



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

EDINEIA FARRABOTI

OCORRÊNCIA DE MACROALGAS BENTÔNICAS EM DOIS BOSQUES DE
MANGUEZAL EM UM ESTUÁRIO SUBTROPICAL

SANTOS/SP

2018

EDINEIA FARRABOTI

**OCORRÊNCIA DE MACROALGAS BENTÔNICAS EM DOIS BOSQUES DE
MANGUEZAL EM UM ESTUÁRIO SUBTROPICAL**

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinhos, sob a orientação do Prof. Dr. Miguel Petrere Júnior e do Prof. Dr. João Marcos Miragaia Schmiegelow.

SANTOS/SP

2018

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

Assinatura

Santos ____/____/____

589.4 Farraboti, Edineia.
F253o OCORRÊNCIA DE MACROALGAS BENTÔNICAS EM DOIS BOSQUES DE
MANGUEZAL EM UM ESTUÁRIO SUBTROPICAL
54 p.

Orientadores: Prof. Dr. Miguel Petrere Júnior e Prof. Dr. João Marcos Miragaia Schmiegelow.

Dissertação de Mestrado -- Universidade Santa Cecília,
Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas
Costeiros e Marinhos, Santos, SP, 2018.

1. Itapanhaú. 2. Macroalgas. 3. Rhodophyta. 4. Chlorophyta.

I. Petrere Júnior, Miguel. II. Schmiegelow, João Marcos Miragaia
III. Título: OCORRÊNCIA DE MACROALGAS BENTÔNICAS EM DOIS BOSQUES DE
MANGUEZAL EM UM ESTUÁRIO SUBTROPICAL

*Dedico este trabalho ao meu filho, meu maior e
mais verdadeiro amor.*

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - pela concessão de bolsa de mestrado.

À UNISANTA - PPGEOMAR que me proporcionou todo o material e infraestrutura necessários para o planejamento e realização desse projeto.

Ao SESI – Serviço Social da Indústria, instituição onde trabalho e aos excelentes profissionais com quem convivo, pelo apoio recebido durante o meu mestrado.

Ao Parque Estadual Restinga de Bertiooga e Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Centro pelo apoio.

Ao meu orientador Prof.^o Dr. João Marcos Miragaia Schmiegelow por todo conhecimento compartilhado, pelo apoio nas saídas a campo, por estar sempre presente e esclarecer com paciência todas as dificuldades que foram surgindo ao longo do caminho, pelo incentivo e confiança... a quem dedico minha admiração e meu muito obrigada!

Dedico também um agradecimento especial ao meu orientador Prof.^o Dr. Miguel Petre Junior pelos valiosos conselhos, pelas aulas e ensinamentos estatísticos, pelo seu profissionalismo, confiança, dedicação e incentivo durante a realização desse projeto. Que ensinou a mais linda lição quando me disse “Aluno para mim é prioridade sempre”.

À Prof.^a Dr.^a. Nair Sumie Yokoya por ter me recebido no Instituto de Botânica de São Paulo, pela valorosa orientação e paciência, compartilhando comigo seu conhecimento e possibilitando a realização desse trabalho.

À Prof.^a Dr.^a. Mara Angelina G. Magenta pelos sábios conselhos, pela orientação nas análises, disponibilidade de material e pelas boas conversas no laboratório.

A todo o pessoal dos laboratórios da UNISANTA de Biologia Central e de Ecotoxicologia pelo auxílio nas análises do material de coleta.

À coordenadora Prof.^a Dr.^a. Ursulla Pereira de Souza do PPG-ECOMAR da UNISANTA, pelos constantes ensinamentos e valiosa orientação.

A todos os professores do Programa e em especial ao Prof.^o Dr. Fábio Giordano um grande incentivador no ingresso ao Mestrado, ao Prof.^o Dr. Walter Barrella por todas as contribuições ao longo do desenvolvimento desse trabalho e ao Prof.^o Matheus Marcus Rotundo pela maratona estatística.

Um agradecimento especial às secretárias da UNISANTA Sandra e Imaculada pela ética, dedicação e profissionalismo.

Thiago e Gabriel, alunos da Biologia, parceiros incríveis, meu muito obrigada por participarem das saídas de campo com competência e bom humor, sem vocês o trabalho no manguezal não teria deixado tantas boas histórias para contar.

Aos meus amigos mestres (de turma, de artigos e saídas de campo) Bárbara, Carvalho, Kátia, Roseli e Rosendo pela parceria e apoio.

Ao meu marido Getúlio pelo carinho e reconhecimento, ao meu filho Eduardo, ao meu enteado Kaique, aos meus pais Vergínia e Daniel, minhas irmãs Dani e Eli e também à minha amiga Cidinha pelo apoio, incentivo, compreensão e boas vibrações de sempre, mas em especial ao longo desses dois últimos anos. Obrigada por acreditarem junto comigo na realização desse sonho!

Por fim, meus sinceros agradecimentos a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão de uma etapa muito importante da minha vida.

RESUMO

As algas formam uma comunidade no manguezal que possui grande importância ecológica. Esses organismos apresentam adaptações e resistência às grandes variações de salinidade e dessecação, além de outros fatores abióticos que podem influenciar na sua distribuição espacial e temporal. O presente estudo tem como objetivo caracterizar a ficoflora de manguezal na região sudeste, avaliar a área de recobrimento e amostrar a biomassa de macroalgas Chlorophyta e Rhodophyta nos períodos chuvoso e seco. Foram realizadas duas coletas, em fevereiro e agosto de 2017. O trabalho foi conduzido em dois bosques de manguezal no Rio Itapanhaú em Bertioga, Estado de São Paulo, onde foram estudados dois transectos de 250m (TA e TB), sendo T.A a montante do rio e T.B próximo à foz. As duas transecções foram divididas em quatro locais de amostragem, um na franja do manguezal, dois intermediários e um na porção final, próximo à terra firme. Em cada local obteve-se 10 amostras para estimativa de recobrimento do substrato e biomassa das algas. Foram ainda anotados os fatores abióticos salinidade, pH e luminosidade. Foram encontrados 12 táxons, sendo oito Rhodophyta e quatro Chlorophyta. Os resultados mostraram que ocorreu maior biomassa e maior área de recobrimento no período seco. Os valores de biomassa no período chuvoso e seco nas duas transecções indicaram que ocorreu predomínio de Rhodophyta em T.A onde a salinidade foi significativamente menor e predomínio de Chlorophyta em T.B onde a salinidade era maior. Os pneumatóforos representaram o tipo de substrato com maior cobertura de algas, seguido de caule e solo, com menor cobertura. Os fatores bióticos e abióticos mensurados nesse estudo, foram testados aplicando-se a ANOVA *three way*, mostrando que houve diferença na ocorrência das algas nos dois bosques de manguezal provavelmente influenciada pela salinidade; a abertura do dossel foi medida para estimar o potencial luminoso e verificou-se que não houve correlação entre esse fator e a distribuição espacial das macroalgas no manguezal do Rio Itapanhaú.

Palavras-chave: Itapanhaú. Macroalgas. Rhodophyta. Chlorophyta.

ABSTRACT

The algae form a community in the mangrove that has great ecological importance. These organisms present adaptations and resistance to the great variations of salinity and desiccation, besides other abiotic factors that can influence in their spatial and temporal distribution. The present study aims to characterize mangrove phycoflora in the southeast region, to evaluate the cover area and to sample the biomass of Chlorophyta and Rhodophyta macroalgae in the rainy and dry periods. Two collections were carried out in February and August of 2017. The work was conducted in two mangrove forests on the Itapanhaú River in Bertioga, State of São Paulo, where two 250m transects (TA and TB) were studied. TA near the river and TB near the mouth. The two transects were divided into four sampling sites, one in the mangrove fringe, two intermediaries and one in the final portion, close to the mainland. At each site, 10 samples were obtained to estimate substrate cover and algal biomass. The abiotic factors as salinity, pH and luminosity were also recorded. Twelve taxa were found, comprising eight Rhodophyta and four Chlorophyta. The results showed that there was a higher biomass and a larger area of cover in the dry period. The values of biomass in the rainy and dry period in the two transections indicated that predominated of Rhodophyta occurred in T.A where salinity was significantly lower and Chlorophyta predominated in T.B where salinity was higher. The pneumatophores represented the type of substrate with higher coverage of algae, followed by stem and soil, with lower coverage. The biotic and abiotic factors measured in this study were tested by applying the three-way ANOVA, showing that there was a difference in the occurrence of algae in the two mangrove forests probably influenced by salinity; the opening of the canopy was measured to estimate the luminous potential and it was verified that there was no correlation between this factor and the spatial distribution of macroalgae in the Itapanhaú River mangrove.

Key words: Itapanhaú. Macroalgae. Rhodophyta. Chlorophyta.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Área de estudo, locais amostrados: Transecção A e Transecção B no Rio Itapanhaú, Bertioga - SP.....6
- Figura 2 - Representação do desenho amostral nas Transecções A e B. Fonte: Arquivo pessoal.7
- Figura 3 – Rio Itapanhaú: 1 - Aspecto geral do Bosque A com acesso somente de barco, 2 - Local 1 em T.A ponto de amostragem, a foto mostra a paisagem e detalhe para o solo encharcado; 3 – Local1 em T.B, mostrando a paisagem e detalhe para o solo enlameado e a quantidade de pneumatóforos. Fonte: Arquivo pessoal.8
- Figura 4. Vista geral da Transecção B, detalhe das algas aderidas aos substratos pneumatóforos e caule. Fonte: Arquivo pessoal.9
- Figura 5 - Amostrador de aço inox para coleta de biomassa. Fonte: Arquivo pessoal. 10
- Figura 6 – Equipamento fotográfico utilizado para registro da abertura do dossel para estimativa da abertura do dossel. Fonte: arquivo pessoal. 12
- Figura 7 – Estimativa do percentual da área de recobrimento do substrato por macroalgas utilizando o *quadrat* para contagem dos pontos de contato. Fonte: Arquivo pessoal. 13
- Figura 8. Comunidade do Bostrychietum em pneumatóforo, onde é possível identificar as espécies *Bostrychia radicans* e *Catenella caespitosa*. Fonte: Arquivo pessoal. 16
- Figura 9. Associação de algas verdes, destaque para as espécies *Boodleopsis pusilla* e *Cladophoropsis membranacea*. Fonte: Arquivo pessoal..... 16
- Figura 10. Macroalgas bentônicas no manguezal do rio Itapanhaú, Bertioga - SP. Aspecto geral: A- *Bostrychia radicans*; B- *Boodleopsis pusilla*; C- *Catenella caespitosa*; D- *Bostrychia calliptera*; E- *Cladophoropsis membranacea*; F- *Caloglossa ogasawaraensis*; G- *Caloglossa confusa*; H- *Bostrychia montagnei*; I- *Rhizoclonium riparium*; J- *Bostrychia moritziana*; K- *Vertebrata foetidissima*; L- *Pseudorhizoclonium africanum*. Fonte: Arquivo pessoal. 18

