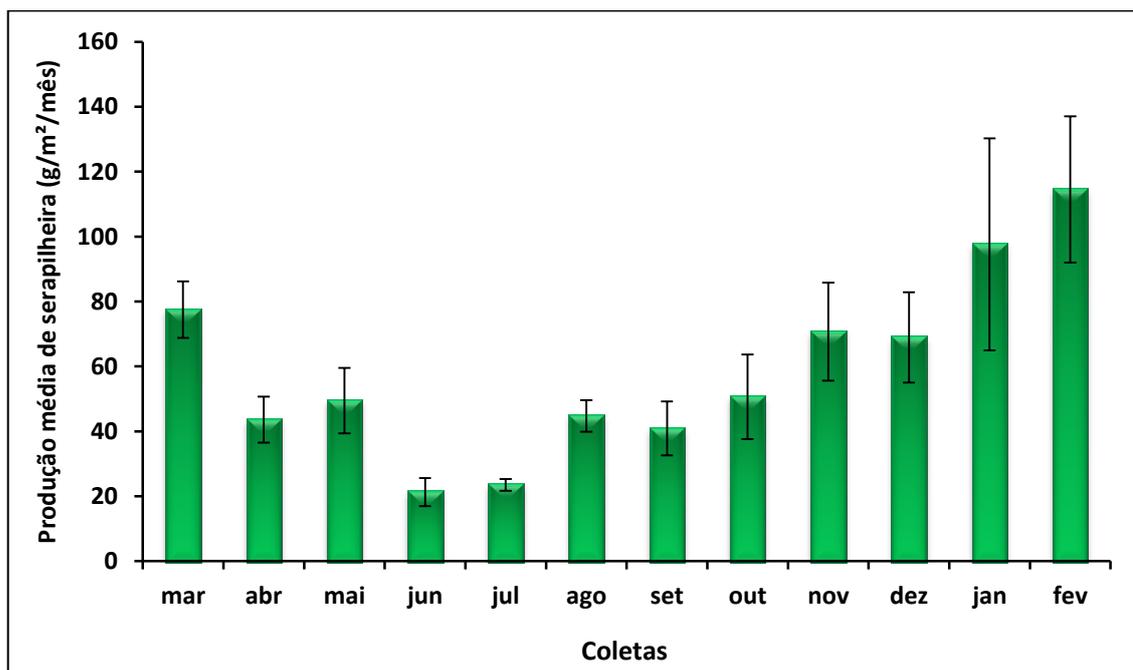


Figura 20 – Produção média mensal em cada campanha. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ )

A produção média mensal de cada campanha apresentou correlação positiva com a média da temperatura e de pluviosidade do período de coleta, ou seja, quanto maior a temperatura e a pluviosidade, maior a produção do bosque (anexo 4).

Verificou-se a ocorrência de um aumento da produção nos meses mais quentes e diminuição nos mais frios (figura 21). A maior produção média ocorreu no verão com  $90,9 (\pm 28) \text{ g/m}^2/\text{mês}$  e a menor foi no inverno com  $29,8 (\pm 3,5) \text{ g/m}^2/\text{mês}$ .

Aplicando-se a ANOVA entre a produção mensal nas diferentes estações do ano (Verão: dezembro, janeiro, fevereiro; Outono: março, abril, maio; Inverno: junho, julho, agosto, Primavera: setembro, outubro, novembro) encontrou-se diferença

significativa com  $p = 7 \times 10^{-5}$ . O teste de Tukey mostrou que as diferenças ocorreram entre a produção de verão e as outras estações, e a produção de inverno apresentou diferenças em relação ao outono (anexo 5).

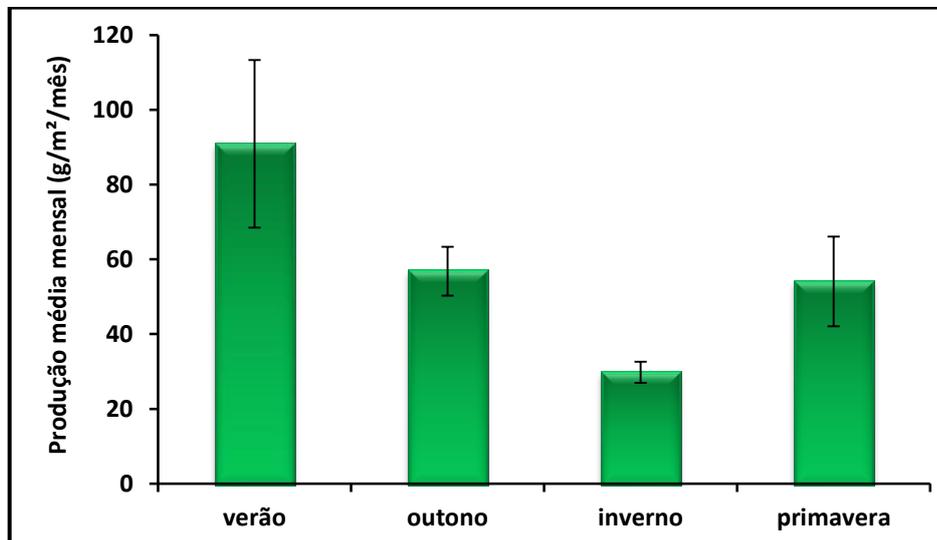


Figura 21 – Produção média de serapilheira nas diferentes estações do ano. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ )

Em relação à produção média mensal por parcela (figura 22), a ANOVA não mostrou diferença estatística significativa.

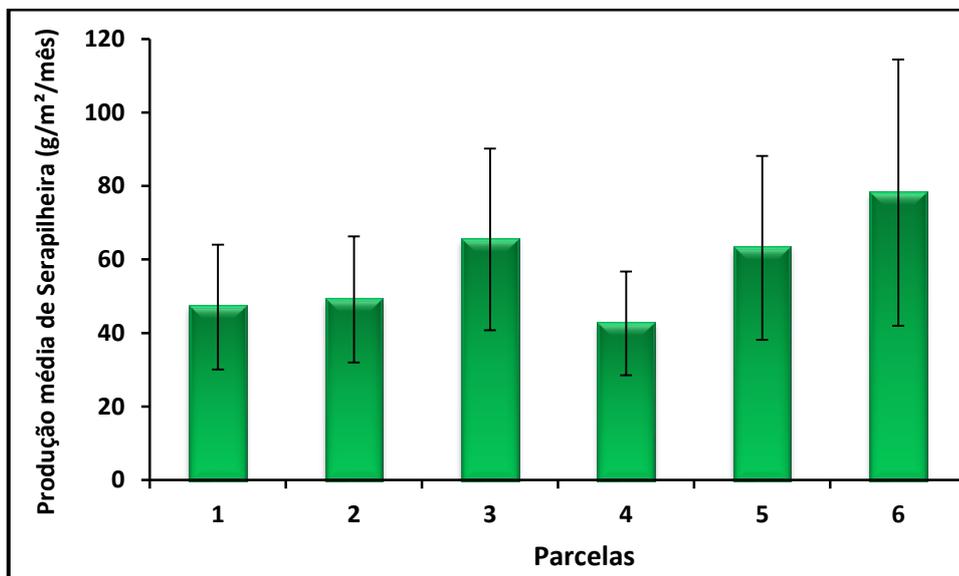


Figura 22 – Produção média de serapilheira por parcela. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ )

O compartimento vegetal que mais contribuiu para a serapilheira em todas as parcelas foram as folhas, com 62,4%; as flores foram as que menos contribuíram, com apenas 4,1% do total (figura 23 e 24).

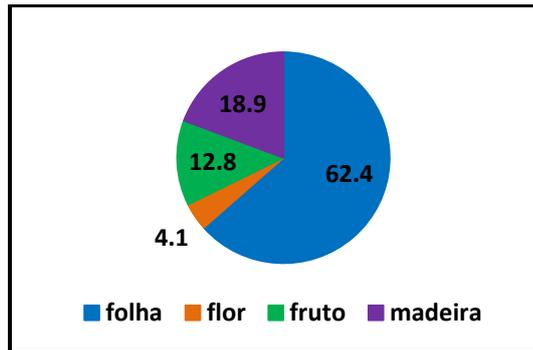


Figura 23- Porcentagem dos componentes vegetais da serapilheira

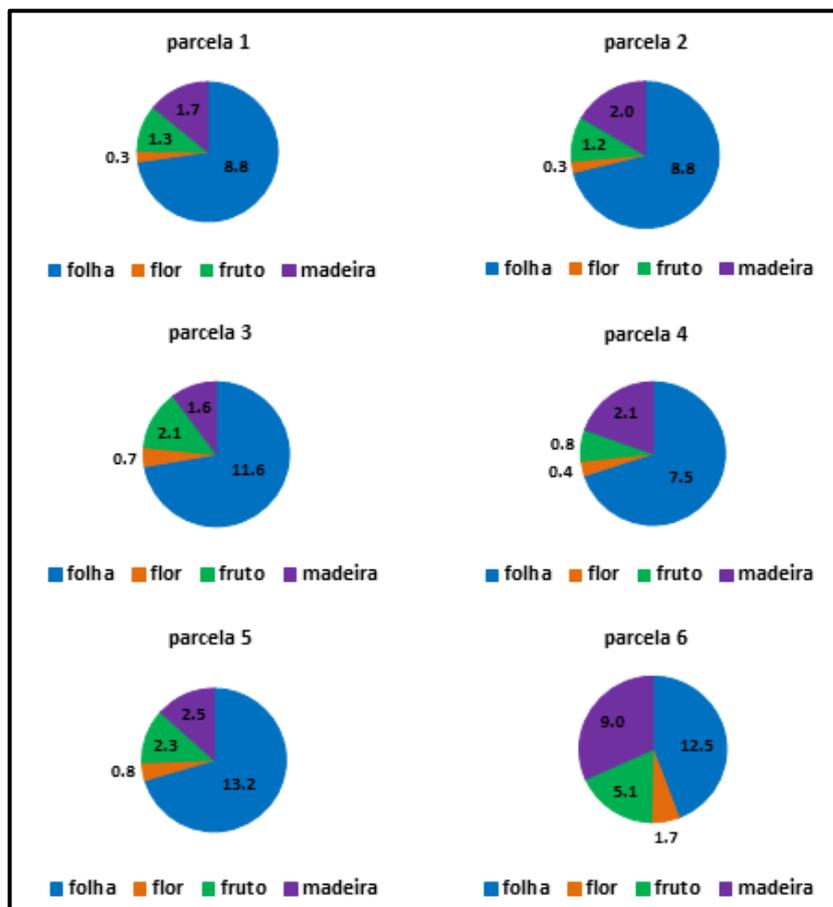


Figura 24 – Porcentagem dos componentes vegetais nas seis parcelas

O componente folha exibiu um pico no mês de março (2014), com tendência de aumento de produção a partir de outubro. As flores apresentaram picos de produção de agosto a outubro e o componente fruto mostrou um padrão de pico que vai de novembro a fevereiro. Já a madeira não apresentou padrão, porém houve um pequeno aumento no inverno (figura 25).

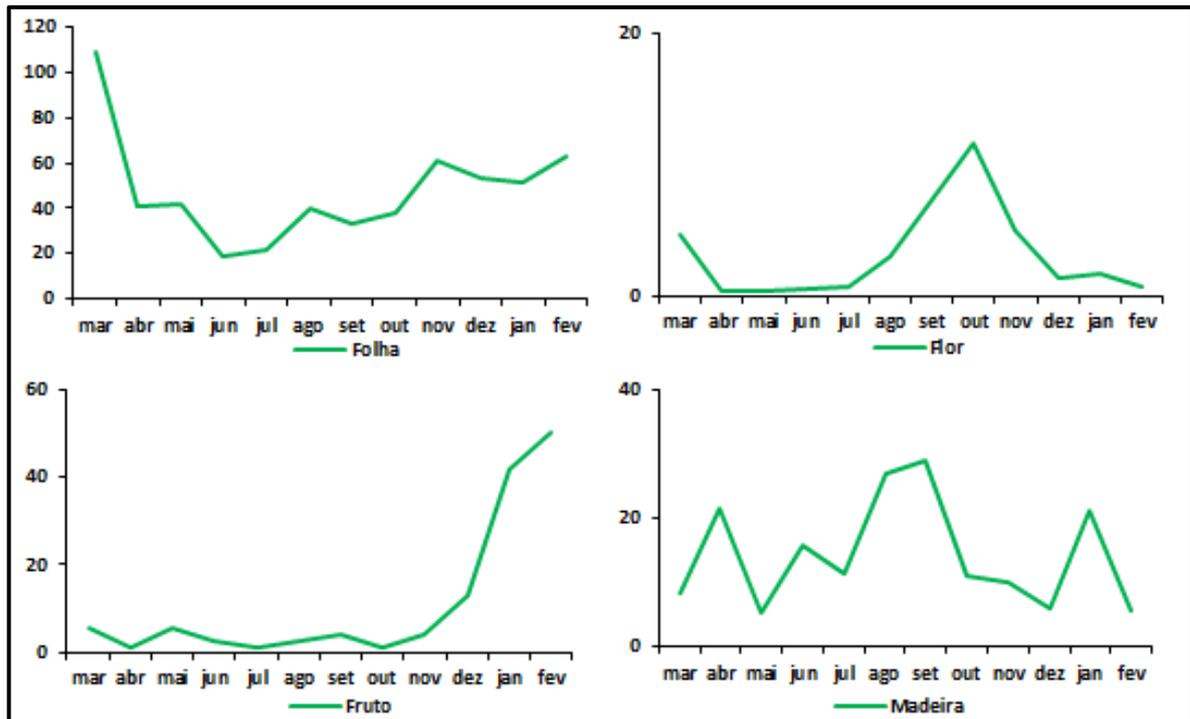


Figura 25 – Produção média mensal ( $\text{g/m}^2$ ) dos componentes vegetais: folha, flor, fruto e madeira.