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Valor médio da biomassa de macroalgas Rhodophyta e Chlorophyta estimadas no verão e no inverno.....	21
Gráfico 2. Percentual médio de recobrimento do substrato por macroalgas no manguezal no verão e no inverno. As linhas correspondem ao intervalo de confiança.	26
Gráfico 3. Percentual médio de recobrimento do substrato em cada local da Transecção A (lado esquerdo) e Transecção B (lado direito) no período verão e inverno. As linhas correspondem ao intervalo de confiança.	28
Gráfico 4. Percentual médio de recobrimento das algas nos três substratos avaliados no manguezal do Rio Itapanhaú durante verão e inverno.	29
Gráfico 5. Salinidade média mensurada em cada local (1, 2, 3 e 4) das Transecções A e B na estação verão e inverno. As linhas correspondem ao intervalo de confiança.	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Posicionamento geográfico (UTM) das regiões amostradas e distância do rio.....	6
Tabela 2. Ocorrência das espécies de macroalgas identificadas nas Transecções A e B no manguezal do Rio Itapanhaú durante as estações verão e inverno.	15
Tabela 3. Ocorrência das espécies encontradas no Rio Itapanhaú no verão. As cores utilizadas na tabela representam os gêneros encontrados: as de coloração avermelhada são os gêneros de Rhodophyta e as de coloração esverdeada os gêneros de Chlorophyta.....	19
Tabela 4. Ocorrência das espécies encontradas no Rio Itapanhaú no inverno. As cores utilizadas na tabela representam os gêneros encontrados: as de coloração avermelhada são os gêneros de Rhodophyta e as de coloração esverdeada os gêneros de Chlorophyta.....	20
Tabela 5. Resultado ANOVA da interação entre os fatores principais considerando a variável Biomassa de Rhodophyta (BR).	22
Tabela 6. Percentual médio de abertura do dossel indicando o potencial de luminosidade em cada local nas Transecções A e B, (n= 160).	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PESM	-	Parque Estadual da Serra do Mar
PERB	-	Parque Estadual Restinga de Bertiooga
APA	-	Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Centro
T.A	-	Transecção A – Local de amostragem à montante do rio.
T.B	-	Transecção B – Local de amostragem à jusante do rio.
LOC		Local de amostragem em relação à distância da margem
L (1, 2, 3, 4)	-	Locais de amostragem (A1, A2, A3, A4 E B1, B2, B3, B4)
EA₁	-	Estação Verão
EA₂	-	Estação Inverno
BR	-	Biomassa de Rhodophyta
BC	-	Biomassa de Chlorophyta
RPN	-	Recobrimento de pneumatóforo
RCA	-	Recobrimento de caule
RSO	-	Recobrimento de solo
PH	-	pH
SAL	-	Salinidade
Y	-	Variável resposta
μ	-	Média geral
ε	-	Variável aleatória suposta normal, com variância constante

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
MATERIAL E MÉTODOS	5
Área de estudo.....	5
Identificação.....	9
Biomassa	9
Dados ambientais	10
Recobrimento.....	12
Análise estatística	13
RESULTADOS	14
Identificação.....	14
Biomassa	21
Dados ambientais	24
Recobrimento.....	26
DISCUSSÃO	29
CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
ARTIGO SUBMETIDO	42
Abstract	43
Introduction.....	43
Material and methods.....	44
Results	45
Discussion	51
References	52

INTRODUÇÃO

O manguezal é um ecossistema de alta produtividade, localizado em áreas estuarinas tropicais e subtropicais (LUGO & SNEDAKER, 1974). Esse ambiente possui um grande valor ecológico por fornecer vários tipos de produtos e serviços ambientais, além de proporcionar condições de sobrevivência e reprodução para muitas espécies animais e vegetais (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991).

As florestas de mangue têm papel de grande relevância no sequestro e estoque de carbono na biomassa e no solo. Esse processo de sequestro de carbono por área de mangue é comparável a outras florestas tropicais úmidas (ICM-BIO, 2018).

Um importante grupo de organismos que habita manguezais é o das algas.

Esse grupo é atualmente dividido em três filós: Filo Rhodophyta, Filo Chlorophyta e Filo Ochrophyta, segundo Wynne (2017).

As algas do Filo Rhodophyta são quase todas marinhas e geralmente apresentam tonalidade rósea a vermelho-escuro. Esse filo possui uma característica única que é a presença de *pit connections*, pontos de conexão entre o citoplasma das células (FRANCESCHINI et al., 2009).

As algas Chlorophyta podem ser encontradas em ambientes marinho e de água doce e caracterizam-se pela coloração verde. (FRANCESCHINI et al., 2009).

As algas do Filo Ochrophyta são marinhas em sua grande maioria e possuem coloração castanho ou parda. (FRANCESCHINI et al., 2009).

Como todos os organismos fotossintetizantes, as macroalgas desempenham um papel fundamental no manguezal por contribuírem para sua produção primária, além de fornecerem abrigo e alimento para a comunidade de invertebrados que vivem associados a elas (BURKHOLDER & ALMODOVAR, 1973; FORTES, 1992; KAMER & FONG, 2000).

O interesse pelas algas em diferentes ambientes destaca-se pela sua utilização como indicadoras da qualidade da água (NASSAR, 2012). Em manguezais, o estudo das comunidades algáceas pode fornecer dados para o monitoramento ambiental, sendo utilizadas como bioindicadores (MELVILLE & PULKOWNIK, 2006; FONTES et al., 2007a).

Em estudos mais recentes com algas de manguezais, avaliou-se a sequência genética com marcadores moleculares para identificação de espécies de macroalgas

com a finalidade de inferir acerca das relações filogenéticas entre os organismos (ZUCCARELLO et al., 2011; SENA, 2016; KANO et al., 2017; PEÑA-SALAMANCA, 2017). A relevância da abordagem molecular é justificada pelas dificuldades na determinação de espécies baseada na observação de caracteres vegetativos e reprodutivos, além de aspectos morfológicos e plasticidade fenotípica das macroalgas (SENA, 2016).

Nos manguezais, os troncos e raízes da vegetação representam os substratos mais estáveis disponíveis e apresentam-se como os habitats mais adequados para sobrevivência de vários seres vivos (COELHO et al., 2004). Aderidas a esses substratos são encontradas importantes assembleias de algas denominadas *Bostrychietum*, compostas principalmente pelos gêneros *Bostrychia*, *Catenella* e *Caloglossa* pertencentes ao Filo Rhodophyta (POST, 1936). Outra associação de grande importância que ocorre no manguezal é constituída por macroalgas do Filo Chlorophyta - essas algas são geralmente associadas ao *Bostrychietum*, ou formando um “tapete” sobre o solo. As espécies que predominam entre as algas verdes pertencem aos gêneros *Rhizoclonium*, *Boodleopsis* e *Cladophoropsis* (HADLICH, 1984).

As algas estuarinas crescem sobre os pneumatóforos de mangue e outros substratos duros como raízes e caules, podendo haver competição entre esses organismos para fixação nos substratos disponíveis o que pode influenciar a distribuição espacial de macroalgas no manguezal (MELVILLE & PULKOWNIK, 2007).

Além da disponibilidade de substrato, a variação da salinidade e dessecação são fatores abióticos limitantes na distribuição espacial e temporal das macroalgas, apesar das adaptações e sua grande resistência (YOKOYA et al., 1999; CUNHA & COSTA, 2002). Eston et al. (1992); Yokoya et al. (1999); Cunha & Costa (2002) e Farrapeira et al. (2009) afirmam ainda que o teor de oxigênio, o tipo de solo inconsolidado, a amplitude de maré e o sombreamento são também fatores determinantes no recobrimento de substratos pelas comunidades ficológicas, bem como em seu crescimento.

Alguns fatores ambientais como a variação de salinidade, tempo de emersão e de dessecação são desfavoráveis para a maioria das algas marinhas e de água doce. Porém, as algas que crescem no manguezal são adaptadas a essas condições podendo colonizar vários substratos desse ambiente (GARCIA, 2013).

A distribuição dos manguezais no Brasil segundo o mapeamento realizado pelo Ministério do Meio Ambiente em 2009, abrange cerca de 1.225.444 hectares em quase todo o litoral brasileiro desde o Amapá até Santa Catarina (MMA, 2018).

Na região da Baixada Santista, localizada no litoral de São Paulo, ocorrem 52% dos manguezais do estado (LAMPARELLI et al., 2000).

Parte dos manguezais da cidade de Bertioga, pertencente ao Sistema Estuarino de Santos e representa a maior área de manguezais preservados da Baixada Santista (RODRIGUES et al., 1995). O manguezal do lado direito do Rio Itapanhaú pertence ao Parque Estadual Restinga de Bertioga (PERB), criado em 2010 - Decreto Estadual 56.500, situado no limite do Parque Estadual da Serra do Mar. Essa unidade de conservação tem a finalidade de proteção dos recursos biológicos e hídricos da região, além dessa área exercer um importante papel como corredor biológico entre os ambientes costeiro e marinho. O manguezal situado do lado esquerdo do Rio Itapanhaú, próximo ao Canal de Bertioga, foi incluído na Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Centro (APA Marinha do Litoral Centro), criada através do Decreto nº 53.526 de 8 de outubro de 2008 com a finalidade de proteger e ordenar o uso de recursos naturais da região. Foram incluídos na APA Marinha do Litoral Centro os manguezais localizados junto aos rios Itaguapé, Guaratuba, Itapanhaú e Canal de Bertioga, situados no Município de Bertioga, abrange ainda a maior parte da zona litorânea dos municípios de Guarujá, Santos, São Vicente, Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe, com exceção da Baía de Santos.

O presente estudo foi conduzido em dois bosques de manguezal às margens do Rio Itapanhaú (Bertioga), onde há uma ampla área desse ecossistema mais concentrada em sua porção final, havendo poucos trabalhos publicados sobre o tema (SABESP, EIA 166/15). Schmiegelow (2009) afirma que próximo ao canal de Bertioga onde o rio desemboca, há um grande número de estudos sobre a estrutura de seus manguezais. Embora, até o presente momento, poucos trabalhos abordem a ocorrência e a composição algácea na região.

É importante ressaltar que o Rio Itapanhaú está no centro de uma grande polêmica por conta de um projeto para transposição do rio com a reversão das suas águas para o abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo. Cabe ainda salientar, conforme mencionado anteriormente, o rio atravessa o Parque Estadual da Serra do Mar (PESM) e pertence ao Parque Estadual Restinga de Bertioga (PERB),

sendo que a maior parte das obras de transposição se concentram na zona de amortecimento do PESH, localizadas em unidades de conservação de proteção integral administradas pela Fundação Florestal.

Um estudo feito pela SABESP aponta potenciais impactos sobre as comunidades que habitam esse manguezal devidos à obra de transposição que podem provocar alterações na qualidade e nas características físico-químicas da água desse ambiente. A conclusão geral do estudo é que a vazão do Rio Itapanhaú nesses setores acompanhará as variações naturais da hidrologia da região, porém, com redução de Restinga e de Manguezal, para épocas de vazões médias e baixas. A redução de vazão pode também deslocar uns 2-3 km para montante a zona de transição entre os setores de Restinga e de Manguê (SABESP, 2015).

Apesar do Rio Itapanhaú estar em evidência por conta dessa possível transposição, são poucos os trabalhos que caracterizam a ocorrência de macroalgas bentônicas nesse ambiente, justificando a necessidade de informação adequada para garantir a sua gestão ambiental, especialmente à face de novas ameaças.

O presente estudo foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil - CAPES e tem como objetivos gerais a caracterização da ficoflora do manguezal do Rio Itapanhaú; a identificação das espécies ocorrentes em dois bosques do manguezal; a avaliação das áreas de recobrimento das espécies de macroalgas bentônicas e a avaliação da biomassa de algas do Filo Chlorophyta e Filo Rhodophyta.

Os objetivos específicos são: comparar a riqueza e área de recobrimento das macroalgas bentônicas em duas estações do ano no manguezal do Rio Itapanhaú; quantificar e comparar a biomassa de algas Chlorophyta e Rhodophyta nos períodos chuvoso e seco.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A região metropolitana da Baixada Santista, localizada no litoral de São Paulo, compreende os municípios de Bertioga, Guarujá, Cubatão, Santos, São Vicente, Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe. Toda essa região apresenta uma área total aproximada de 2.420 km² (CETESB, 1991).

O local escolhido para realização do estudo foi o manguezal do Rio Itapanhaú no município de Bertioga principalmente pela escassez de trabalhos nessa região, mas também pela facilidade de acesso ao local utilizando embarcação a motor. A área avaliada à montante do rio pertence ao PERB e a área à jusante está localizada na APA Marinha do Litoral Centro.

Bertioga apresenta clima tropical e úmido, a pluviosidade média anual de 2017 foi de 2.689 mm, com temperatura média de 26°C para o mês de fevereiro e de 20°C para o mês de agosto (climate-data.org).

O estudo foi conduzido em dois bosques de manguezal denominados Transecção A (T.A) localizada em posição mais à montante do Rio Itapanhaú e Transecção B (T.B) localizada próximo à foz do rio, a 500m do Canal de Bertioga (Figura 1). As duas transecções estão separadas por uma distância de 7km uma da outra. A escolha desses dois bosques foi feita a partir de um estudo preliminar na região onde verificou-se a diferença de salinidade entre eles, com a finalidade de se avaliar a influência desse fator ambiental na composição das comunidades algáceas.

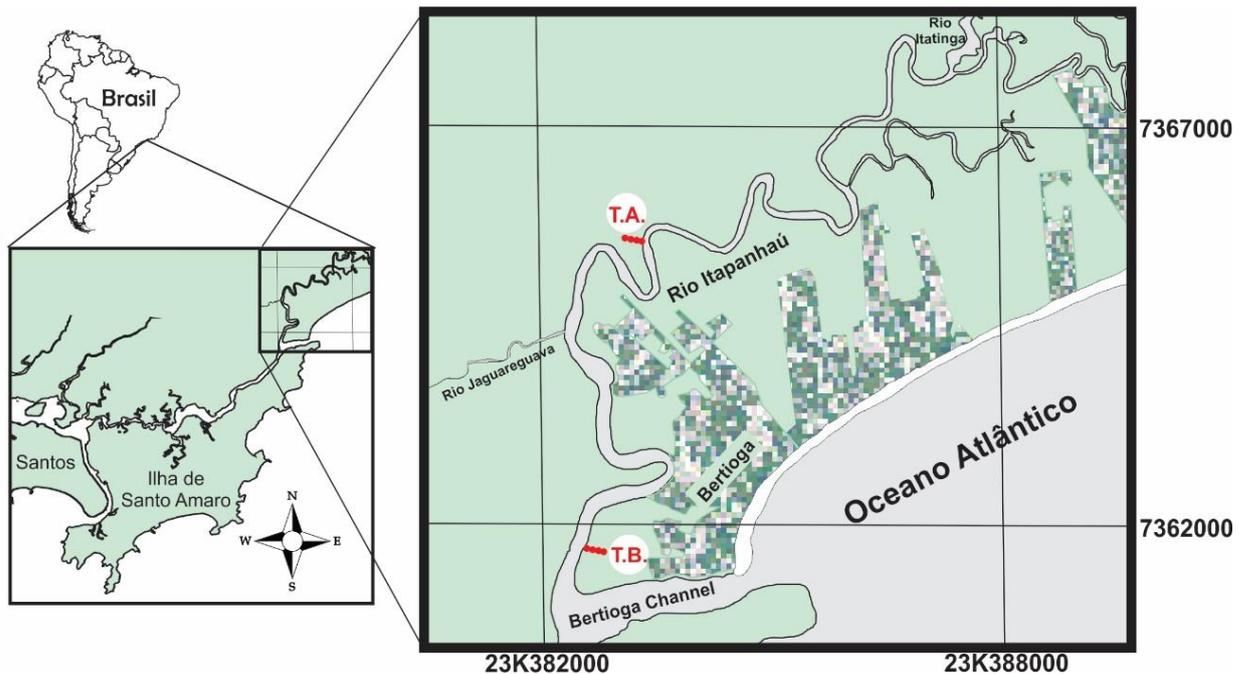


Figura 1 – Área de estudo, locais amostrados: Transecção A e Transecção B no Rio Itapanhaú, Bertioga - SP.

Sorteou-se o lado da margem das transecções, assim, T.A situou-se na margem direita e T.B na margem esquerda do rio. As coordenadas geográficas foram obtidas pelo Google Earth sendo posteriormente transferidas para um GPS (GARMIN GPSMAP 78), a fim de se chegar aos locais selecionados. Os dados de posicionamento geográfico com a distância da margem do rio e a distância entre os bosques estudados estão listados na Tabela 1.

Tabela 1. Posicionamento geográfico (UTM – zona 23) dos locais amostrados e distância do rio.

Transecção	Local	Latitude	Longitude	Distância da margem (m)
A	A1	383264	7365713	10
	A2	383183	7365727	90
	A3	383101	7365740	170
	A4	383018	7365755	250
B	B1	382550	7361635	10
	B2	382631	7361613	90
	B3	382711	7361591	170
	B4	382792	7361572	250

Datum WGS 84

As duas transecções possuem comprimento total de 250m a partir da margem do rio e foram divididas em quatro locais equidistantes 80m um do outro, sendo um na franja do manguezal a uma distância de 10m da margem, dois intermediários e o último localizado na porção final do manguezal onde encontra-se fundamentalmente vegetação de mangue, já próximo à terra firme em área de restinga. A restinga caracteriza-se como um ambiente de transição e é classificada como um conjunto de comunidades vegetais que recebem influência fluvial e marinha (CONAMA 07/ 1996).

Os locais estudados foram denominados como A1, A2, A3 e A4 para T.A e como B1, B2, B3 e B4 na T.B. Em cada local amostrado estabeleceu-se uma área de raio igual a 10m, compreendendo um espaço amostral de 314m². Dentro dessa área foram definidos 10 pontos amostrais com valores aleatórios para ângulo e distância considerados a partir do ponto central. Desses pontos amostrais foram coletados os dados para estimativa do recobrimento do substrato e biomassa das algas. O delineamento amostral está representado na Figura 2. A paisagem e o aspecto geral dos bosques avaliados na altura da franja do manguezal, correspondente ao local 1 de cada transecção podem ser observados na Figura 3.

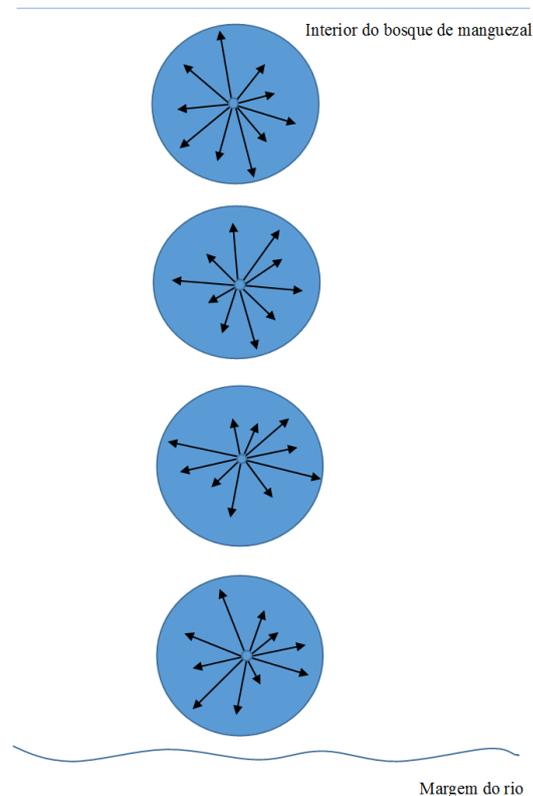


Figura 2 - Representação do desenho amostral nas Transecções A e B.

Fonte: Arquivo pessoal.

As coletas foram feitas em maré de quadratura nos dias 18 e 19 de fevereiro de 2017 e dias 25 e 26 de agosto de 2017, compreendendo as estações de verão e inverno, respectivamente.



Figura 3 – Rio Itapanhá: 1 - Aspecto geral do Bosque A com acesso somente de barco, 2 - Local 1 em T.A ponto de amostragem, a foto mostra a paisagem e detalhe para o solo encharcado; 3 – Local1 em T.B, mostrando a paisagem e detalhe para o solo enlameado e a quantidade de pneumatóforos.

Fonte: Arquivo pessoal.