Não houve correlações entre a produção de serapilheira com as características estruturais do bosque e nem entre as variáveis ambientais (luminosidade e características edáficas).

### 4.3 Estoque

A quantidade de serapilheira acumulada no solo foi estimada durante o período de um ano com a média de  $30,3 (\pm 3,8)$  dias de intervalo entre as coletas. O valor médio total de estoque foi  $112,1 (\pm 12,4)$   $\text{g/m}^2$ .

Os valores médios de serapilheira acumulada no solo durante os doze meses de coleta variam entre  $174,3 \text{ g/m}^2 (\pm 49,6)$  no mês de junho de 2014 e  $75,8 \text{ g/m}^2 (\pm 21,4)$  em abril de 2015 (figura 26). A ANOVA revelou haver diferença significativa entre a serapilheira acumulada nas diferentes coletas com  $p = 9,2 \times 10^{-6}$  e o teste de Tukey mostrou que o mês de junho de 2014 foi estatisticamente maior em relação aos meses de outubro de 2014 e janeiro, fevereiro, março, abril e maio de

2015 e o mês de dezembro de 2014 em relação aos meses de janeiro, março e abril de 2015 (anexo 6).

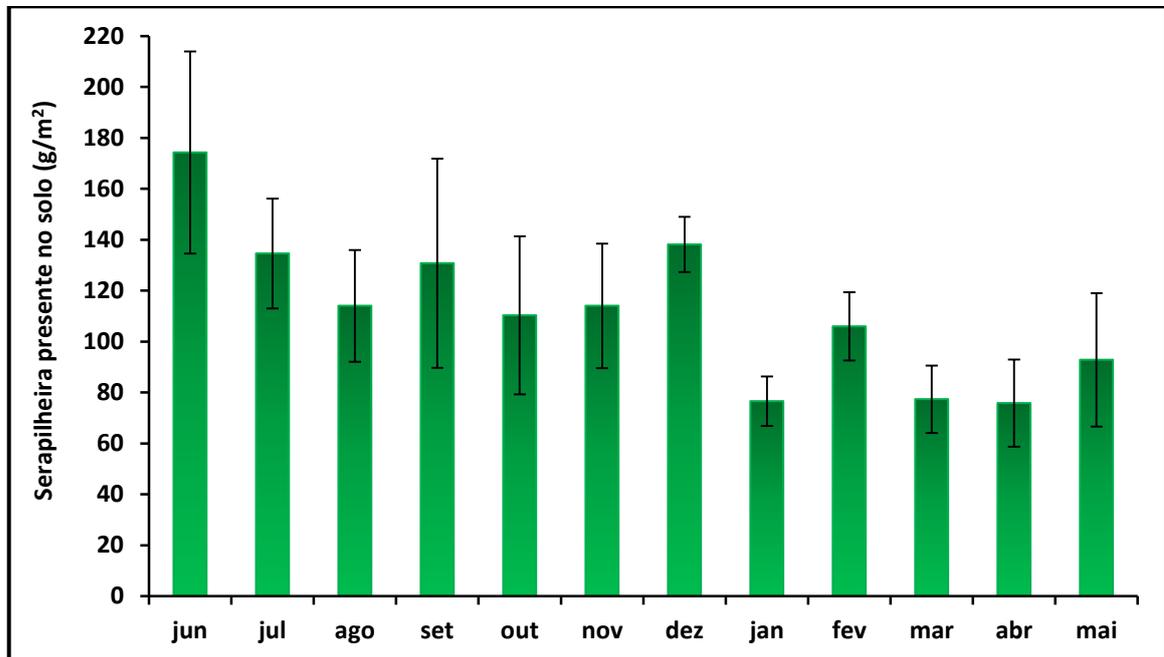


Figura 26 – Estoque de serapilheira no solo nos meses de coleta. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ )

As menores taxas de estoque ocorreram nos meses com as maiores médias de temperatura, janeiro (2015) com  $27,4^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 3,3$ ), março (2015) com  $26,6^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 1,7$ ) e abril (2015) com  $24,9^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,7$ ). Aplicando correlação linear observou-se que as taxas de estoque e as médias de temperatura dos períodos entre as coletas se correlacionam negativamente ( $p= 0,034$ ), ou seja, quanto maior a temperatura, menor a taxa de estoque (anexo 7).

Entre as parcelas, o valor médio de estoque variou entre  $129,9$  ( $\pm 47,5$ )  $\text{g/m}^2$  na parcela 3 e  $98,4$  ( $\pm 26,9$ )  $\text{g/m}^2$  na parcela 5 (figura 27). Não houve diferenças estatísticas significativas entre esses valores médios.

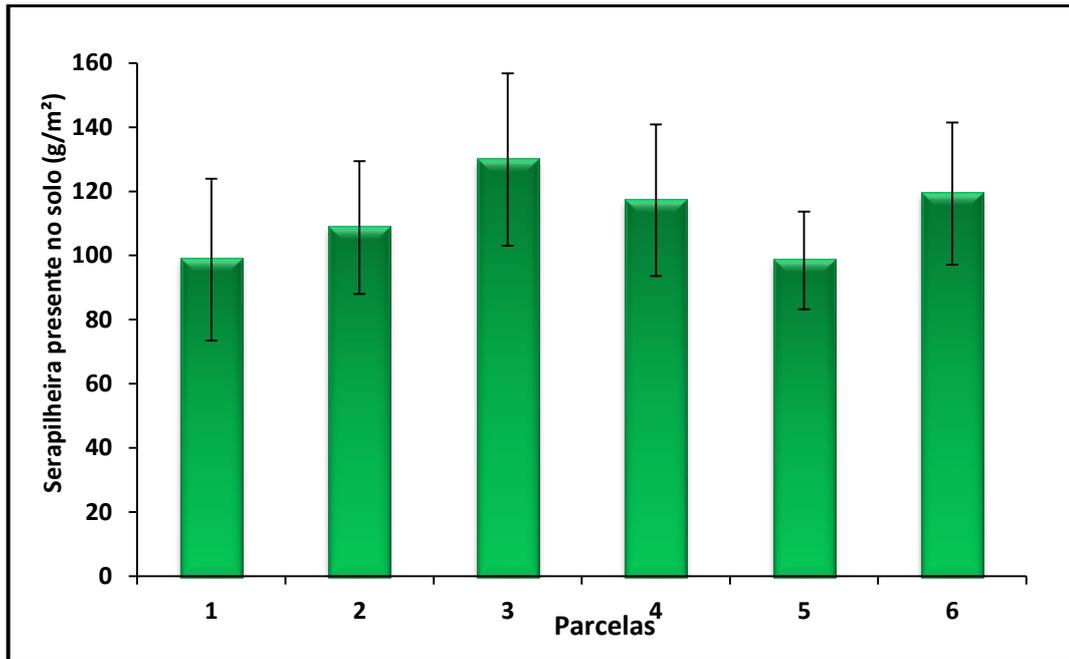


Figura 27 – Estoque de serapilheira no solo entre as parcelas. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ )

A taxa de renovação do estoque foi igual a 6,2 vezes por ano.

#### 4.4 Decomposição

As taxas de decaimento foram maiores no primeiro mês em todas as parcelas. O coeficiente de decomposição ( $k$ ) variou entre 0,030/dia ( $r^2= 0,89$ ) na parcela 6 e 0,015/dia nas parcelas 2, 3 e 5 ( $r^2= 0,73$ ; 0,78 e 0,69 respectivamente).

As parcelas 1 e 4 apresentaram os valores intermediários, sendo que na parcela 1 o  $k$  foi igual a 0,023/dia ( $r^2= 0,96$ ) e parcela 4 0,016/dia ( $r^2= 0,79$ ) (figura 28).

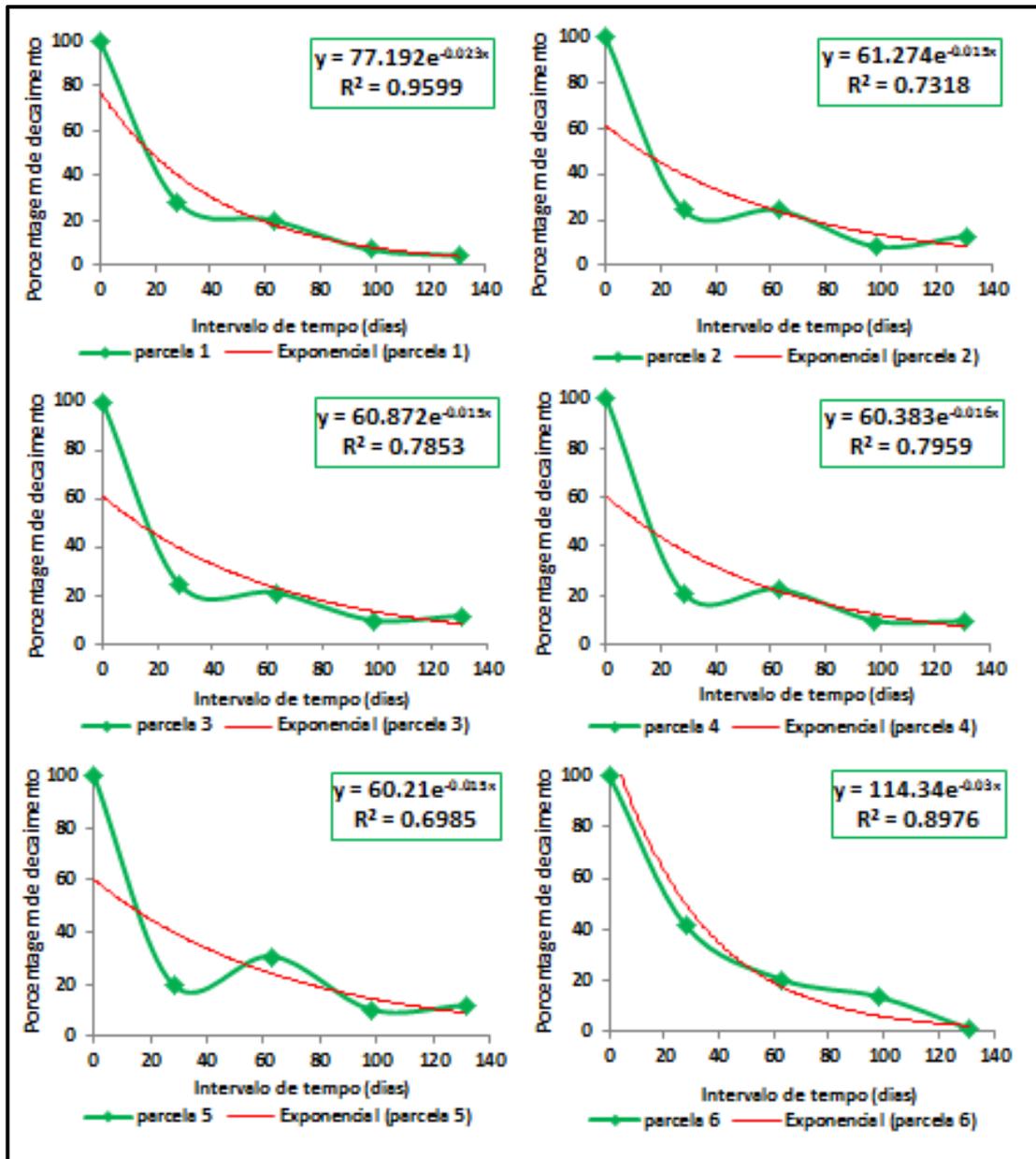


Figura 28– Taxa de decaimento em cada parcela. No quadro estão os coeficientes de decomposição e os valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ )

A meia vida  $T_{1/2}$  (em dias) que diz respeito ao tempo necessário para que 50% do material foliar seja decomposto obteve valor médio de 39 ( $\pm 10,1$ ) dias. Entre as parcelas,  $T_{1/2}$  variou entre 23 dias na parcela 6 e 46 dias nas parcelas 2, 3 e 5. As parcelas 1 e 4 apresentaram respectivamente  $T_{1/2}$  de 30 e 43 dias.

Não foi constatada correlações entre o coeficiente de decomposição e variáveis ambientais (luminosidade e características edáficas).

#### 4.5 Estimativa da Exportação da serapilheira

Para estimar a exportação desse manguezal levou-se em consideração a produção, o estoque, a variação do estoque e a taxa de decomposição (tabela 5). A estimativa de exportação da serapilheira foi igual a 683,4 g/m<sup>2</sup>/ano, equivalendo a 98,9% do total da produção do bosque.

O percentual de material foliar presente na produção de serapilheira foi de 62,4%, isto é, do total produzido (693,1g/m<sup>2</sup>/ano), 525,53 g/m<sup>2</sup>/ano é de folha. Em relação ao carbono, a exportação foi igual a 210,2 g/m<sup>2</sup>/ano.

**Tabela 5 – Valores médios mensais referentes a coleta anual nas seis parcelas. PS= produção de serapilheira; ES= estoque de serapilheira no solo; D= decomposição; ΔES= variação do estoque; EXP= exportação.**

Valores médios mensais (g/m <sup>2</sup> /mês)												
<b>PS</b>	77.5	43.6	49.4	21.3	23.4	44.7	40.9	50.6	70.7	68.9	97.6	114.5
<b>ES</b>	174.3	134.6	114.0	130.8	110.3	114.0	138.1	76.6	106.0	77.4	75.8	92.8
<b>D</b>	3.31	2.56	2.17	2.48	2.10	2.17	2.62	1.46	2.01	1.47	1.44	1.76
<b>ES - D</b>	170.9	132.0	111.9	128.3	108.2	111.9	135.5	75.1	103.9	75.9	74.4	91.1
<b>Δ ES</b>		-36.4	-18.0	18.9	-18.0	5.8	26.3	-58.9	30.8	-26.6	-0.1	18.4
<b>EXP</b>		<b>-79.9</b>	<b>-67.4</b>	<b>-2.4</b>	<b>-41.4</b>	<b>-38.9</b>	<b>-14.6</b>	<b>-109.5</b>	<b>-39.9</b>	<b>-95.5</b>	<b>-97.7</b>	<b>-96.1</b>

#### 4.6 Características edáficas

A salinidade intersticial no bosque variou de 14 (±5,48) na parcela 6 e 52 (±8,37) na parcela 2. As parcelas 1, 3, 4 e 5 apresentaram 46 (±10,84), 45 (±5), 28 (±2,74) e 45 (±8,66) respectivamente (figura 29).

As parcelas 4 e 6, mais próximas de água obtiveram os menores valores que as parcelas mais interiores. O teste Kruskal-Wallis mostrou haver diferença significativa (p= 0,001) e o teste de Mann-Whitney evidenciou que essa diferença está entre as parcelas 4 e 6 em relação às outras (anexo 8).

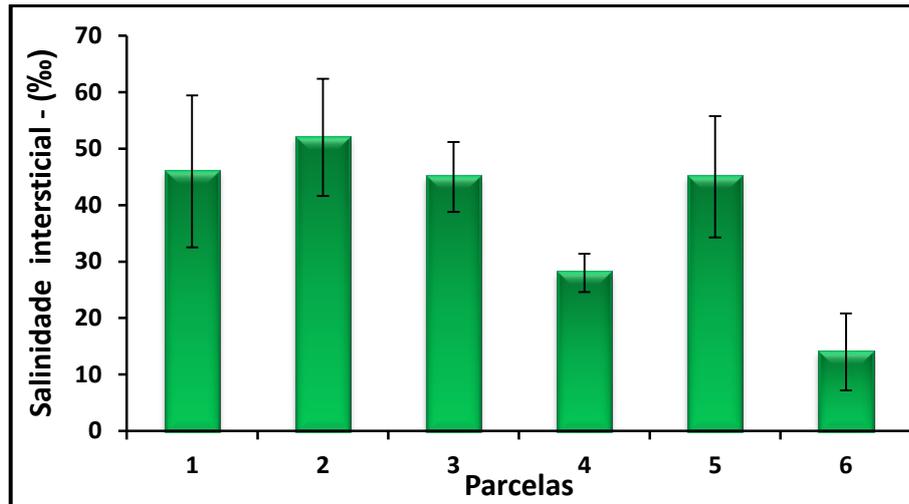


Figura 29 – Valores médios da salinidade intersticial das parcelas. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ )

A análise granulométrica revelou que a porcentagem de areia foi maior nas parcelas mais distantes da água, por outro lado, as parcelas mais próximas da linha d'água (em relação ao canal de São Sebastião) tiveram maior porcentagem de silte e argila (figura 30).

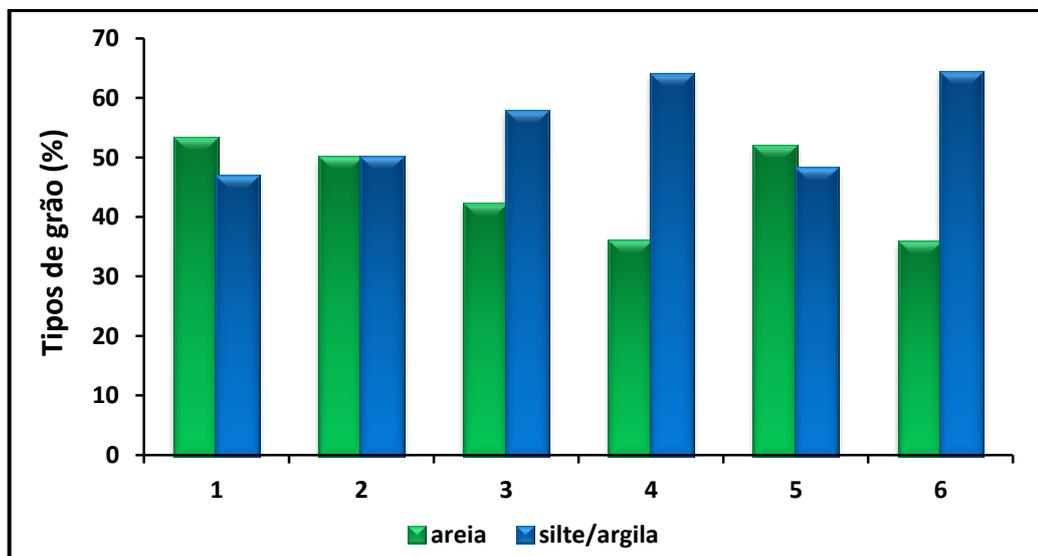


Figura 30 – Porcentagem de areia e silte/argila entre as parcelas

O grau de compactação do solo foi avaliado a partir do valor alcançado com a profundidade da haste de ferro, ou seja, quanto maior a profundidade, menor o grau de compactação (figura 31). O maior valor médio de profundidade da haste foi obtido na parcela 6 com 23,36 ( $\pm 2,9$ ) cm e o menor valor médio na parcela 1 com 13,37 ( $\pm 1,73$ ) cm.

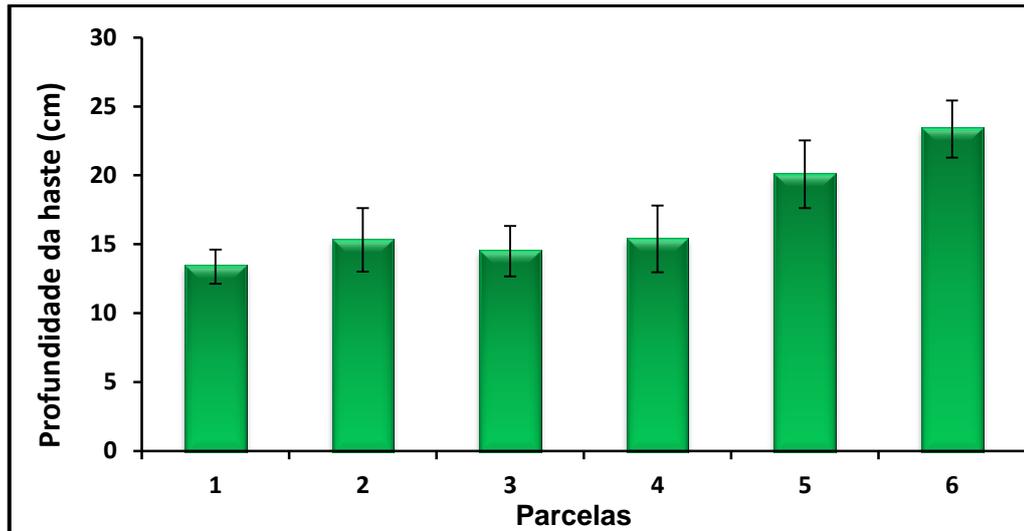


Figura 31 – Valores médios de profundidade da haste de ferro. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ )

A ANOVA ( $p= 8,6 \times 10^{-8}$ ) revelou uma diferença estatística significativa e o teste de Tukey demonstra que essa diferença ocorre entre as parcelas 5 e 6 em relação às outras parcelas (anexo 9).

A análise topográfica realizada entre as parcelas através da altura da lâmina d'água mostrou uma variação nos valores médios de 10,2 ( $\pm 0,8$ ) cm na parcela 4 e 0,5 ( $\pm 0,5$ ) cm na parcela 1 (figura 32). O teste Kruskal-Wallis mostrou haver diferença dos valores médios da análise entre as parcelas ( $p= 5 \times 10^{-5}$ ). Aplicando Mann-Whitney encontrou-se diferenças entre a parcela 3 em relação a todas as parcelas; a parcela 4, que além da parcela 3, foi diferente em comparação as parcelas 1, 2 e 5; e finalmente a parcela 6 apresentou-se diferente de todas as parcelas exceto a parcela 4 (anexo 10).

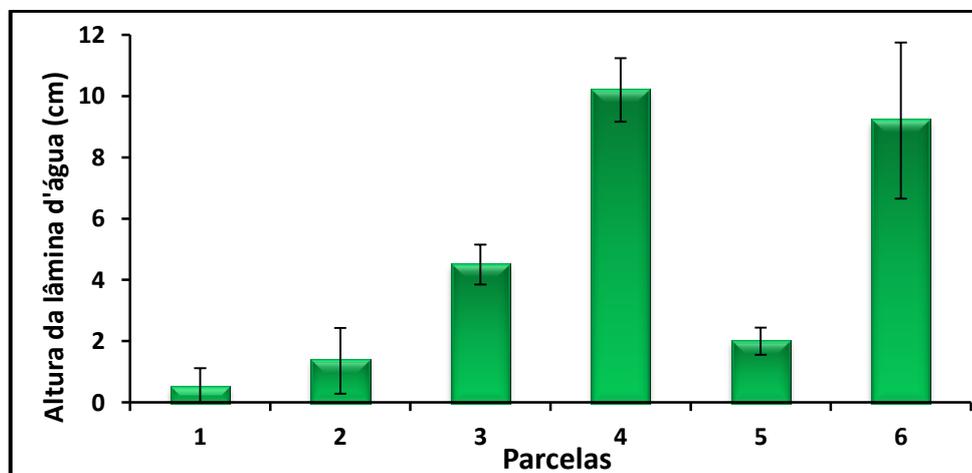


Figura 32 – Valores médios da altura da lâmina d'água. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ )

#### 4.7 Luminosidade

Os valores médios de luminosidade entre as parcelas obtidos através da porcentagem de luz que entra no bosque variaram entre 11,9 ( $\pm 1,0$ ) na parcela 3 e 19,4 ( $\pm 3,4$ ) na parcela 4 (figura 33). Aplicando-se o teste ANOVA, observou-se diferenças significativas ( $p = 2,6 \times 10^{-6}$ ), que a partir do teste de Tukey pode-se mostrar que ocorreram entre a parcela 4 quando relacionada com todas as demais parcelas; a parcela 5 se mostrou diferente das parcelas 1, 3 e 6, além da parcela 4 como já foi dito (anexo 11).

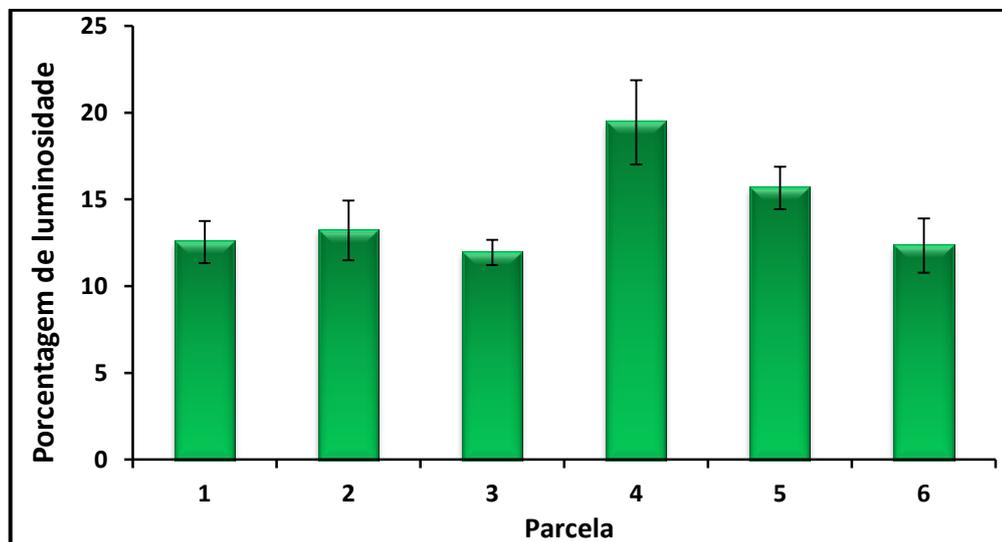


Figura 33 – Valores médios da porcentagem do grau de luminosidade de cada parcela. A linha corresponde ao intervalo de confiança ( $\alpha=0.05$ )

#### 4.8 Temperatura

Nos períodos entre as coletas, as temperaturas médias variam entre 26,2 ( $\pm 2,2$ )  $^{\circ}\text{C}$  no mês de fevereiro de 2015 e 20,4 ( $\pm 1,7$ )  $^{\circ}\text{C}$  no mês de julho de 2014 (figura 34).