Identificação

As amostras de algas para a identificação foram selecionadas dos três substratos: pneumatóforo, caule e solo, nas proximidades do ponto central (Figura 4). A coleta foi feita através de raspagem do substrato e as algas foram mantidas sob refrigeração. Em laboratório foram fixadas em formol diluído em água do mar a 4%. Posteriormente foram lavadas e identificadas em estereomicroscópio ZEISS Discovery.V8 ao nível de espécie, utilizando bibliografia especializada (CORDEIRO-MARINO, 1978; HADLICH, 1984; HADLICH, 1985; NASSAR, 2012; SENA, 2016). O sistema da classificação e a nomenclatura taxonômica seguem Wynne (2017). Os exemplares dos táxons identificados foram depositados no Herbário do Instituto de Botânica de São Paulo.



Figura 4. Vista geral da Transecção B, detalhe das algas aderidas aos substratos pneumatóforos e caule. Fonte: Arquivo pessoal.

Biomassa

A estimativa da biomassa ocorreu em cada local da T.A e da T.B, dez amostras foram coletadas utilizando um amostrador de aço inox com diâmetro de 6,3cm e área de 31,2cm² (Figura 5). As amostras para a obtenção da biomassa foram obtidas no entorno da região de coleta para avaliação da área de recobrimento. As dez réplicas foram coletadas proporcionalmente segundo a abundância das algas em cada tipo de substrato, obtida através das amostras do recobrimento e considerando cada pneumatóforo como uma única unidade amostral. Assim, por exemplo, onde foi

estimada uma porcentagem de recobrimento de 80% em pneumatóforos, 10% em caule e 10% em solo, para avaliação da biomassa coletaram-se oito amostras das algas em pneumatóforos, uma em caule e uma no solo. Foram coletadas ao todo 80 amostras para análise de biomassa.

As algas foram raspadas do substrato com espátula, acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração. Em laboratório, as amostras foram lavadas em peneira para retirada de sedimento e fauna, sendo fixadas em formol diluído em água do mar a 4%.

Com auxílio do estereomicroscópio ZEISS Discovery.V8 as algas foram separadas em dois grupos Rhodophyta e Chlorophyta. Posteriormente foram secas em estufa por 70h e pesadas em balança com precisão de centésimo de grama, obtendo-se os valores em peso (g) dos dois grupos em cada um dos quatro locais nas Transecções A e B no verão e no inverno.



Figura 5 - Amostrador de aço inox para coleta de biomassa. Fonte: Arquivo pessoal.

Dados ambientais

- **Salinidade e pH**

Em cada local dos bosques A e B, foram coletadas três amostras de água do solo para medida da salinidade e pH nos arredores dos locais onde se obteve os

dados de recobrimento e biomassa.

As amostras foram obtidas com o auxílio de uma pá, perfurando o solo a uma profundidade de 20cm (Chen & Twilley, 1999). A água intersticial foi acondicionada em potes e mantidos sob refrigeração até a análise em laboratório dentro do prazo de 48h após a coleta. Para as amostras em que o substrato se apresentou com baixo teor de umidade, procedeu-se a centrifugação do material em Centrifugador Excelsa Baby mod.208n - FANEM por quinze minutos. A salinidade foi medida com refratômetro Instrutherm, modelo RTS-101ATC.

Os valores de pH para cada região foram mensurados utilizando pHmetro Digimed DM-22.

▪ **Luminosidade**

A estimativa de luminosidade foi determinada a partir do percentual de abertura do dossel. O índice de percentual de abertura do dossel foi obtido fotografando o céu com uma câmera GoPro Hero3 posicionada a cerca de 40cm do solo em cada um dos 10 pontos de coleta da área de recobrimento em cada uma das quatro áreas amostrais de cada transecção (Figura 6). As imagens foram analisadas pelo programa Corel Draw X7, criando uma máscara com as cores do céu e, em seguida, o programa fez a contagem do número de pixels do céu em relação ao total de pixels da área fotografada. Dessa forma foi possível calcular o percentual de abertura do dossel e a luminosidade de cada ponto amostrado.



Figura 6 – Equipamento fotográfico utilizado para registro da abertura do dossel para estimativa da abertura do dossel.

Fonte: arquivo pessoal.

▪ Pluviosidade

Os índices pluviométricos foram obtidos a partir dos registros diários de pluviômetros automáticos do CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. O levantamento dos dados de pluviosidade foi obtido no período de noventa dias que antecederam as coletas no verão e no inverno.

Recobrimento

O método aplicado para avaliação da área de recobrimento por algas foi o dos contatos (BLOCH & KLINGBEIL, 2016), utilizando um *quadrat* com área de 0,25m² dividido em 100 pontos (Figura 7). Em cada local (A1, A2, A3, A4 e B1, B2, B3, B4) considerou-se um ponto central nessa área de 314 m², a partir desse ponto sorteou-se o ângulo e a distância de cada um dos 10 pontos amostrais, gerando um total de 80 réplicas para análise dos dados de recobrimento em cada estação: chuvosa e seca.

Dessa forma estimou-se o percentual de recobrimento do substrato e as algas foram classificadas de acordo com o substrato que ocupavam: pneumatóforo, caule

ou solo.



Figura 7 – Estimativa do percentual da área de recobrimento do substrato por macroalgas utilizando o *quadrat* para contagem dos pontos de contato.

Fonte: Arquivo pessoal.

Análise estatística

Os valores apresentados nesta dissertação, os valores médios são sempre acompanhados de seu respectivo desvio padrão (dp) e do tamanho (n) da sua amostra.

Para a análise estatística dos dados de biomassa, recobrimento e fatores ambientais de salinidade e pH aplicou-se ANOVAs *three-way*, utilizando o software SYSTAT 11, onde os tratamentos diferiam ou não para cada análise. Havendo diferenças significativas entre as médias das células, foi aplicado o teste de Tukey de comparação de médias *a posteriori*, duas a duas (Zar, 2010).

Aplicou-se sete *three-way* ANOVAs, onde os 3 fatores são: EA (Estação do ano com 2 níveis, verão e inverno), TRAN (Transecto com 2 níveis, T.A e T.B) e LOC (Localização a partir da margem com 4 níveis, correspondes aos locais A1, A2, A3, A4 e B1, B2, B3, B4). As variáveis resposta, num total de sete, são classificadas em cinco bióticas: BR – biomassa de Rhodophyta, BC – biomassa de Chlorophyta, RPN – recobrimento de pneumatóforo, RCA – recobrimento de caule e RSO – recobrimento

de solo e duas abióticas: PH - pH e SAL – salinidade.

Para a análise da luminosidade foi aplicado um teste t pareado. Com critério para o pareamento foi cada ponto de amostragem do recobrimento nas transecções A e B.

RESULTADOS

Identificação

Foram encontradas 12 espécies de macroalgas bentônicas no manguezal do Rio Itapanhaú. Delas, oito são Rhodophyta: *Bostrychia calliptera* (Montagne) Montagne; *Bostrychia montagnei* Harvey; *Bostrychia radicans* f. *radicans* (Montagne) Montagne; *Bostrychia moritziana* (Sond. ex Kütz.) J. Agardh; *Caloglossa ogasawaraensis* Okamura; *Caloglossa confusa* Krayesky, J.A. West & M. Kamiya; *Catenella caespitosa* (Withering) L. Irvine e *Vertebrata foetidissima* (Cocks ex Bornet) Díaz-Tapia & Maggs (DÍAZ-TAPIA et al., 2017) e quatro são Chlorophyta: *Boodleopsis pusilla* (Collins); *Cladophoropsis membranacea* (C. Agardh) Børgesen; *Pseudorhizoclonium africanum* (Kützinger) Boedeker; *Rhizoclonium riparium* (Roth) Harvey). A Tabela 2 apresenta a ocorrência das espécies nos pontos amostrais, nas duas estações do ano.

Tabela 2. Ocorrência das espécies de macroalgas identificadas nas Transecções A e B no manguezal do Rio Itapanháú durante as estações verão e inverno.

Espécies	Verão		Inverno	
	T. A	T. B	T. A	T. B
DIVISÃO RHODOPHYTA				
Ordem Ceramiales				
Família Rhodomelaceae				
<i>Bostrychia calliptera</i>	*	*	*	*
<i>Bostrychia montagnei</i>		*		*
<i>Bostrychia moritziana</i>		*	*	
<i>Bostrychia radicans</i> f. <i>radicans</i>	*	*	*	*
<i>Vertebrata foetidissima</i>				*
Família Delesseriaceae				
<i>Caloglossa confusa</i>	*		*	
<i>Caloglossa ogasawaraensis</i>	*		*	*
Ordem Gigartinales				
Família Caulacanthaceae				
<i>Catenella caespitosa</i>	*		*	
DIVISÃO CHLOROPHYTA				
Ordem Bryopsidales				
Família Udoteaceae				
<i>Boodleopsis pusilla</i>		*	*	*
Ordem Cladophorales				
Família Boodleaceae				
<i>Cladophoropsis membranacea</i>		*	*	*
Ordem Cladophorales				
Família Cladophoraceae				
<i>Pseudorhizoclonium africanum</i>	*	*	*	*
<i>Rhizoclonium riparium</i>	*	*	*	*

A comunidade *Bostrychietum* (Figura 8), formada pelos gêneros *Bostrychia*, *Catenella* e *Caloglossa*, predominou no recobrimento dos substratos caule e pneumatóforo nos períodos chuvoso e seco e sua ocorrência se deu em todos os pontos de coleta na T.A, no substrato solo não houve ocorrência do *Bostrychietum* em nenhuma das transecções nas duas estações do ano. No substrato solo foi observada

a ocorrência somente da espécie *B. radicans* em pequenas quantidades associadas às espécies de Chlorophyta durante os períodos chuvoso e seco.



Figura 8. Comunidade do Bostrychietum em pneumatóforo, onde é possível identificar as espécies *Bostrychia radicans* e *Catenella caespitosa*.

Fonte: Arquivo pessoal.

As algas verdes dos gêneros *Rhizoclonium* e *Pseudorhizoclonium* foram encontradas em pequenas quantidades associadas ao Bostrychietum e aderidas aos substratos caule e pneumatóforo na Transecção A no período chuvoso e seco.

Os gêneros *Boodleopsis*, *Cladophoropsis*, *Rhizoclonium* e *Pseudorhizoclonium* predominaram nos substratos pneumatóforo, solo e caule na T.B no verão e no inverno (Figura 9).



Figura 9. Associação de algas verdes, destaque para as espécies *Boodleopsis pusilla* e *Cladophoropsis membranacea*.

Fonte: Arquivo pessoal.

Observou-se maior ocorrência das espécies *B. calliptera*, *B. radicans*, *P. africanum* e *R. riparium* dentre todas as espécies identificadas, por ter sido encontrado um ou mais exemplares dessas espécies em todas as regiões nas Transecções A e B nos períodos de verão e inverno.