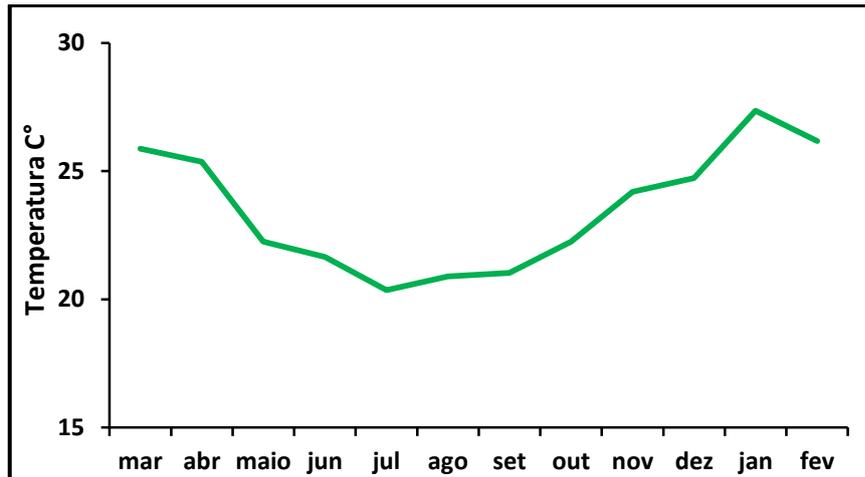


Figura 34 – Temperaturas médias correspondentes aos intervalos entre as coletas de serapilheira (CIIAGRO, 2014 e 2015)

#### 4.9 Pluviosidade

A pluviosidade total durante o período de coleta foi de 1.732,1 mm, sendo que os maiores valores ocorreram nos meses de março de 2014 com 337,5 mm<sup>3</sup> e fevereiro de 2015 com 407,9 mm. Já os menores valores ocorreram em julho e setembro de 2014 com 37,6 e 46,7 mm respectivamente (figura 35).

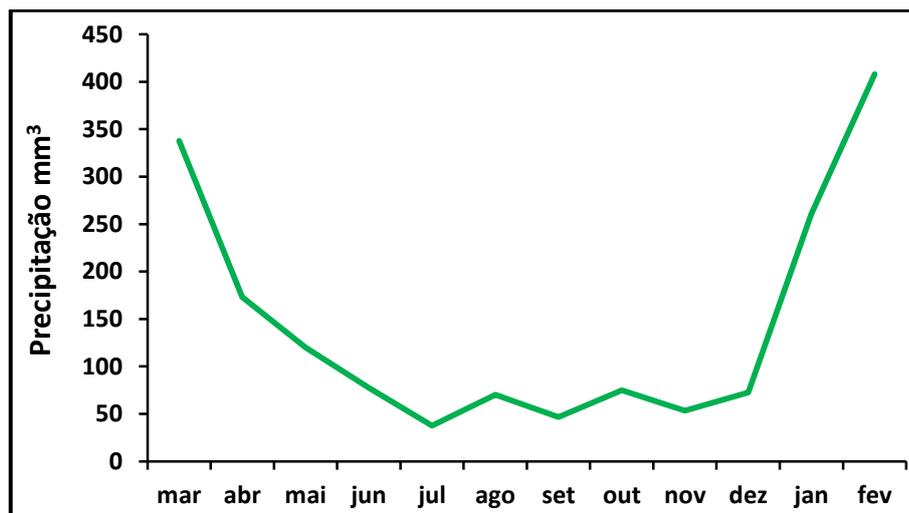


Figura 35 – Índice de pluviosidade entre os intervalos de coleta de serapilheira (CEMADEM, 2014 e 2015)

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1 Fitossociologia

O bosque estudado mostrou ser praticamente monoespecífico já que por *A. schauerianna* é de longe a espécie mais abundante. Citrón et al. (1985) diz que bosques de franja são geralmente monoespecíficos, ou colonizados por *R. mangle* nas bordas e *A. schaueriana* no interior.

Diversos trabalhos demonstram que muitos bosques de franja não apresentam esse padrão. Lamparelli (1995) estudando a região da franja de dois bosques em Bertioga encontrou que em um bosque a espécie mais abundante foi *L. racemosa*, e no outro foi *A. schaueriana*. Em Cananéia, Adaime (1985) estudou as características estruturais de seis parcelas na região da franja, indicando que a espécie mais abundante foi *L. racemosa*. Adaime (1987), também em Cananéia, (sem informação da posição das áreas estudadas), encontrou que numa área a espécie com maior densidade foi *R. mangle*, em outra *A. schaueriana* e numa terceira, as três espécies arbóreas ocorreram em igual número.

No presente estudo as parcelas com as menores densidades, apresentaram as maiores médias de altura e vice versa. A densidade tipicamente se reduz com o amadurecimento de um bosque por conta da competição pela luz – indivíduos de menor altura acabam tendo menos luz para a fotossíntese e acabam por não sobreviver; os indivíduos mais altos excluem os mais baixos (SCHAEFFER-NOVELLI e CINTRÓN, 1986).

No canal de Bertioga, em bosques impactados por derramamento de óleo, Ponte et al. (1987) encontraram uma altura média bem superior a do presente estudo (7,4 m) de 12,8 m e Lamparelli (1995) na mesma região encontrou bosques com 6,55 m no rio Iriri e 6,83 m no rio Itapanhaú. O levantamento da estrutura de parcelas na franja ou próximo a ela, feito pela Companhia Ambiental do estado de São Paulo - Cetesb (1988), mostrou uma altura média igual a 8,7 m.

A altura média em vários estudos feitos em Cananéia, segundo resultados organizados por Almeida et al. (2000 *apud* COELHO Jr., 2003) e atualizados por Coelho Jr. (2003) para as parcelas com maior desenvolvimento estrutural, em diversas parcelas em três transversais, as altura variaram entre 2,9 e 11,1m. Bernini e Rezende (2011) no Rio de Janeiro encontraram média de altura que variou entre 5,2 e 14,4 m e nesse mesmo estado Soares (1999) na região da Lagoa da Tijuca mostrou que a variação de altura foi entre 3,4 e 11,6 m.

A parcela 4 também apresentou a maior densidade de indivíduos jovens em relação às outras parcelas provavelmente por causa da baixa média de altura e maior porcentagem de luminosidade.

A área basal total encontrada foi de 1,4 m<sup>2</sup>/0,1ha. Em Bertioga os valores variaram entre 0,47 m<sup>2</sup>/0,1ha (PERIA et al., 1990) a até 2,48 m<sup>2</sup>/0,1ha (CETESB, 1988). No estuário de Santos, um levantamento realizado pela Cetesb (1988) indicou uma ampla diferença. Ele mostrou que os bosques da franja ou próximos a ela tiveram variação na área basal de 0,36 m<sup>2</sup>/0,1ha na parcela denominada Pedro Taques, até 3,11 m<sup>2</sup>/0,1ha na parcela Rio Diana I. Comelli et al. (1994) encontrou um valor de área basal igual a 1,13 m<sup>2</sup>/0,1ha em manguezal em Cubatão, com uma grande dominância de *A. schaueriana*.

A área basal média em vários estudos feitos em Cananéia, segundo resultados organizados por Coelho Jr. (2003) para as parcelas com maior desenvolvimento estrutural, variou entre 1,33 m<sup>2</sup>/0,1ha no rio Perequê (MENEZES, 1994) e 5,41 m<sup>2</sup>/0,1ha na Ilha de Pai Matos (ADAIME, 1987). Os DAPs médios variaram 4,2 (±3,6) cm e 7,2 (±6) cm. O menor valor foi novamente encontrado na parcela quatro.

A característica estrutural da parcela 4 (maior densidade, menor altura, menor área basal e menor DAP), pode evidenciar que o bosque é heterogêneo em relação ao seu grau de desenvolvimento, já que a densidade de uma floresta de mangue está relacionada intimamente com o nível de amadurecimento, pois os manguezais jovens possuem um grande número de árvores de pequeno porte e diâmetro reduzido (SCHAEFFER-NOVELLI e CINTRÓN, 1986).

## 5.2 Serapilheira

A medida da produção de serapilheira em bosques de mangue representa uma informação útil tanto para a descrição do papel desse ecossistema, quanto para estimar o impacto de uma variedade de regimes ambientais (POOL et al., 1975).

No mundo, essa produção varia entre 2 a 16 t/ha/ano e diminuem conforme aumenta a latitude (TWILLEY et al. 1992). Nos bosques de franja, entretanto, a produção mundial não apresenta grandes variações (LUGO, 1990). As taxas médias de produção em diversos estudos encontram-se na faixa de 2,5 g/m<sup>2</sup>/dia (LAMPARELLI, 1995). Nesse estudo a produção foi igual a 1,9 g/m<sup>2</sup>/dia.

Na área estudada não há nenhum trabalho referente à produção de serapilheira, sendo assim os locais mais próximos que ocorreram estudos desse tipo, destacam-se: no município de Bertioga, com Ponte et al. (1984; 1990), Lamparelli (1995) e “grupo Bertioga” apud Schaeffer-Novelli (1984), todos no canal de Bertioga e no município de Santos com Menghini (2004; 2008) na Ilha Barnabé e Schmiegelow (2009) em vários pontos no sistema estuarino de Santos (tabela 6).

**Tabela 6 - Dados de produção média de serapilheira (g/m<sup>2</sup>/ano) para a região do sistema estuarino de Santos e canal de Bertioga. (1) = médias do primeiro e segundo ano; (2) = menor e maior média (cinco anos de dados); (3) = não incluído o peso da madeira.**

<b>Autores</b>	<b>Local</b>	<b>Total (g/m<sup>2</sup>/ano)</b>
<b>"Grupo da Bertioga" apud Schaeffer-Novelli (1984)</b>	Bertioga - SP	582,4 - 566,1 <sup>(1)</sup>
<b>Ponte et al. (1984)</b>	Bertioga - SP	447,8
	Bertioga - SP	501,1
	Bertioga - SP	455,4
<b>Ponte et al. (1990)</b>	Bertioga - SP	393,1
	Bertioga - SP	382,0
<b>Lamparelli (1995)</b>	Rio Iriri	655 – 457 <sup>(1)</sup>
	Rio Itapanhaú	512 – 417 <sup>(1)</sup>
<b>Menghini (2008)</b>	Ilha Barnabé - SP	856,0 a 1770,0 <sup>(2)</sup>
<b>Schmiegelow (2009)</b>	Sistema estuarino de Santos	805,2
<b>*Schmiegelow e Gianesella (2014)</b>	Sist. estuarino de Santos / bosques de franja	778,8 <sup>(3)</sup>
	Sist. estuarino de Santos / bosques mais internos	644,4 <sup>(3)</sup>
<b>O Presente estudo</b>	São Sebastião - SP	854,7

**\*Único levantamento publicado em um periódico científico com informações sobre a produção de serapilheira para o estado de São Paulo.**

Em um levantamento realizado em 20 áreas do estuário de Santos, Schmiegelow (2009) encontrou valores médios mensais que variaram entre 36,1 g/m<sup>2</sup>/mês na transversal do rio Piaçabuçu, cujo bosque na época do estudo teve sua

idade estimada entre 15 e 17 anos e se encontrava em estágio de recuperação, provavelmente por conta de impacto antrópico; e 80 g/m<sup>2</sup>/mês na transversal do rio Cubatão. No presente trabalho, a produção média mensal obteve um valor intermediário a esses dois extremos, 57,6 ( $\pm 13,6$ ) g/m<sup>2</sup>/mês, valor bem próximo da maior parte das demais áreas estudadas pelo autor.

Em outras regiões do sudeste brasileiro, ao longo da costa do Norte de Baía de Sepetiba, no município Itacurussá, no estado do Rio de Janeiro, Silva (1998) encontrou o valor médio de 869 g/m<sup>2</sup>/ano em bosque dominado por *Rhizophora mangle*. E no estuário do Rio Paraíba do Sul, município de São Francisco de Itabapoana, também no Rio de Janeiro, Bernini e Rezende (2010b), obteve valor médio total de 1310 g/m<sup>2</sup>/ano, analisando três espécies e incluindo: *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia germinans*.

Silva (1998) teve uma produção média mensal que variou entre 117 g/m<sup>2</sup>/mês e 207 g/m<sup>2</sup>/mês, sendo que a maior produção ocorreu no mês de setembro. Bernini e Rezende (2010b) encontraram valores médios mensais que variaram entre 92,2 e 173 g/m<sup>2</sup>/mês para *Rhizophora mangle*; 82,2 e 19,8 g/m<sup>2</sup>/mês para *Laguncularia racemosa* e 73,5 e 179 g/m<sup>2</sup>/mês para *Avicennia germinans*.

A produção de serapilheira foi maior nos meses mais quentes e essa característica parece ser um padrão da produção de serapilheira, exceto em alguns bosques em processo de regeneração, como é o caso daquele estudado por Ponte et al. (1990) que apresentou picos de produção no inverno e verão, em bosque impactado por petróleo no canal de Bertioga.

Nos meses de maior temperatura normalmente ocorre maior pluviosidade, originando com isso condições mais propícias para o aparecimento de novas folhas (SCHMIEGELOW, 2009).

Este padrão, de maior produção no período chuvoso (verão) também foi encontrado por Silva et al. (1998) no Rio de Janeiro, Lamparelli (1995) em Bertioga, Menghini (2008) na Ilha Barnabé no município de Santos, Adaime (1985) e Menezes (1994) em Cananéia, entre outros. Já Bernini e Rezende (2010b) no estado do Rio de Janeiro não encontraram diferenças de produção entre os períodos de mais

chuvas e de acordo com os mesmos, isto pode ser devido à constante frequência de alagamento de florestas e valores baixos de água intersticial salinidade.

Interessante notar que no norte e nordeste do país, o padrão de produção de serapilheira encontrado é o inverso, ou seja, a maior produção ocorre no inverno, esse padrão de produção é confirmado nos trabalhos de Menezes (2010) no estado do Sergipe, Mehlig (2001), Carvalho (2002) e Farias et al. (2006) no estado do Pará.

A alta produção no período seco, segundo Amarasinghe e Balasubramanian (1992), pode ser atribuída ao maior custo energético requerido para a planta manter os tecidos fotossintetizantes em condições ambientais de alta salinidade durante essa estação, causando, assim, a abscisão do maior número de folhas, que é o principal componente da serapilheira.

A maior produção de serapilheira nos meses mais quentes ocorre principalmente como consequência da maior produção foliar, que no caso deste trabalho contribuiu com 62,4% da produção total do bosque. Cintrón & Schaeffer-Novelli (1983) consideram que as folhas sejam o componente principal da serapilheira, correspondendo entre 70 a 80% do peso da matéria seca total.

Estes resultados são consistentes com os dados reportados em outros estudos, o que indica que as folhas raramente contribuem com menos de 50% para a produção total de serapilheira (ADAME et al. 2013, FERNANDES et al., 2007, KAMRUZZAMAN et al. 2012; BERNINI et al. 2014).

Segundo Tomlinson (1986) as folhas de mangues são geralmente produzidas continuamente durante o ano, mas sua taxa de produção pode variar sazonalmente, influenciada principalmente pela temperatura e pela pluviosidade.

O levantamento feito pelo “Grupo da Bertioga” (apud SCHAEFFER-NOVELLI, 1984) os valores percentuais da produção foliar variaram entre 73,2 e 73,9%. Ainda em Bertioga, Ponte et al. (1990) encontrou valores que variaram entre 77,5 a 81,3% e Lamparelli (1995) obteve média de 67% da produção de serapilheira em ambos os bosques estudados.

No trabalho de Menghini (2008) na Ilha Barnabé, os valores encontrados foram menores que o presente estudo e variaram entre 43,1% a até 58,7%. Em

Cananéia, Adaime (1985) mostrou que as folhas contribuíram em média com 62,5% da produção total e finalmente, Menezes (1994) encontrou valores percentuais de produção de folhas que variaram entre 65,6% a 75,5% em bosques da Ilha do Cardoso no mesmo município.

As flores foram responsáveis por 5,4% do total e tiveram sua maior produção entre agosto e outubro. Schmiegelow (2009) mostrou que para a espécie *A. schaueriana* o pico foi de fevereiro e março.

Embora não tenha coletado material da serapilheira, Fruehauf (2005) estudando três bosques de mangue no sistema estuarino de Santos observou que a floração pode ocorrer no mesmo período que a frutificação, mas que estes eventos podem variar assincronicamente entre os indivíduos da mesma espécie, entre espécies e entre áreas.

Em Cananéia, a produção de flores contribuiu com 1,2% da produção de serapilheira (Adaime, 1985). Segundo este mesmo autor, as flores de *A. schaueriana* ocorrem em maior quantidade de abril a dezembro com máxima produção em outubro (igual à produção de frutos). Menezes (1994) encontrou valores percentuais de produção de flores de 1,6% no rio Perequê (Ilha do Cardoso em Cananéia/SP).

A produção de frutos contribuiu com 16,7%, sendo que sua maior produção ocorreu no verão, logo após o período de floração.

Menghini (2008) encontrou que a produção de frutos em estudo de cinco anos variou entre 21,2 a 42,6% da produção de serapilheira, contribuindo com valores médios entre 205,2 g/m<sup>2</sup>/ano a até 543,6 g/m<sup>2</sup>/ano. Em Cananéia, Adaime (1985) que os frutos de *A. schaueriana* tiveram maior queda entre setembro e outubro.

A produção da fração madeira ocorreu durante todo o ano, com uma tendência de maior produção no inverno. A maior produção nos meses mais frios normalmente é encontrada por conta do maior número de frentes polares (frentes frias), que ocasionam maior intensidade de ventos (SCHMIEGELOW, 2009).

Não foi observado relação entre a produção de serapilheira e a estrutura do bosque. Conforme Chaves (2007), essa relação entre as características estruturais e

a produção de serapilheira não é clara, segundo diversos autores que analisaram bosques em diversas regiões geográficas distintas, corroborando com as observações feitas em outras florestas de mangue (TWILLEY e DAY, 1999; BERNINI E REZENDE, 2010b).

Outro fato que não foi confirmado nesse estudo, foi à influência do gradiente de inundação, na produção de serapilheira. Contudo diversos autores (CINTRÓN & SCHAEFFER-NOVELLI, 1985; TWILLEY et al., 1986; DAY JR. et al., 1987, 1996) colocam que as porções sujeitas às maiores frequências de inundação tendem a apresentar maiores produções de serapilheira.

### 5.3 Estoque

Os valores médios de estoque de serapilheira presente no solo variaram entre  $174,3 \text{ g/m}^2$  (1,7 t/h) e  $75,8 \text{ g/m}^2$  (0,7 t/h), considerados baixos quando comparados a outros estudos. Contudo por se tratar de um bosque de franja, esse resultado era o esperado, já que conforme Twilley et al. (1986), os manguezais de franja apresentam baixo estoque e alta exportação, devido as constantes inundações pela maré, em relação aos bosques de ribeirinhos e de bacia.

Há poucos trabalhos sobre o estoque total de serapilheira em bosques de mangue. Todavia, o total acumulado é similar aos valores registrados por Twilley et al. (1997) em um bosque de franja no Rio Guayas, Equador, onde a amplitude de maré de 3 metros condiciona uma efetiva remoção do material acumulado. Bosques de franja dos rios Iriri e Itapanhaú em Bertioga, São Paulo (amplitude de maré 1,2 m) apresentaram valores médios anuais entre 88 (0,8 t/h) e  $117 \text{ g/m}^2$  (1,2 t/h) (LAMPARELLI, 1995).

Em bosques de bacia, Day-Jr (1996), em Laguna Terminos, no México, os valores médios de estoque variaram entre 151 a  $303 \text{ g/m}^2$  e na Flórida, Twilley et al. (1986) obteve valores médios variando entre 1,2 a 4,5 t/ha.

A correlação negativa entre as taxas de estoque e as médias de temperatura culminou com os altos índices pluviométricos, que juntamente com as variações da altura da maré, aumentam a “lavagem” do solo, fato esse que diminui a quantidade de estoque (FLORES VERDUGO et al., 1987).

A taxa de renovação do estoque de serapilheira acumulada no sedimento (6,2 vezes por ano) foi menor que os resultados encontrados por Lamparelli (1995) nos dois locais estudados em Bertioga – SP, onde no rio Iriri o valor foi de 8,9 vezes por ano e no rio Itapanhaú, a taxa de renovação foi igual a 12,4 vezes por ano.

Conforme Twilley e Day (1999), as taxas de renovação da serapilheira acumulada no solo são normalmente maiores que duas vezes por ano. As taxas próximas de 10 vezes por ano indicam o potencial de exportação do manguezal é alto.

A taxa de renovação da serapilheira ocorre influenciada pela exportação, pela decomposição e pelo consumo realizado pela macrofauna. Frequentes inundações de marés podem acelerar essa renovação. De acordo com Lee (1989), a ação das marés contribui para a exportação da serapilheira e favorece a decomposição devido o aumento de umidade.

Todos esses fatores, menos a herbivoria realizada principalmente por caranguejos colaboraram para a alta taxa de renovação encontrada nesse bosque, já que observações em campo revelarem uma baixa densidade desses animais. Alguns trabalhos apontam que grande parte da remoção de serapilheira do solo ocorreria por conta do consumo desses animais (ROBERTSON, 1986; LEE, 1989).

Twilley et al. (1986) ressaltam que diferentes fisiografias determinam diferentes padrões para a dinâmica da serapilheira. De acordo com os autores os manguezais do tipo ribeirinho e franja apresentam maior exportação e menor estoque, resultando numa maior taxa de renovação da serapilheira devido principalmente à constantes inundações do bosque, isso é diferente do que ocorre nos manguezais do tipo bacia, que possuem uma baixa taxa de renovação da serapilheira, devido altas taxas de estoques e decomposição, já que não há tanta influência do fluxo das marés (figura 36).

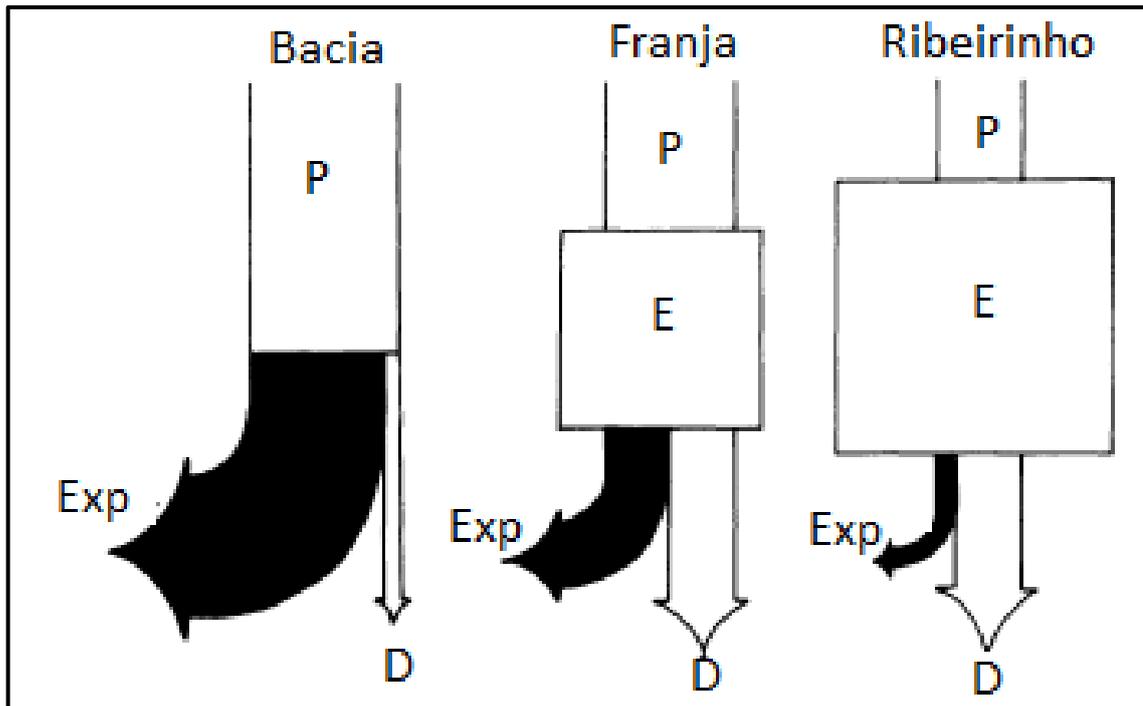


Figura 36 – Esquema da dinâmica da serapilheira de acordo com os principais tipos fisiográficos de manguezais, onde P= produção; E= estoque; Exp= exportação e D= decomposição (TWILLEY et al. 1986).

Em resumo, a alta taxa de renovação da serapilheira no manguezal de São Sebastião é influenciada principalmente através do transporte de material pelas marés, ou seja, da exportação, que no caso do bosque em questão é alta e pelo estoque que sofre constante variação, devido à decomposição e o transporte do material produzido.

#### 5.4 Decomposição

O modelo exponencial utilizado neste estudo proposto por Olson (1963) permitiu calcular a porcentagem de decaimento em função do tempo e de acordo com coeficientes de determinação ( $r^2$ ), foi adequado, pois apresentaram valores próximos a um (TWILLEY et al. 1997).

O experimento demonstrou uma perda de peso inicial rápida, seguida de sua desaceleração e perda de peso lenta. Esta perda inicial ocorre como consequência da lixiviação de compostos orgânicos solúveis em água, dentre os quais, a maior

parte deles, são liberados durante a autólise (ADAIME, 1985; CHALÉ, 1993; ANANDA et al., 2007). Além disso, frequentes inundações das marés auxiliam na velocidade da decomposição (TWILLEY et al. 1997).

Posteriormente à lixiviação, os restos vegetais são colonizados por microrganismos (bactérias e fungos) que decompõem compostos estruturais, atraindo invertebrados bentônicos que promovem fragmentação mecânica e aceleram a ação de bactérias e fungos (ODUM & HEALD 1975).

A desaceleração da taxa de decaimento ocorre principalmente devido à composição orgânica mais resistente e estável, como por exemplo, lignina e celulose. Conforme Citrón et al. (1985) o gênero *Avicennia* se decompõe mais rápido que os outros gêneros presentes em manguezais.

O padrão da taxa de decaimento da serapilheira encontrado neste estudo está de acordo com o reportado na literatura (ADAIME 1985; PANITZ, 1986; SESSEGOLO & LANA, 1991; LAMAPARELLI, 1995; MOURA, 1997; PINTO, 2010; LIMA et al. 2013; TOGNELLA e OLIVEIRA, 2012). Esses estudos demonstraram uma perda de peso inicial rápida, seguida de uma desaceleração e consequentemente perda de peso lenta até os finais de período.

Os valores dos coeficientes de decomposição obtidos nesse estudo foram semelhantes, quando comparados a outros estudos citados acima, com condições parecidas e relacionadas à mesma espécie (tabela 7). Já os valores de  $T_{1/2}$  foram menores que os mesmos estudos que apresentaram esses valores.