A espécie *V. foetidissima* apresentou a menor ocorrência, tendo sido encontrada somente na região B2 (T.B) no inverno.

As Tabelas 3 e 4 apresentam a ocorrência de algas vermelhas e algas verdes classificadas por substrato, nas quatro regiões das transecções A e B no verão e no inverno, respectivamente.

A Figura 10 destaca o aspecto geral das algas bentônicas identificadas para os dois bosques do Rio Itapanhaú.

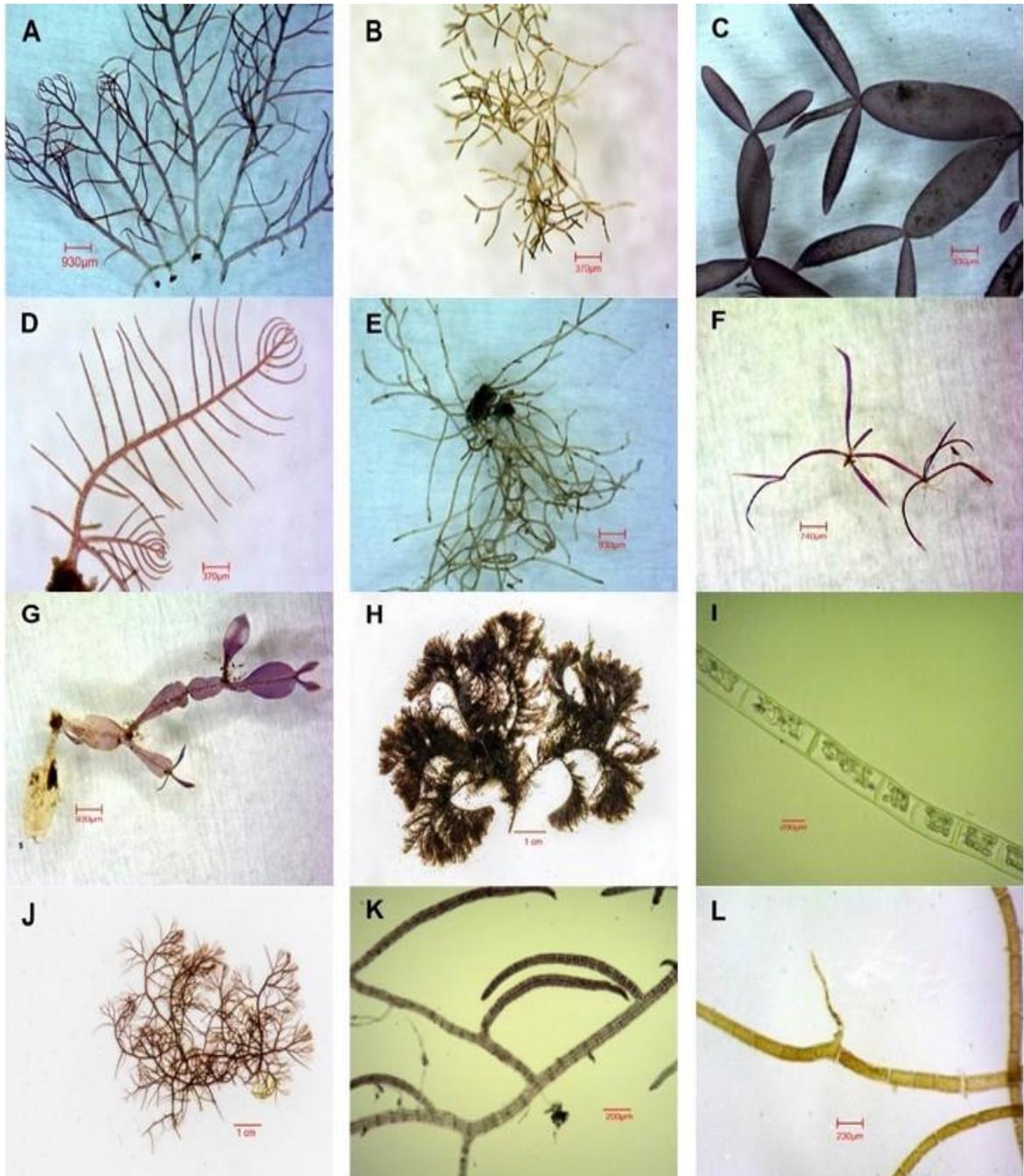


Figura 10. Macroalgas bentônicas no manguezal do rio Itapanhaú, Bertioga - SP. Aspecto geral: A- *Bostrychia radicans*; B- *Boodleopsis pusilla*; C- *Catenella caespitosa*; D- *Bostrychia calliptera*; E- *Cladophoropsis membranacea*; F- *Caloglossa ogasawaraensis*; G- *Caloglossa confusa*; H- *Bostrychia montagnei*; I- *Rhizoclonium riparium*; J- *Bostrychia moritziana*; K- *Vertebrata foetidissima*; L- *Pseudorhizoclonium africanum*.

Fonte: Arquivo pessoal.

Tabela 3. Ocorrência das espécies encontradas no Rio Itapanhaú no verão. As cores utilizadas na tabela representam os gêneros encontrados: as de coloração avermelhada são os gêneros de Rhodophyta e as de coloração esverdeada os gêneros de Chlorophyta.

	TRANSECÇÃO A			TRANSECÇÃO B		
	Pneumatóforo	Caule	Solo	Pneumatóforo	Caule	Solo
1	<i>B. radicans</i>	<i>B. radicans</i>		<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>
	<i>B. calliptera</i>	<i>B. calliptera</i>		<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>
	<i>C. caespitosa</i>	<i>C. caespitosa</i>		<i>R. riparium</i>	<i>P. africanum</i>	<i>R. riparium</i>
		<i>C. ogasawaraensis</i>			<i>B. radicans</i>	
		<i>R. riparium</i>			<i>B. calliptera</i>	
				<i>B. montagnei</i>		
2	<i>B. radicans</i>	<i>B. radicans</i>		<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>
	<i>B. calliptera</i>	<i>B. calliptera</i>		<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>
	<i>C. caespitosa</i>	<i>C. caespitosa</i>		<i>R. riparium</i>	<i>R. riparium</i>	<i>R. riparium</i>
	<i>C. ogasawaraensis</i>				<i>P. africanum</i>	
	<i>P. africanum</i>					
3	<i>B. radicans</i>	<i>B. radicans</i>		<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>
	<i>B. calliptera</i>	<i>B. calliptera</i>		<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>
	<i>C. caespitosa</i>	<i>C. caespitosa</i>		<i>R. riparium</i>	<i>P. africanum</i>	
	<i>C. ogasawaraensis</i>	<i>C. ogasawaraensis</i>		<i>P. africanum</i>	<i>B. radicans</i>	
	<i>R. riparium</i>	<i>R. riparium</i>			<i>B. moritziana</i>	
	<i>P. africanum</i>					
4	<i>B. radicans</i>	<i>B. radicans</i>		<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>
	<i>B. calliptera</i>	<i>B. calliptera</i>		<i>R. riparium</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>
	<i>C. caespitosa</i>	<i>C. caespitosa</i>			<i>P. africanum</i>	<i>B. radicans</i>
	<i>C. ogasawaraensis</i>					
	<i>Caloglossa sp.</i>					

Tabela 4. Ocorrência das espécies encontradas no Rio Itapanhá no inverno. As cores utilizadas na tabela representam os gêneros encontrados: as de coloração avermelhada são os gêneros de Rhodophyta e as de coloração esverdeada os gêneros de Chlorophyta.

	Transecção A			Transecção B		
	Pneumatóforo	Caule	Solo	Pneumatóforo	Caule	Solo
1	<i>B. radicans</i>	<i>B. radicans</i>		<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>
	<i>B. calliptera</i>	<i>B. calliptera</i>		<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>
	<i>C. caespitosa</i>	<i>C. caespitosa</i>		<i>R. riparium</i>	<i>B. montagnei</i>	
	<i>R. riparium</i>			<i>P. africanum</i>	<i>B. calliptera</i>	
2	<i>B. radicans</i>	<i>B. radicans</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>
	<i>B. calliptera</i>	<i>B. calliptera</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>
	<i>C. caespitosa</i>	<i>B. moritziana</i>	<i>P. africanum</i>	<i>B. montagnei</i>	<i>R. riparium</i>	
	<i>C. ogasawaraensis</i>	<i>C. caespitosa</i>		<i>B. radicans</i>	<i>B. radicans</i>	
	<i>C. confusa</i>	<i>R. riparium</i>		<i>V. foetidissima</i>	<i>B. calliptera</i>	
	<i>P. africanum</i>			<i>C. ogasawaraensis</i>		
3	<i>B. radicans</i>	<i>B. radicans</i>		<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>
	<i>C. caespitosa</i>	<i>B. moritziana</i>		<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>
	<i>B. calliptera</i>	<i>B. calliptera</i>		<i>B. montagnei</i>	<i>R. riparium</i>	<i>B. radicans</i>
	<i>C. ogasawaraensis</i>	<i>C. apomeiotica</i>		<i>C. ogasawaraensis</i>	<i>B. calliptera</i>	
	<i>C. confusa</i>	<i>C. confusa</i>				
	<i>P. africanum</i>	<i>P. africanum</i>				
	<i>B. pusilla</i>					
	<i>R. riparium</i>					
4	<i>B. radicans</i>	<i>B. radicans</i>		<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>
	<i>B. calliptera</i>	<i>B. calliptera</i>		<i>P. africanum</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>
	<i>C. caespitosa</i>	<i>C. caespitosa</i>		<i>R. riparium</i>	<i>R. riparium</i>	<i>P. africanum</i>
	<i>C. ogasawaraensis</i>				<i>B. calliptera</i>	

Biomassa

Como resultado estimou-se uma biomassa total média de $79,0 \pm 72,6 \text{ g.m}^{-2}$ ($n=160$) considerando os dois bosques de manguezal nas duas estações do ano, sendo a biomassa de algas vermelhas igual a $39,3 \pm 63,9 \text{ g.m}^{-2}$ ($n=160$) e de algas verdes $39,7 \pm 55,5 \text{ g.m}^{-2}$ ($n=160$).

A média de biomassa entre os grupos Rhodophyta e Chlorophyta, mostra valores numéricos maiores de biomassa no inverno, sendo $56,3 \pm 67,3 \text{ g.m}^{-2}$ ($n=80$) de algas vermelhas e $41,3 \pm 57,0 \text{ g.m}^{-2}$ ($n=80$) de algas verdes. Enquanto no verão, ocorreu $22,1 \pm 55,4 \text{ g.m}^{-2}$ ($n=80$) de algas vermelhas e $38,1 \pm 54,2 \text{ g.m}^{-2}$ ($n=80$) de algas verdes (Gráfico 1).