**Tabela 7 – Coeficientes de decomposição encontrados em diferentes estudos ocorridos no verão com a espécie *Avicennia schaueriana***

Local	Coeficiente de decomposição (k)	Meia vida ( $T_{1/2}$ )	Autor
Cananéia – SP	0,015	46	Adaime (1985)
Santa Catarina	0,011	63	Panitz (1986)
Paraná / Baía Paranaguá	0,019	37	Sessegolo e Lana (1991)
Bertioga – SP	0,017	41	Lamparelli (1995)
Bertioga – SP / local 1	0,009	-	Moura (1997)
Bertioga – SP / local 2	0,005	-	Moura (1997)
Santa Catarina / rio Itacorubi	0,009	-	Pinto (2010)
Santa Catarina / rio Ratunes	0,013	-	Pinto (2010)
Santa Catarina / rio Camburiú	0,031 (2001)	-	Tognella e Oliveira (2012)
	0,017 (2002)	-	
Bertioga – SP / rio Itapanhaú	0,049	-	Lima et al. (2013)
<b>Presente trabalho</b>	<b>*0,019 (±0,006)</b>	<b>39 (±10,1)</b>	<b>O Presente trabalho</b>

\* Valor médio formado pelos coeficientes de decomposição das seis parcelas

Comparando os resultados obtidos nesse trabalho com os de outros trabalhos, constata-se que o manguezal de São Sebastião apresenta um bom potencial de decomposição. Isso pode ser atribuído às altas temperaturas associadas a alto índice pluviométrico e frequentes inundações que propiciam um ambiente favorável para o processo, já que ambientes quentes e úmidos aceleram a degradação da matéria orgânica (TWILLEY, 1985).

### **5.5 Estimativa da exportação da serapilheira**

Para estimar a exportação (saída de matéria orgânica) desse manguezal levou-se em consideração a produção como entrada de matéria orgânica, o estoque, a variação do estoque e a taxa de decomposição (“perda” de matéria orgânica). A herbivoria apesar de ser uma forma “perda” da matéria orgânica, não foi considerada nesse estudo, pois como já foi dito anteriormente, a densidade de caranguejos é baixa.

No Brasil e no mundo, existem poucos trabalhos que abordam a exportação da serapilheira dos bosques de mangue e por isso, ainda existem muitas dúvidas sobre o real papel dos manguezais como exportadores de matéria orgânica.

No Rio de Janeiro, Lacerda e Rezende (1990) estimaram uma exportação de  $290 \text{ g/m}^2/\text{ano}$  de um total de  $510 \text{ g/m}^2/\text{ano}$ , equivalendo a mais de 50% da produção de serapilheira do bosque. O mesmo ocorreu no estudo de Lamparelli (1995) na região sudeste, em manguezais de Bertioga – SP também estimou uma exportação maior que 50% do total produzido. Contudo, Lamparelli (1995) considera esse valor subestimado, já que o cálculo da exportação foi realizado considerando somente a produção de folhas, sem incluir os outros componentes da serapilheira.

Ambos os trabalhos citados acima, reportam um valor menor que a calculada no presente trabalho, cujo resultado da exportação da serapilheira produzida foi igual a  $683,4 \text{ g/m}^2/\text{ano}$  ( $6,8 \text{ t/ha/ano}$  ou  $1,9 \text{ g/m}^2/\text{dia}$ ), sendo, portanto igual a mais de 95% do total produzido.

No México, Flores-Verdugo et al. (1987) calcularam uma produção diária igual a  $2,7 \text{ g/m}^2$  e uma exportação de aproximadamente 90% desse total, sendo um valor mais aproximando desse trabalho. Outros trabalhos na Flórida, Lugo e Snedaker (1975), Odum e Heald (1975) e Brown e Lugo (1982), encontraram valores de exportação diária de 0,15; 0,7, e  $0,7 \text{ g/m}^2/\text{dia}$  respectivamente; em Porto Rico, Golley et al. (1962) estimou uma exportação de  $1,1 \text{ g/m}^2/\text{dia}$  e na Austrália  $1,2 \text{ g/m}^2/\text{dia}$  conforme Boto e Bunt (1981).

O total de carbono exportado nesse trabalho foi igual a  $210,2 \text{ gC/m}^2/\text{ano}$  ( $0,5 \text{ gC/m}^2/\text{dia}$ ), referente a 39,9% do total do material foliar presente na serapilheira ( $525,53 \text{ g/m}^2/\text{ano}$ ). Esses valores são similares aos obtidos por Lamparelli (1995), com  $0,3 \text{ gC/m}^2/\text{dia}$  e Snedaker e Lugo (1973) com um valor de  $0,5 \text{ gC/m}^2/\text{dia}$ .

Twilley et al. (1992) estimaram que a exportação de carbono em manguezais variam entre 1,86 a  $420 \text{ gC/m}^2/\text{dia}$ , sendo, portanto, esses valores maiores em comparação ao valor obtido nesse trabalho.

Em outros trabalhos realizados os valores de carbono exportado, mostram valores que variam entre 17,6 e 94% do total produzido pelo bosque (tabela 8), estando o valor encontrado nesse trabalho em conformidade com esses estudos.

**Tabela 8 – Total de carbono exportado em diversos bosques de mangue.**

<b>Autor</b>	<b>Total exportado (<math>\text{gC/m}^2/\text{ano}</math>)</b>	<b>Total exportado (%)</b>
Lugo e Snedarker (1975)	180	58,1
Boto e Bunt (1981)	420	94
Woodroffe (1985c)	110	26,2
Twilley (1985)	60	22
Rezende (1988)	90	17,6
<b>O Presente trabalho</b>	<b>210,2</b>	<b>39,9</b>

Conforme Twilley (1988), taxas elevadas de exportação de carbono estão associadas a maior capacidade de fluatibilidade das folhas, altas taxas pluviométricas e grandes amplitudes de marés, sendo, portanto justificado o valor intermediário encontrado nesse bosque, levando em consideração sua produtividade, características climáticas e ciclos de marés.

## 5.6 Características edáficas

Vannucci (1999) diz que as características físicas do solo parecem ter a mesma importância que as propriedades químicas, na determinação do crescimento e da saúde dos manguezais.

Estudos mostraram que o desenvolvimento estrutural das florestas tende a diminuir em função do aumento da salinidade (SILVA et al., 2005; MARTINS et al., 2011). A salinidade intersticial nesse estudo variou de 14 ( $\pm 5,5$ ) na parcela seis e 52 ( $\pm 8,4$ ) na parcela dois. As parcelas 4 e 6, mais próximas da linha d'água obtiveram os menores valores que as parcelas mais interiores.

Informações apresentadas por Brown & Lugo (1982) apontam que salinidades inferiores a 50 não afetam significativamente a estrutura ou a produtividade de manguezais, não sendo, portanto considerada como fator limitante nesse estudo, ainda mais porque não apresentou-se correlacionada com os aspectos estruturais ou de produção.

Em relação ao tamanho do grão, o bosque estudado apresenta alta porcentagem de areia, provavelmente por ter se desenvolvido em área resultante de aterramento na região próxima ao porto organizado de São Sebastião.

Schaeffer-Novelli et al. (1994), relacionaram o desenvolvimento do bosque de mangue de Caravelas (BA) com o tipo de sedimento, ou seja, o desenvolvimento estrutural do bosque foi maior em solo com pequenas frações. Em contrapartida, os bosques menos desenvolvidos localizam-se sobre sedimentos com predominância da fração arenosa.

Todavia, Souza et al. (1994 *apud* COELHO JR., 1998) revelaram que na Ilha de Santa Catarina, as características do solo não puderam ser relacionadas com as características do bosque.

## 5.7 Temperatura e Pluviosidade

Nesse estudo a temperatura e a pluviosidade se correlacionaram com a produção de serapilheira. A produção média de serapilheira total demonstrou muito claramente estas relações: esteve positivamente correlacionada com a temperatura (nos meses mais quentes houve maior produção).

Menezes (1994) encontrou em Cananéia, que a produção de serapilheira esteve correlacionada com a temperatura. Chaves (2007) ao estudar a produção de serapilheira em bosques na baía de Guanabara revelou relação significativa entre a temperatura média do ar e produção de folhas. Sessegolo (1997) encontrou em manguezal em Santa Catarina uma correlação positiva entre a produção de serapilheira e temperatura média.

A maior produção de serapilheira nos meses de verão pode ser explicada também pelo aumento do comprimento do dia (SCHAEFFER-NOVELLI et al., 1980). Segundo Adaime (1985) isso indicaria que as árvores de mangue aproveitariam o aumento do tempo de radiação solar para aumentar a produção de novos tecidos fotossintéticos.

## 6. CONCLUSÕES

O bosque estudado é dominado pela espécie *Avicennia schaueriana* e apresentou um desenvolvimento estrutural bastante parecido com manguezais de regiões próximas. A densidade média arbórea encontrada foi igual a 413,3 ( $\pm 146,1$ ) árvores/0,01ha. A altura média das árvores foi igual a 7,4 m ( $\pm 1,4$ ), sendo valores intermediários quando comparada com outros manguezais de regiões próximas através de estudos de outros autores. A área basal média foi igual a 1,4 m<sup>2</sup>/0,1ha, podendo ser considerado normal para um manguezal nesta latitude.

A produção média de serapilheira foi igual a 854,7 g/m<sup>2</sup>/ano com o peso da madeira incluído. Esse valor foi mais elevado que o encontrado na maior parte dos trabalhos feitos na região. A maior produção ocorreu nos meses mais quentes e a relação entre produção e gradiente de inundação não foi confirmada, já que não houve correlação entre produção mensal de serapilheira e avaliação da topografia.

A produção de serapilheira também não se mostrou correlacionada com as características estruturais, luminosidade, granulometria e salinidade intersticial, contudo, pode se confirmar a relação entre a mesma e as características climáticas (temperatura e pluviosidade).

A maior fração de serapilheira foram as folhas (62,4%) seguido pela madeira (18,8%), fruto (12,8%) e flor (4,1%).

O valor médio de estoque presente no solo foi de 112,1 g/m<sup>2</sup>, sendo muito semelhante ao único trabalho feito em uma região próxima. A maior quantidade média mensal encontrada foi maior nos meses mais frios.

A taxa de renovação do estoque foi igual a 6,1. Este valor foi menor quando comparado aos valores encontrados em Bertioga – SP, porém ainda considerada alta.

Não houve correlação entre a quantidade de estoque e o gradiente de inundação, bem como com características estruturais, luminosidade e características edáficas do bosque.

A decomposição mostrou um comportamento considerado comum, ou seja, rápido decaimento inicial. O coeficiente de decomposição apresentou um valor médio de 0,019/dia, sendo mais alto que os valores de decaimento diário encontrado em alguns trabalhos realizados no Brasil com a mesma espécie. Não houve relação entre o processo de decomposição e a luminosidade que penetra no bosque.

A meia vida média das folhas de *A. schaueriana* para esse bosque foi igual a 39 dias, variando entre 23 e 46 dias para que 50% do material foliar fosse decomposto.

Também não houve relação entre a decomposição e o gradiente de inundação.

Do total de serapilheira produzida, estima-se que mais de 95% tenha sido exportado para o canal de São Sebastião, conferindo a este bosque uma grande importância na fertilização dos ecossistemas adjacentes.

Estimou-se um total de 210,2 g/m<sup>2</sup>/ano de exportação de carbono, proveniente apenas das folhas presentes na serapilheira, sendo esse valor menor que o encontrado nos manguezais de Bertioga.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 7181: **Solo: análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 13p, 1984a.
- ADAIME, R. R. **Produção do bosque de mangue da Gamboa Nóbrega**. Cananéia, 25° Lat. S – Brasil. 1985. 305f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 1985.
- ADAIME, R. R. Estrutura, produção e transporte em um manguezal. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE: SÍNTESE DOS CONHECIMENTOS. **Anais**. Cananéia, São Paulo. ACIESP, v. 1, p. 80-99. 1987.
- ADAME, M. F., JIMENEZ, A. Z., TEUTLI, C., CAAMAL, J. P., ANDUEZA, M. T., ADAME, H. L., CANO, R., ARANA, H. H., TORRES-LARA, R. & HERREIRA-SILVEIRA, J. Drivers of Mangrove Litterfall within a Karstic Region Affected by Frequent Hurricanes. **Biotropica**, 45(2): 147–154. 2013.
- AKÉ-CASTILLO J.A., VÁZQUEZ G. AND LÓPEZ-PORTILLO J. Litterfall and decomposition of *Rhizophora mangle* L. in a coastal lagoon in the southern Gulf Mexico. **Hydrobiologia** 559, 101–111, 2006.
- AMARAL, A.C.Z.; MIGOTTO, A.E.; TURRA, A. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Araçá: biodiversidade, impactos e ameaças. **Biota Neotropica**, 10(1): 219-64. 2010.
- AMARASINGHE, M. D.; BALASUBRAMANIAM, S. Net primary productivity of two mangrove forest stands on the northwestern coast of Sri Lanka. **Hydrobiologia**, v.247, p.37-47, 1992.
- ANANDA, K. R.; SRIDHAR, N.; RAVIRAJA, S; BARLOCHER, F. Breakdown of fresh and dried *Rhizophora mucronata* leaves in a mangrove of Southwest India. **Wetlands Ecology Management**: [S. l], n. 16, p. 1-9. 2007.
- BERNINI, E. & REZENDE, C. E. Litterfall in a mangrove in Southeast Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 5(4): 508-519, 2010b.
- BERNINI E. & REZENDE, C. E. Vegetation structure in a mangrove forest in Southeastern Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 6(3): 193–209, 2011.
- BERNINI, E.; CHAGAS, T.; LAGE-PINTO, F.; CALEGARIO, G. & REZENDE, C. E. Phytosociology and litterfall in the mangrove estuary of the Itabapoana river, Southeast Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, 9(2):88-102, 2014.
- BOTO, K. G.. BUNT, J. S. Tidal export of particulate organic matter from a northern Australian mangrove system. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 13: 247-255, 1981.
- BOTO, K. G. Nutrient and organic fluxes in mangroves. In: CLOUGH, B.F. (Ed.), **Mangrove Ecosystems in Australia**. Canberra: ANU Press, p. 239-257. 1982.

BOUILLON, S. R.M. CONNOLLY AND S.Y. LEE. Organic matter exchange and cycling in mangrove ecosystems: Recent insights from stable isotope studies. **Journal of Sea Research**, [S. l.], v. 59, ed. 1-2, p. 44-58, 2008.

BRASIL. Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal. [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br). Acesso: maio de 2015.

BROWN, S. & LUGO, A. E. **A comparison of structural and functional characteristics of saltwater and freshwater forested wetlands**. In: B. Gopal, E. Turner, R. W. Wetzel & D. F. Whilingham (eds.), *Proceedings of the First International Wetlands Conference, Wetlands: Ecology and Management*, New Delhi, India. pp.109-130, 1982.

CEPEA, Relatório de Impacto Ambiental – Plano Integrado do Porto Organizado. São Sebastião – São Paulo, 2009.

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento de Desastres Naturais. Disponível em: [www.cemaden.gov.br](http://www.cemaden.gov.br). Acesso: fev de 2014 a junho de 2015.

CETESB. 1988. **Estudo dos manguezais da Baixada Santista** - Relatório Final. São Paulo: CETESB. 70p.

CIIAGRO - Centro integrado de informações agrometeorológicas de São Paulo. Disponível em: [www.ciiagro.sp.gov.br](http://www.ciiagro.sp.gov.br). Acesso: fev de 2014 a junho de 2015.

CINTRÓN, G. Caracterización y manejo de áreas de manglar. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, Cananéia, 1987. **Síntese dos Conhecimentos**. São Paulo: ACIESP, v. 3, p. 77-97. (Publicação da ACIESP, n. 54). 1987.

CINTRÓN, G. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Introducción a la ecología del manglar. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para a América Latina y el Caribe - **ROSTLAC**. Montevideo-Uruguay. 109 p. 1983.

CINTRÓN, G. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Methods for studying mangrove structure**. In: Snedaker, S. C & Snedaker J. G. (eds.) *The mangrove ecosystem: research methods*. UNESCO, Bungay, United Kingdom. 251 p. 1984.

CINTRÓN, G. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Características y desarrollo estructural de los manglares de Norte y Sur América. **Ciência Interamericana**, v. 25, n. 1-4, p. 4-15, 1985.

CINTRÓN, G., LUGO, A. E. & MARTINEZ, R. **Structural and functional properties of mangrove forests**, pp. 53-66. In: W. G. D'Arcy & M. D. A. Correa (eds.), *The botany and natural history of Panama*, Missouri Botanical Garden, Saint Louis, Missouri. 1985.

CARVALHO, M. L. **Aspectos da produtividade primária dos bosques de mangue do Furo Grande, Bragança - Pará.** 55 f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Campus de Bragança, Bragança-Pará, 2002.

CHALÉ, F.M.M. Degradation of mangrove leaf litter under aerobic conditions. **Hidrobiology** 257, 177-183. 1993.

CHAVES, F. O. **Caracterização e relações ambientais da produção de serapilheira em florestas de mangue da baía de Guanabara, Rio de Janeiro – Brasil.** Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 331p. 2007.

COELHO Jr., C. **Manguezal, desenvolvimento estrutural da cobertura vegetal ao longo de gradientes de inundação - Cananéia, Estado de São Paulo, Brasil.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 108p. 1998.

COELHO Jr, C. **Ecologia de Manguezais: Zonação e dinâmica da cobertura vegetal em gradientes ambientais, Cananéia, São Paulo, Brasil.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 166p. 2003.

COMELLI, F. A. M.; PONTE, A. C. E. & CLARO, S. M. C. A. **Aspectos estruturais de um manguezal de Cubatão, SP, Brasil.** In: Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira: Subsídios a um Gerenciamento Ambiental. Anais, III, ACIESP. Serra Negra, v.1, p. 97-103. 1994.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.** [S. l.]: Gênese, 1999.

DAY Jr., J. W.; CONNER, W.; LEY-LOU, F.; DAY, R. H. & MACHADO, A. N. The productivity and composition of mangrove forests, Laguna de Términos, México. **Aquatic Botany**, v. 27, p. 267-284, 1987.

DAY, J. W., HALL C. A .S., KEMP, W. N. & YANEZ-ARANCIBIA, A. Background, Theory and Issues. In: **Estuarine Ecology.** John Willey & Sons. N. York. Cap 1, p. 3-43, 1989.

DAY, J. W.; CORONADO-MOLINA, C. A.; VERA-HERRERA, F. R.; TWILLEY, R.; RIVERA-MONROY, V. H; ALVAREZ-GUILLEN, H.; DAY, R. H.; CONNER, W. H. A 7 year record of aboveground net primary production in a southeastern Mexican mangrove forest. **Aquat Bot**, n. 55, p. 39–60, 1996.

FARIAS, A. S. C.; FERNANDES, M.E.B.; REISE, A. Comparação da produção de serapilheira de dois bosques de mangue com diferentes padrões estruturais na península Bragantina, Bragança, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, Belém-PA, v.1, n.3, p.53-60, 2006.

FERNANDES, M. E. B, NASCIMENTO, A. A. M, CARVALHO, M. L. Estimativa da produção anual de serapilheira dos bosques de mangue no Furo Grande, Bragança-Pará. **Revista Árvore** 31: 949-958, 2007.

FLORES-VERDUGO, F J. DAY, J. W. & BRISENO-DUENAS, R. Structure, litterfall, decomposition, and detritus dynamics of mangroves in a Mexican coastal lagoon with an ephemeral inlet. **Marine Ecology Progress Series**, vol. 35: 83-90, 1987.

FRUEHAUF, S. P. **Rhizophora mangle (Mangue vermelho) em áreas contaminadas de manguezal na Baixada Santista**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, ESALQ, 223p. 2005.

FURTADO, V.V., **Contribuição ao Estudo da Sedimentação Atual do Canal de São Sebastião**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências – USP, São Paulo, 2 vols, 1978.

GOLLEY, F., ODUM, H. T., WILSON, R. F. The structure and metabolism of a Puerto Rican mangrove forest in May. **Ecology** 43: 9-19. 1962.

HAMMER, O; HARPER, D. A. T. & RYAN, P. D. **PAST**: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, v. 4, n. 1, p.1-9. 2001.

HERZ, R. **Manguezais do Brasil**. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo. p. 233, 1991.

KAMRUZZAMAN, M. D., SHARMA, S., HOQUE, A. T. M. R., & Hagihara, A. Litterfall of three subtropical mangrove species in the family Rhizophoraceae. **Journal of Oceanography**, 68(6): 841–850. 2012.

KÖPPEN, W. 1948. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica. México. 479p.

LACERDA, L. D; REZENDE, C. E. Mangrove carbon export to the sea: a reevaluation of a paradigm. In: SIMPÓSIO DE ECOSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, 2., 1990, São Paulo. **Anais...** Publicações Academia de Ciências do Estado de São Paulo, v. 71, n. 2, p. 169-182, 1990.

LAMPARELLI, C. C. **Dinâmica da serapilheira, em manguezais de Bertioga, região sudeste do Brasil**. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, 138p + anexos, 1995.

LEE, S. Y. The importance of Sesarminae crabs *Chiromantes* spp. and inundation frequency on the decomposition of mangrove (*Kandelia candel* (L.) Druce) leaf litter in a Hong Kong tidal shrimp pond. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 131: 23-43, 1989.

LEE, S. Y. Mangrove outwelling: a review. **Hidrobiology** 295: 203-212, 1995.

LIMA, M. V de; BRITO, D. D & MILANELLI, J. C. C. Mapeamento da sensibilidade ambiental a derrames de óleo em Ilhabela, São Paulo. **Revista Brasileira de Cartografia** No 60/02, agosto 2008.

LIMA, R. G & COLPO, K. D. Leaf-litter decomposition of the mangrove species *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, 94(2), 2333-239, 2013.

LUGO, A. E. **Avances y prioridades de investigación em manglares**. In: Proceedings of Simpósio sobre ecossistemas da costa sul e sudeste Brasileira: síntese dos conhecimentos. ACIESP. Cananéia – SP, p. 59-76, 1987.

LUGO, A. E., Fringe wetlands, pp. 143-169. In: A. E. Lugo, M. Brinson & S. Brown (eds.), **Forested wetlands. Ecosystems of the world**, Elsevier, Amsterdam, 527p. 1990.

LUGO, A. E. & SNEDAKER, S. C. The ecology of mangroves. **Revista Ecological Systems**, v. 5, p. 39-64, 1974.

LUGO, A. E.; SNEDAKER, S. C. **Properties of a mangrove forest in southern Florida**. In: Walsh, G. E. Snedaker, S. C., Teas, H. J. (ed.) Proceedings International Symposium on the Biology and Management of Mangroves. Institute of Food and Agriculture Sciences, Univ, of Flonda, Gainesville, p. 170-212, 1975.

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

MASTALLER, M. **Resumo da literatura sobre conceitos do uso de áreas de mangue, com referência especial para a aquicultura artesanal**. Brasília: IBAMA, 1989.

MEHLIG, U. Aspects of tree primary production in an equatorial mangrove forest in Brazil. Bremen: **Center For Tropical Marine Ecology (ZMT)**. 155 p. (ZMT Contributions, 14). 2001.

MENEZES, L. C. S. Estrutura e produção de serapilheira de floresta de mangue na região estuarina-lagunar do baixo São Francisco sergipano. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Sergipe, 2010.

MENEZES, G.V. **Produção e decomposição em bosques de mangue da Ilha do Cardoso, Cananéia (SP)**. São Paulo. 1994. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 1994.

MENGHINI, R. P. **Ecologia de Manguezais: Grau de Perturbação e processos regenerativos em bosque de mangue da Ilha Barnabé, São Paulo, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 96 p. 2004.

MENGHINI, R. P. **Dinâmica da recomposição natural em bosques de mangue impactados: Ilha Barnabé (Baixada Santista), SP, Brasil.** Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 207 p. 2008.

MONTEIRO, C.A.F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: Estudo em Forma de Atlas.** IGEOG/USP, São Paulo, 1973.

MORRISEY, D.J. et al. Differences in benthic fauna and sediment among mangrove (*Avicennia marina* var. *australasica*) stands of different ages in New Zealand – Estuarine, **Coastal and Shelf Science**, P. 581-592. 2003.

MOURA, D. O. **Decomposição de folhas em manguezais na região de Bertioga, São Paulo, Brasil.** Depto. Ecologia Geral, Instituto de Biociências (USP). São Paulo (SP). (dissertação). 1997.

ODUM, W.E., J.C. ZIEMAN AND E.J. HEALD. **The importance of vascular plant detritus to estuaries.** In: Proceeding of the coastal marsh and Rstuary Management Symposium. Chabreck. Baton Rouge, Louisiana, USA: Louisiana State University, Division of Continuing Education, 91-114. 1973.

ODUM, W.E.; HEALD, E. J. **Mangrove forests and aquatic productivity.** In: HASLER, A. O. (Ed.). An introduction to land-water interactions. Berlin: Springer-Verlag. p. 129-136, 1975.

OLIVEIRA, O.M.P.; MARQUES, A.C. **Dinâmica sazonal das massas de água no canal de São Sebastião (Se Brasil) de março de 2005 a maio de 2006.** In: XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar - XII COLACMAR Florianópolis, 2007.

OLSON, J.S. Energy storage and balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, 44: 322-331. 1963.

PANITZ, C.M.N. **Produção e decomposição de serapilheira no mangue do Rio Itacorubi, Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (27°35'S – 48°31'W).** Tese de Doutorado. São Paulo – SP, Universidade Estadual de São Carlos. 1986, 601p.

PERIA, L. C. S.; FERNANDES, P. P. C. P.; MENEZES, G. V.; GRASSO, M.; TOGNELLA, M. M. P. Estudos estruturais comparativos entre bosques de mangue impactados (Canal da Bertioga) e não impactados (Ilha do Cardoso), Estado de São Paulo. In: II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste brasileira. Estrutura, Função e Manejo, **Anais**, ACIESP. Águas de Lindóia, v. 2, p. 183-193. 1990.

PINTO, M. O. **Decomposição de detritos vegetais de *Rhizophora mangle* e *Avicennia schaueriana* nas áreas alagadas dos manguezais do Itacorubi e Ratonés – Florianópolis /SC.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Botânica, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

PONTE A. C. E., FONSECA IAZ, MARQUES M, FREITAS ML, CLARO MSCA Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em ecossistema de

mangue. In: Congresso Sociedade Botânica de São Paulo. **Anais...** São Paulo. 1984.

PONTE, A. C. E.; FONSECA, I. A. Z. & CLARO, S. M. C. A. Impacto causado por petróleo no manguezal do Canal da Bertioga - estrutura da vegetação. In: Simpósio sobre Ecossistema da Costa Sul e Sudeste: Síntese dos Conhecimentos, 11-16/04/1987, Cananéia. **Anais**. ACIESP, v. 2, p. 138-147. 1987.