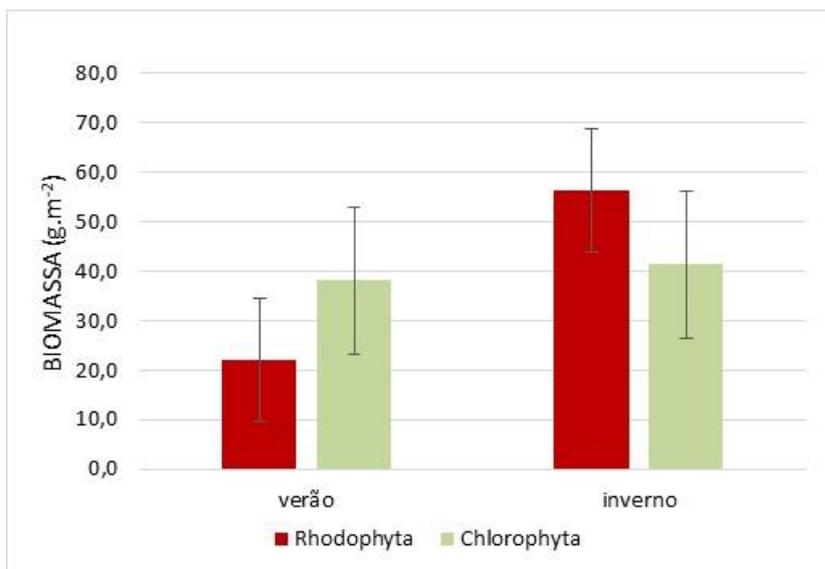


Gráfico 1. Valor médio da biomassa de macroalgas Rhodophyta e Chlorophyta estimadas no verão e no inverno.

Conforme explicado em material e métodos, aplicou-se sete ANOVAs *Three-way*, onde os 3 fatores são: EA (Estação do ano com 2 níveis, verão e inverno), TRAN (Transecto com 2 níveis, T.A e T.B) e LOC (Localização a partir da margem com 4 níveis, correspondes aos locais A1, A2, A3, A4 e B1, B2, B3, B4). As variáveis resposta (Y), num total de 7, são classificadas em cinco bióticas: BR – biomassa de Rhodophyta, BC – biomassa de Chlorophyta, RPN – recobrimento de pneumatóforo, RCA – recobrimento de caule e RSO – recobrimento de solo e duas abióticas: PH - pH e SAL – salinidade.

Inicialmente foi ajustado o modelo completo:

$$Y = \mu + EA + TRAN + LOC + EA*TRAN + EA*LOC + TRAN*LOC + EA*TRAN*LOC + \varepsilon$$

Onde, Y = variável resposta que pode ser uma das 7 definidas acima,

μ - média geral,

EA, TRAN e LOC, definidos acima,

ε - Variável aleatória suposta normal, com variância constante.

Se a interação de segunda ordem EA*TRAN*LOC, não for significativa, ela será incluída na linha do resíduo da ANOVA e assim sucessivamente com as interações de segunda ordem (EA*TRAN, EA*LOC, TRAN*LOC).

Nos casos onde a ANOVA mostrou interação significativa, foram realizados testes de Tukey de comparação de médias *a posteriori*.

A seguir, o resultado completo para a variável BR – biomassa de Rhodophyta, serve como exemplo ilustrativo. Para as seis ANOVAs restantes serão apresentados e analisados apenas os resultados dos testes de Tukey.

Observe na Tabela 5 que a linha da interação de ordem mais alta, a interação de segunda ordem EA*TRAN*LOC não é significativa (P=0.578). Assim, aplicou-se o SYSTAT sem ela. Veja agora que não é possível testar as médias dos efeitos principais porque as interações EA*TRAN (p = 0.000) e TRAN*LOC (p = 0.006) são significativas.

Tabela 5. Resultado ANOVA da interação entre os fatores principais considerando a variável Biomassa de Rhodophyta (BR).

Variável Dependente: BR		N: 160	R: 0.627	R ² : 0.393	
Análise de Variância					
Fatores	Σ dos quadrados	GL	\bar{x} quadrados	F	Valor de p
EA	47673.050	1	47673.050	17.508	0.000
TRAN	38825.481	1	38825.481	14.259	0.000
LOC	81464.641	3	27154.880	9.973	0.000
EA*TRAN	38131.615	1	38131.615	14.004	0.000
EA*LOC	6882.147	3	2294.049	0.842	0.473
TRAN*LOC	35404.343	3	11801.448	4.334	0.006
EA*TRAN*LOC	5396.464	3	1798.821	0.661	0.578
Erro	392100.612	144	2722.921		

GL: Graus de Liberdade; Valor de p: significância p<0,05

A ANOVA também mostrou que a interação EA*LOC não é significativa ($p=0,473$). Assim a interpretação dos efeitos principais não é possível e o teste de Tukey entre as médias tem que ser feito apenas dentro de linhas ou colunas, não pode comparar as médias das células na diagonal. Assim as médias dos efeitos principais (EA, TRAN e LOC) também não podem ser comparados por causa da presença das duas interações significativas. A análise de resíduos mostrou que há *outliers*, para os quais não existe razão para deletá-los, a distribuição dos resíduos não é normal e a presença dos *outliers* implica na heterogeneidade das variâncias. Uma transformação logarítmica da biomassa não corrigiu o problema, mas como o experimento é balanceado a teoria estatística corrente sobre modelos lineares ainda nos dá certa garantia de que a ANOVA ainda é robusta em face a esses problemas (ZAR, 2010). Aplicou-se o teste Tukey apenas das médias abaixo sem cruzar as diagonais.

$$\mu_{BR_{EA1TRAN1LOC2}}^a, \mu_{BR_{EA1TRAN1LOC4}}^a, \mu_{BR_{EA1TRAN1LOC3}}^a, \mu_{BR_{EA1TRAN1LOC1}}^a$$

Note que essas médias são estatisticamente iguais usando-se a técnica de colocar letras minúsculas sobrescritas. Para a interação entre EA1*TRAN2, obteve-se o seguinte resultado, e observando-se que a média referente a EA1TRAN1LOC1 é estatisticamente maior do que as outras três que são iguais entre si:

$$\mu_{BR_{EA1TRAN2LOC1}}^a, \mu_{BR_{EA1TRAN2LOC2}}^b, \mu_{BR_{EA1TRAN2LOC4}}^{b,c}, \mu_{BR_{EA1TRAN2LOC3}}^{b,c}$$

A interação EA2*TRAN1, mostra que a média (EA2TRAN1LOC1) é estatisticamente maior que a média (EA2TRAN1LOC3) e as médias restantes são iguais entre si:

$$\mu_{BR_{EA2TRAN1LOC1}}^a, \mu_{BR_{EA2TRAN1LOC2}}^{a,b}, \mu_{BR_{EA2TRAN1LOC4}}^{a,b,c}, \mu_{BR_{EA2TRAN1LOC3}}^{b,c}$$

Referente à interação entre EA2*TRAN2, observou-se que a média, referente a EA2TRAN2LOC1 é estatisticamente maior que as outras três que são iguais entre si:

$$\mu_{BR_{EA2TRAN2LOC1}}^a, \mu_{BR_{EA2TRAN2LOC2}}^b, \mu_{BR_{EA2TRAN2LOC3}}^{b,c}, \mu_{BR_{EA2TRAN2LOC4}}^{b,c}$$

Os testes de Tukey a seguir referem-se à variável BC – biomassa de Chlorophyta.

O teste de Tukey foi aplicado para avaliação da interação entre os fatores principais EA1*TRAN1, calculado sem a interação de segunda ordem, tendo sido

estimadas quatro médias iguais:

$$\mu_{BC_{EA1TRAN1LOC3^a}}, \mu_{BC_{EA1TRAN1LOC1^a}}, \mu_{BC_{EA1TRAN1LOC2^a}}, \mu_{BC_{EA1TRAN1LOC4^a}}$$

Para a interação entre EA1*TRAN2, obteve-se o seguinte resultado, assim observou-se que as quatro médias são iguais entre si:

$$\mu_{BC_{EA1TRAN2LOC1^a}}, \mu_{BC_{EA1TRAN2LOC2^a}}, \mu_{BC_{EA1TRAN2LOC3^a}}, \mu_{BC_{EA1TRAN2LOC4^a}}$$

A interação EA2*TRAN1, mostrou que as médias iguais entre si:

$$\mu_{BC_{EA2TRAN1LOC4^a}}, \mu_{BC_{EA2TRAN1LOC3^a}}, \mu_{BC_{EA2TRAN1LOC2^a}}, \mu_{BC_{EA2TRAN1LOC1^a}}$$

Referente à interação entre EA2*TRAN2, observou-se que a média (EA2TRAN2LOC1) é estatisticamente maior que a média (EA2TRAN2LOC2) e o restante das médias são iguais duas a duas:

$$\mu_{BC_{EA2TRAN2LOC1^a}}, \mu_{BC_{EA2TRAN2LOC4^{a,b}}}, \mu_{BC_{EA2TRAN2LOC2^{b,c}}}, \mu_{BC_{EA2TRAN2LOC3^{b,c}}}$$

Dados ambientais

▪ Salinidade e pH

A Transecção A apresentou menor salinidade média, sendo $13,1 \pm 1,9$ (n=12) no verão e $11,1 \pm 2,9$ (n=12) no inverno. A transecção B apresentou salinidade média maior, sendo $35,9 \pm 3,0$ (n=12) na estação chuvosa e $27,6 \pm 2,6$ (n=12) na estação seca.

O Gráfico 5 mostra a salinidade média obtida nos quatro locais avaliados em cada transecção (T.A e T.B) nas estações chuvosa e seca respectivamente.

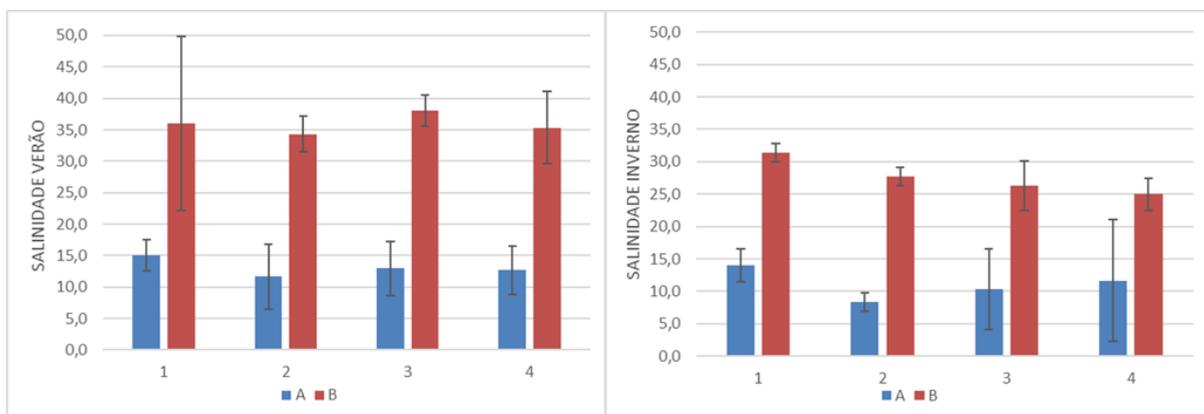


Gráfico 2. Salinidade média mensurada em cada local (1, 2, 3 e 4) das Transecções A e B na estação verão e inverno. As linhas correspondem ao intervalo de confiança.

Para os dados de salinidade serão apresentados e analisados apenas os resultados dos testes de Tukey.

Os resultados obtidos da interação EA*TRAN são expressos a seguir, e o resultado de Tukey, sem as interações de segunda e de primeira ordem, mostrou que há diferença entre T.A e T.B nas duas estações do ano.

$$\mu\text{SALEA1TRAN2}^a, \mu\text{SALEA2TRAN2}^b, \mu\text{SALEA1TRAN1}^{c,d}, \mu\text{SALEA2TRAN1}^d$$

O pH verificado nos dois bosques do Rio Itapanhaú foi de $7,0 \pm 1,1$ ($n=12$) em média. O valor médio de pH obtido na Transecção A foi de $7,5 \pm 0,5$ ($n=12$) e para a Transecção B foi de $5,6 \pm 1,2$ ($n=12$).

O resultado obtido da interação EA*TRAN expresso a seguir, sem as interações de segunda e de primeira ordem, mostrou que há diferença entre T.A e T.B nas duas estações do ano.

$$\mu\text{PHEA2TRAN1}^a, \mu\text{PHEA1TRAN1}^{a,b}, \mu\text{PHEA2TRAN2}^{a,b,c}, \mu\text{PHEA1TRAN2}^d$$

▪ Luminosidade

A abertura do dossel permitiu verificar o potencial de luminosidade em cada ponto de amostragem onde coletou-se os dados para recobrimento. A média dos percentuais obtidos em cada local estão na Tabela 6 acompanhados do respectivo desvio padrão e do tamanho da amostra ($n= 160$).

Tabela 6. Percentual médio de abertura do dossel indicando o potencial de luminosidade em cada local nas Transecções A e B, ($n= 160$).

	ABERTURA DO DOSSSEL (%)	
	VERÃO	INVERNO
A1	24,7± 7,4	35,7±11,5
A2	17,7±9,6	32,8±11,9
A3	37,2±21,5	47,8±18,4
A4	24,2±5,1	34,3±11,5
B1	20,4±3,4	28,2±6,8
B2	22,4±3,2	25,3±3,2
B3	25,4±3,2	31,7±5,9
B4	28,3±3,3	34,1±6,7

Um teste t – pareado entre esses oito pares de médias mostra que o percentual médio de luminosidade no inverno é significativamente maior que o do verão ($p=0,0078$). Assim, a média geral do percentual médio de luminosidade no verão foi estimada como $(25,0\pm 10,4dp; (n= 80))$ enquanto que no inverno foi $(33,7\pm 11,8; n= 80)$. A abertura do dossel obtida na T.A no verão ocorreu menor percentual médio de luminosidade, enquanto no inverno o percentual médio foi maior.

▪ Pluviosidade

A precipitação registrada nos 90 dias que antecederam as coletas foi de 637,92 mm de novembro a fevereiro de 2017 e precipitação de 392,65 mm de maio a agosto de 2017 (CEMADEN). A pluviosidade média anual da região é de 2.689 mm.

A pluviosidade total mais alta foi verificada no mês de janeiro (469,64 mm), enquanto a mais baixa, durante o período do estudo, foi verificada no mês de julho (32,21 mm).

Recobrimento

O manguezal do Rio Itapanhaú apresentou percentual médio de $8,8\pm 10,2$ ($n=160$) na área de cobertura dos substratos por macroalgas bentônicas, tendo sido obtido o menor percentual no verão ($5,5\pm 7,4; n= 80$) e maior no inverno ($12,1\pm 11,5; n= 80$), Gráfico 2.

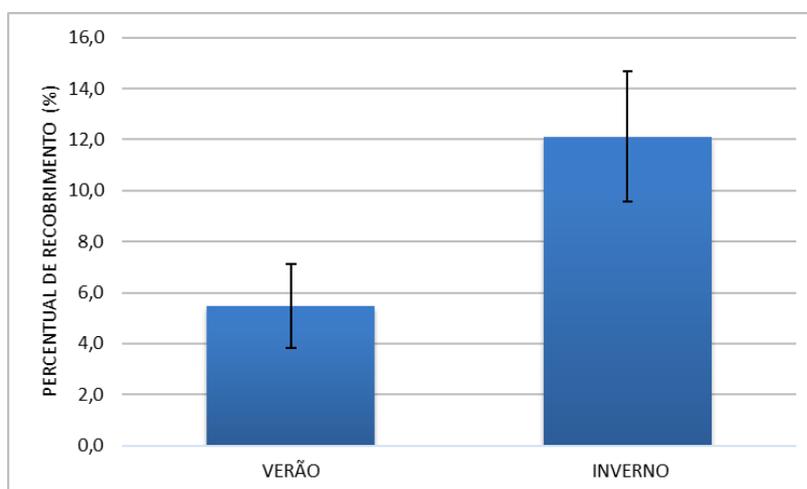


Gráfico 3. Percentual médio de recobrimento do substrato por macroalgas no manguezal no verão e no inverno. As linhas correspondem ao intervalo de confiança.

O recobrimento foi testado considerando os três tipos de substratos avaliados: pneumatóforo, caule e solo, cada um correspondendo a uma variável na ANOVA *three-way*.

Aplicou-se o teste de Tukey entre as médias obtidas, sem cruzar as diagonais, devido a presença das interações significativas.

De acordo com o teste, a interação entre os fatores principais EA1*TRAN1, apresenta-se as quatro médias iguais:

$$\mu\text{RPN}_{\text{EA1TRAN1LOC3}^a}, \mu\text{RPN}_{\text{EA1TRAN1LOC1}^a}, \mu\text{RPN}_{\text{EA1TRAN1LOC4}^a}, \mu\text{RPN}_{\text{EA1TRAN1LOC2}^a}$$

Para a interação entre EA1*TRAN2, obteve-se o seguinte resultado:

$$\mu\text{RPN}_{\text{EA1TRAN2LOC1}^a}, \mu\text{RPN}_{\text{EA1TRAN2LOC2}^{a,b}}, \mu\text{RPN}_{\text{EA1TRAN2LOC4}^{b,c}}, \mu\text{RPN}_{\text{EA1TRAN2LOC3}^{b,c}}$$

A interação entre EA2*TRAN1, mostrou que as médias iguais entre si:

$$\mu\text{RPN}_{\text{EA2TRAN1LOC2}^a}, \mu\text{RPN}_{\text{EA2TRAN1LOC3}^a}, \mu\text{RPN}_{\text{EA2TRAN1LOC4}^a}, \mu\text{RPN}_{\text{EA2TRAN1LOC1}^a}$$

Referente à interação entre EA2*TRAN2, observou-se:

$$\mu\text{RPN}_{\text{EA2TRAN2LOC1}^a}, \mu\text{RPN}_{\text{EA2TRAN2LOC2}^b}, \mu\text{RPN}_{\text{EA2TRAN2LOC4}^{b,c}}, \mu\text{RPN}_{\text{EA2TRAN2LOC3}^{b,c}}$$

Os testes de Tukey abaixo referem-se à variável RCA – Recobrimento de caule, com a interação de segunda ordem (EA*TRAN*LOC).

O teste de Tukey foi aplicado para avaliação da interação entre os fatores principais que apresentaram diferença significativa.

O resultado de Tukey, sem as interações de segunda e de primeira ordem, mostrou que o recobrimento do substrato caule é diferente nas duas estações, verão e inverno:

$$\mu\text{RCA}_{\text{EA2}^a}, \mu\text{RCA}_{\text{EA1}^b}$$

Quanto à aplicação do teste na análise do recobrimento de caule nas duas transecções, foi observado uma diferença entre as duas:

$$\mu\text{RCA}_{\text{TRAN2}^a}, \mu\text{RCA}_{\text{TRAN1}^b}$$

Comparando os locais (LOC), que correspondem à distância da margem, em relação à área de recobrimento, observou-se que:

$$\mu\text{RCA}_{\text{LOC3}^a}, \mu\text{RCA}_{\text{LOC2}^{a,b}}, \mu\text{RCA}_{\text{LOC4}^{a,b,c}}, \mu\text{RCA}_{\text{LOC1}^{b,c}}$$

Os testes de Tukey abaixo referem-se à variável RSO – Recobrimento de solo, com a interação de segunda ordem (EA*TRAN*LOC).

Considerando as interações da tabela não apresentada aqui, a interação de segunda ordem (EA*TRAN*LOC) não é significativa ($p=0.64801667$). Uma nova análise (ANOVA trifatorial) foi feita desconsiderando tal interação. Também foi possível observar que interações de primeira ordem (EA*LOC e TRAN*LOC) não são significativas, sendo então realizadas novas análises retirando-as uma a uma. Mesmo mantendo apenas a interação significativa entre EA e TRAN, as médias dos efeitos principais não foram significativas, assim foram retirados os quatro locais (LOC) da análise, mantendo apenas EA, TRAN e a interação entre as mesmas (EA*TRAN). Após a realização da análise de variância (ANOVA *Two Way*) é possível notar que apenas essa interação foi significativa ($p=0.04117538$), finalizando a análise, uma vez que um novo refinamento não seria adequado.

A transecções não apresentaram um padrão de distribuição espacial no recobrimento dos substratos na estação chuvosa, porém, na estação seca foi observado um gradiente na cobertura dos substratos pelas algas, com 34% de recobrimento do substrato na região B1, na franja do manguezal, diminuindo gradativamente em direção à terra firme, na região B4 com 9,2% de cobertura do substrato (Gráfico 3).