PONTE, A. C. E.; FONSECA, I. A. Z. & CLARO, S. M. C. A. **Produção de serapilheira em mangue impactado por petróleo**. In: II Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: estrutura, função e manejo. 6-11/4/1990. Águas de Lindóia. **Anais**. ACIESP v. 2, p. 247-253. 1990.

POOL, D. J.; LUGO, A. E. & SNEDAKER, S. C.. **Litter production in mangrove forests of Southern Florida and Puerto Rico**. In: WALSH, G., SNEDAKER, S. C. & TEAS, H. (eds) Proceedings of the International Symposium on Biology and Management of mangroves, Gainesville, 1975. Institute of Food and Agriculture Sciences, University of Florida, v. 1, p. 213-237, 1975.

REZENDE, C. E., 1988. **Balanco de matéria orgânica e metais pesados em um ecossistema de mangue na Baía de Sepetiba, R.J.** MSc. thesis, Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Niterói - RJ (Brasil). p.134, 1988.

ROBERTSON, A.. Leaf-burying crabs: their influence on energy flow and export from mixed mangrove forests (*Rhizophora* spp.) in northeastern Australia. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 102 : 237-248 . 1986.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Laboratório de Geomorfologia. São Paulo:** Departamento de Geografia – FFLCH – USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica – Geologia Aplicada – IPT/FAPESP (Fundação do Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), 1997.

SAENGER, P.; HEAGERL, E. J.; DAVIE, J. D. S. Global status of mangrove ecosystems. **Environmentalist**, v. 3, n. 3, p. 1-88, 1983.

SÁNCHEZ-ANDRÉS. R, S. SÁNCHEZ-CARRILLO, L.C. ALATORRE, S. CIRUJANO AND M. ÁLVAREZ-COBELAS. Litterfall dynamics and nutrient decomposition of arid mangroves in the Gulf of California: Their role sustaining ecosystem heterotrophy Estuarine, **Coastal and Shelf Science**. Volume 89, Issue 3, Pages 191-199, 2010.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Barçaça Gisela. **Avaliação de impacto ambiental. Baixada Santista, Brasil.** Vistoria ad Perpetuam Rei Memoriam. Relatório Técnico (peritagem judicial. Medida cautelar antecipatória de prova). Comarca de Santos, SP, 5a Vara Cível. 1984.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezais brasileiros: região sudeste-sul. P. 78. In: **Anais** do Simpósio da Costa Sul e Sudeste: síntese dos conhecimentos. Cananéia, SP: ACIESP. V. 2, 1987.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezal. Ecosistema entre a terra e o mar. **Caribbean Ecological Research**, São Paulo, Brasil, p.64, 1995.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Brazilian mangroves**. Aquatic Ecosystem Health and Management 3 561-570, 2000.

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

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRÓN, G. & ADAIME, R. R. **Algumas características dos manguezais da região de Cananéia. São Paulo, Brasil**. In: Seminários de Biologia Marinha, 3, São Sebastião, p. 61-62. 1980.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; PERIA, L.C.S.; MENEZES., G.V.; GRASSO, M; SOARES, M.L.G; TOGNELLA, M.M.P.. **Manguezais brasileiros, Caravelas, Estado da Bahia**. São Paulo: ACIESP. v. 1, p. 324-332. (Publicação ACIESP, n. 87). 1994.

SCHERER, L.M. et al. Allelopathic effects of aqueous extracts of leucena (*Leucaena leucocephala* Wit) leave and fruit on germination and root growth of canafístula (*Peltophorum dubium* Spreng). **Semina: Ciências Biológicas e Saúde** 26(2): 161-166, 2005.

SCHMIEGELOW, J. M. M. **Manguezais do Sistema Estuarino de Santos (SP): Estrutura e Produção de Serapilheira**. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto Oceanográfico – Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009.

SCHMIEGELOW & GIANESELLA. **Lack of zonation in a mangrove forest in southeast brazil**. Brazilian Journal of Oceanography, 2014.

SESSEGOLO, G. C. **Estrutura e produção de serapilheira do manguezal do Rio Bagaçu, Baía de Paranaguá, PR**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, p.109, 1997.

SESSEGOLO, G.C. e LANA, P.C. Decomposition of *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana* and *Laguncularia racemosa* in a mangrove of Paranagua Bay (Southeastern Brazil). **Botânica Marina**. V.34, p.285-289,1991.

SILVA, M. F. F.. Produção anual de serapilheira e seu conteúdo mineralógico em mata tropical de terra firme, e várzea e igapó. Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi. série **Botânica**, v. 56, p. 1-13. 1984.

SILVA C. A. R, LACERDA L. D, OVALLE A. R, REZENDE C. E. The dynamics of heavy metals through litterfall and decomposition in a red mangrove forest. **Mang.and Salt Mars**. 2: 149–157. 1998.

SILVA, L.S.; MIRANDA, L.B. & CASTRO, B.M. Relatório do projeto “Oceanografia da Plataforma Interna de São Sebastião” (OPISS) Subprograma Oceanografia Física. Relatórios Técnicos do Instituto Oceanográfico. 47: 1-31, 2001.

SILVA, M. A. B.; BERNINI, E.; CARMO, T. M. C. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 19, p. 465-471, 2005.

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

SNEDAKER, S. C., AND A. E. LUGO. **The role of mangrove ecosystems in the maintenance of environmental quality and a high productivity of desirable fisheries**. Contract no. 14-16-008606. Bureau of Sports Fisheries and Wildlife, Atlanta, Ga, USA. 1973.

TOGNELLA, M. M. P. & OLIVEIRA, R. G. Manguezal do Rio Cmburiú: Dados Preliminares. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 18-28, 2012.

TOMLINSON, P. B. **The botany of mangroves**. Cambridge: Cambridge University press. 413p. 1986.

TWILLEY, R. R., The exchange of organic carbon in basin mangrove forests in a southwest Florida estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. 20: 543-558. 1985.

TWILLEY, R. R. LUGO, A. E. & PATTERSON-ZUCCA C. Litter production and turnover in basin mangrover forests in southwest Flórida. **Ecology**, 67 (3): 670-683, 1986.

TWILLEY, R. R., Coupling of mangroves to the productivity of estuarine and coastal waters . In B. -O. Jansson (ed.) **Coastal offshore Ecosystem Interactions** . Springer-Verlag, Berlin : 155-180. 1988.

TWILLEY, R.R.; CHEN, R.H.; HARGIS, T.. Carbon sinks in mangroves and their implications to carbon budget of tropical coastal ecosystems. **Water, Air e Soil Pollution** 64 (1-2) pp. 265-288. 1992.

TWILLEY RR, Properties of mangrove ecosystems related to the energy signature of coastal environments. In: Hall C (ed) Maximum power. **University Press of Colorado, Boulder**, p. 43–62. 1995.

TWILLEY, R.R.; POZO, M.; GARCIA, V.H.; RIVERA-MONROY, V.H.; ZAMBRONO, R. & BODERO, A. Litter dynamics in riverine mangrove forests in the Guayas River estuary, Ecuador. **Oecologia**, 111:109-122, 1997.

TWILLEY, R. R. & DAY, J. W. The productivity and nutrient cycling of mangrove ecosystem. Pp. 127-151. In: Yáñez-Aranciba, A. & Lara-Dominguez, A. L. (Eds.). **Ecosistemas de manglar en America Tropical**. Intituto de Ecologia, A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Springer MD USA. 1999.

VALENTE, M. H. M. **Circulação na plataforma interna do litoral norte do Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1999.

VANNUCCI, M. **Os manguezais e nós: uma síntese de percepções**. São Paulo: EDUSP. 233p. 1999.

ZAR, J. H. 1996. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey. 662 p.

WALSH, G. E. **Mangroves: a review**. In: Reimold, R. J. & Queen W. H. (eds.). *Ecology of halophytes*. Academic Press. New York, p. 51 -174. 1974.

WOODROFFE, C.D. Litter production and decomposition in the New Zealand mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. var. *resinifera* (Forst.) Bakh. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**, 16: 179–188. 1982.

WOODROFFE, C. D., Studies of a mangrove basin, Tuff Crater, New Zealand: III. The flux of organic and inorganic particulate matter. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 20: 447-461, 1985c.

## ANEXOS

ANEXO 1 - ANOVA e teste de Tukey das alturas médias entre as parcelas.

F= 8,015; df= 95,73; p= 2,401x10 <sup>-6</sup>						
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	Parcela 6
Parcela 1						
Parcela 2				0,0068		
Parcela 3		4,912		0,0013		
Parcela 4			5,523		0,0001	0,006979
Parcela 5				6,197		
Parcela 6					4,903	

ANEXO 2 - ANOVA e teste de Tukey dos valores médios de DAP entre as parcelas.

F= 3,544; df= 125,7; p= 0,004957						
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	Parcela 6
Parcela 1						
Parcela 2						
Parcela 3						
Parcela 4					0,0101	
Parcela 5				4,75		
Parcela 6						

ANEXO 3 - ANOVA e teste de Tukey da produção média mensal de serapilheira entre os meses de coleta.

F= 27,12; df= 22,31; p= 2,374x10 <sup>-10</sup>												
	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev
mar				0,0001	0,0002		0,0313					0,0281
abr											0,0002	0,0001
mai											0,0010	0,0001
jun	7,757								0,0006	0,0011	0,0001	0,0001
jul	7,461								0,0013	0,0023	0,0001	0,0001
ago											0,0002	0,0001
set	5,055										0,0001	0,0001
out											0,0014	0,0001
nov				6,82	6,523							0,0038
dez				6,574	6,278							0,0022
jan		7,456	6,647	10,53	10,24	7,297	7,831	6,483				
fev	5,11	9,79	8,981	12,87	12,57	9,631	10,16	8,817	6,047	6,292		



ANEXO 7 - Correlação linear entre os valores médios de estoque de serapilheira presente no solo com as temperaturas médias dos períodos de coleta.

	<b>estoque</b>	<b>temperatura</b>
<b>estoque</b>		0,0347
<b>temperatura</b>	-0,6111	

ANEXO 8 - Kruskal-Wallis e teste de Mann-Whitney dos valores médios de salinidade intersticial entre as parcelas.

<b>H= 20,34; Hc= 20,91; p= 0,001081</b>						
	<b>Parcela 1</b>	<b>Parcela 2</b>	<b>Parcela 3</b>	<b>Parcela 4</b>	<b>Parcela 5</b>	<b>Parcela 6</b>
<b>Parcela 1</b>				0,0227		0,0106
<b>Parcela 2</b>				0,0104		0,0104
<b>Parcela 3</b>				0,0104		0,0104
<b>Parcela 4</b>	0,3411	0,1563	0,1563		0,0214	0,0097
<b>Parcela 5</b>				0,3214		0,0099
<b>Parcela 6</b>	0,1599	0,1563	0,1563	0,1455	0,1491	

ANEXO 9 - ANOVA e teste de Tukey dos valores médios do grau de compactação do solo entre as parcelas.

<b>F= 19,08; df= 24,84; p= 8,617x10<sup>-8</sup></b>						
	<b>Parcela 1</b>	<b>Parcela 2</b>	<b>Parcela 3</b>	<b>Parcela 4</b>	<b>Parcela 5</b>	<b>Parcela 6</b>
<b>Parcela 1</b>					0,0001	0,0001
<b>Parcela 2</b>					0,0080	0,0001
<b>Parcela 3</b>					0,0012	0,0001
<b>Parcela 4</b>					0,0094	0,0001
<b>Parcela 5</b>	2,177	0,075	0,959	5,054		0,0001
<b>Parcela 6</b>	10,77	8,664	9,548	8,589		

ANEXO 10 - Kruskal-Wallis e teste de Mann-Whitney dos valores médios da altura da lâmina d'água entre as parcelas.

<b>H= 27,28; Hc= 27,52; p= 5,038x10<sup>-5</sup></b>						
	<b>Parcela 1</b>	<b>Parcela 2</b>	<b>Parcela 3</b>	<b>Parcela 4</b>	<b>Parcela 5</b>	<b>Parcela 6</b>
<b>Parcela 1</b>			0,0078	0,0111	0,0106	0,0116
<b>Parcela 2</b>			0,0079	0,0114		0,0114
<b>Parcela 3</b>	0,1174	0,1195		0,0078	0,0075	0,0078
<b>Parcela 4</b>	0,1674	0,1712	0,1174		0,0106	
<b>Parcela 5</b>	0,1599		0,1174	0,1599		0,0106
<b>Parcela 6</b>	0,1674	0,1712	0,1174		0,1599	

ANEXO 11 - ANOVA e teste de Tukey dos valores médios da porcentagem de luminosidade entre as parcelas.

<b>F= 13,23; df= 24,54; p= 2,638x10<sup>-6</sup></b>						
	<b>Parcela 1</b>	<b>Parcela 2</b>	<b>Parcela 3</b>	<b>Parcela 4</b>	<b>Parcela 5</b>	<b>Parcela 6</b>
<b>Parcela 1</b>				0,0001	0,0279	
<b>Parcela 2</b>				0,0001		
<b>Parcela 3</b>				0,0001	0,0047	
<b>Parcela 4</b>	9,949	8,997	10,83		0,0041	0,0001
<b>Parcela 5</b>	4,499		5,378	5,45		0,0151
<b>Parcela 6</b>				10,27	4,816	