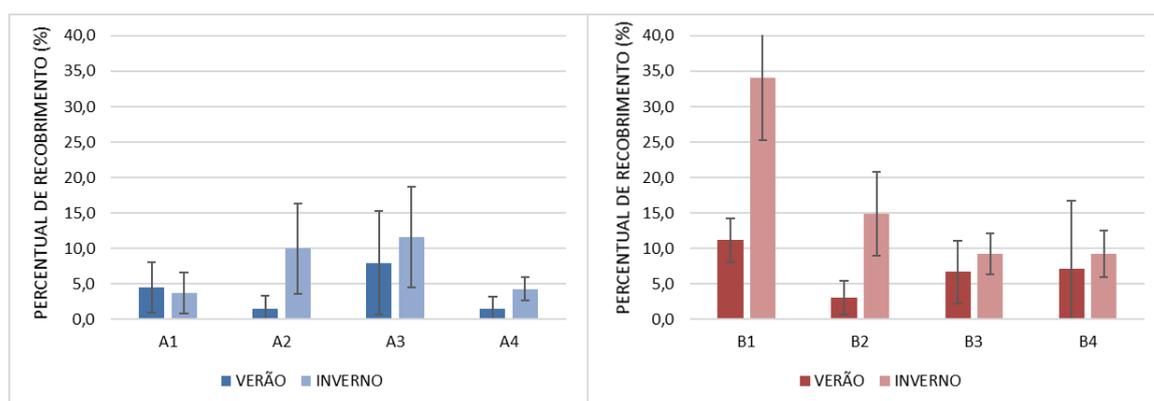


Gráfico 4. Percentual médio de recobrimento do substrato em cada local da Transecção A (lado esquerdo) e Transecção B (lado direito) no período verão e inverno. As linhas correspondem ao intervalo de confiança.

A maior parte das algas foram encontradas aderidas a pneumatóforos, na sequência aderidas a caules e uma pequena parte no solo. Esse resultado se repete

nas duas estações do ano considerando os dados encontrados nas duas transecções (Gráfico 4).

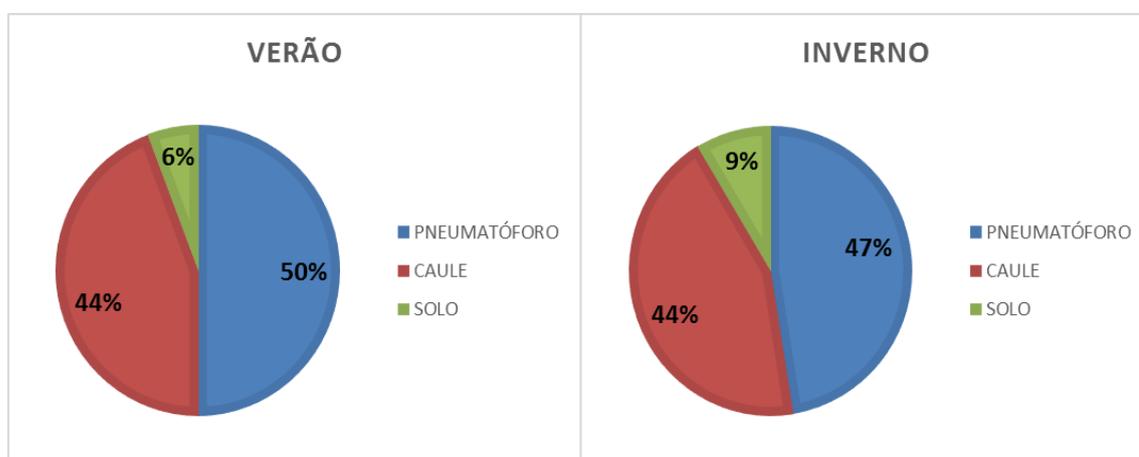


Gráfico 5. Percentual médio de recobrimento das algas nos três substratos avaliados no manguezal do Rio Itapanhaú durante verão e inverno.

DISCUSSÃO

O número de táxons identificados no manguezal do Rio Itapanhaú era esperado para essa região e apresentou composição semelhante a outros manguezais do sudeste brasileiro de acordo com Yokoya et al. (1999); Machado & Nassar (2007) e Sena (2016). Os manguezais do litoral paulista ocorrem em ambientes estuarinos com substrato lodoso, alta turbidez na água e grandes variações de salinidade, apresentando baixa diversidade de espécies de macroalgas (OLIVEIRA, 1984). Esses fatores influenciam na composição e na diversidade da assembleia algácea nesse ambiente.

Conforme levantado anteriormente, a ocorrência das espécies identificadas nesse estudo apresenta semelhança na composição em comparação com outras localidades. Na Ilha Barnabé, em Santos (SP), Sena et al. (2016) registraram a ocorrência de 15 táxons. Riqueza semelhante também foi relatada na lista de espécies descritas em um manguezal de Ubatuba, SP onde Machado & Nassar, (2007) identificaram 13 espécies de algas. Na Ilha do Cardoso, SP, Yokoya et al. (1999) encontraram 18 táxons de macroalgas no manguezal. Composição semelhante foi detectada por Fontes et al. (2017) em estudos realizados na Praia de Boa Viagem em São José de Ribamar, MA, com nove espécies descritas. Em São Luiz do Maranhão,

MA Cutrim (1998) identificou 19 espécies.

As angiospermas encontradas no manguezal do Rio Itapanhaú proporcionam substratos apropriados para o crescimento de diferentes associações de algas (COLPO et al., 2004). O Bostrychietum, comunidade composta pelos gêneros *Bostrychia*, *Catenella* e *Caloglossa*, encontra-se associado a essa vegetação, fixado ao tronco, raiz e pneumatóforo (POST, 1938; POST, 1968; YOKOYA et al., 1999). Essa associação predominou no substrato pneumatóforo e caule. As algas encontradas aderidas a pneumatóforos, com *Bostrychia* e *Catenella* predominando, foi semelhante a resultados observados em estudos anteriores (MELVILLE & PULKOWNIK, 2007; FONTES et al., 2007b; GARCIA et al., 2016).

A comunidade do Bostrychietum no manguezal ocorreu em todos os pontos de coleta na T.A nas estações verão e inverno; resultado semelhante foi encontrado em outros manguezais brasileiros (CUTRIM et al., 2004; SENA, 2016; FONTES et al., 2017). Na T.B a comunidade de macroalgas que predomina é constituída por Chlorophyta em associação a Rhodophyta. Entre as algas vermelhas, houve um predomínio do gênero *Bostrychia* nessa transecção, com *B. radicans*, *B. calliptera* e *B. montagnei*. A espécie *B. radicans* é frequentemente citada como uma espécie que apresenta alta resistência às variações de salinidade (CUNHA & COSTA, 2002). Na costa do Pacífico colombiano, Estupiñan & Velasco (2007) concluíram que em relação à abundância na comunidade do Bostrychietum, o gênero *Bostrychia* apresenta maior cobertura em relação aos gêneros *Catenella* e *Caloglossa* que apresentaram os menores valores de cobertura, evidenciando a característica eurihalina de *Bostrychia*, que pode tolerar mudanças drásticas de salinidade em curtos períodos de tempo. A abundância do gênero *Bostrychia* também apresentou maior cobertura no manguezal do Rio Itapanhaú.

No presente estudo, observou-se uma diferença na composição qualitativa das espécies de algas quando comparadas as duas transecções. Essa diferença pode ocorrer em função da variação da salinidade nos dois bosques, uma vez que as duas transecções apresentam salinidades estatisticamente diferentes.

Na estação chuvosa, as algas vermelhas predominam na transecção A, à montante do rio, enquanto as algas verdes predominam na transecção B, próxima à foz. Na estação seca, também ocorre predomínio de algas vermelhas na T.A, quando comparada à T.B.

A composição de algas vermelhas apresentou maior ocorrência na T.B no inverno em relação ao que foi observado no verão, mas ainda assim, a ocorrência de algas verdes mostrou-se predominante na transecção B no período do inverno.

No entanto, estudos realizados em manguezais da Baía de Babitonga-SC, mostram que a composição das espécies variou acentuadamente em função da oscilação da salinidade. Nesse local, houve maior diversidade de espécies em áreas com maior salinidade e a redução da diversidade de algas está relacionada à menor tolerância desses organismos a baixas salinidades (CUNHA & COSTA, 2002).

Cutrim et al. (2004) relatam maior diversidade de macroalgas bentônicas para os manguezais de São Luís do Maranhão - MA relacionada às adaptações e tolerância desses organismos à dessecação.

As distribuições horizontal e vertical do *Bostrychietum* em Caño Mánamo, Venezuela estão relacionadas aos fatores abióticos da região como por exemplo salinidade, turbidez e inundação (BARRIOS & GARCÍA, 2013). A composição da comunidade ficológica indicada para estudos desenvolvidos na região de Caño Mánamo e Golfo de Santa Fé, Venezuela, é semelhante aos registros indicados para o manguezal do Rio Itapanhaú. Porém, a diversidade de espécies identificadas nesse estudo é menor quando comparadas a essas regiões.

As espécies encontradas na área avaliada foram citadas em estudos realizados no manguezal do Sistema Kosi, África do Sul por Steinke et al. (2003), onde a distribuição e frequência das algas epífitas nessa região são influenciadas pela salinidade e dessecação.

A associação de macroalgas do *Bostrychietum* aderidas à vegetação típica de manguezal é descrita como frequente para o litoral australiano, sendo a maior diversidade de macroalgas bentônicas encontradas no norte da Austrália (KING & PUTTOCK, 1994), a distribuição das macroalgas em manguezais australianos também está relacionada a fatores abióticos como salinidade, quantidade de luz e dessecação.

O valor de biomassa total mensurado no manguezal do Rio Itapanhaú ($79,0 \pm 72,6$ g.m⁻²; n= 160) foi considerado baixo quando comparado aos valores encontrados em outros manguezais brasileiros. As biomassas de Rhodophyta e Chlorophyta são muito semelhantes, sendo a média de biomassa de algas vermelhas igual a $39,3 \pm 63,9$ g.m⁻² e de algas verdes $39,7 \pm 55,5$ g.m⁻². Um levantamento realizado por Machado &

Nassar (2007) em Picinguaba, Ubatuba- SP aponta valores de biomassa na ordem 160,17 g.m⁻² no rio Fazenda durante o período seco. Em Vila Velha- MA foi registrado o valor total de biomassa de macroalgas de 253,2 g.m⁻² no período chuvoso (FONTES & PEREIRA, 2007b).

Os resultados apresentados nesse estudo indicam valores numéricos mais altos de biomassa no período seco.

Estudos realizados por Cunha et al. (2000) relatam hipóteses de que a tendência de sazonalidade na biomassa de macroalgas pode estar relacionada com fatores ambientais como precipitação, salinidade e frequência de alagamento. Em outro trabalho, Cunha & Costa (2002) relatam a influência da salinidade na composição da comunidade algácea e na biomassa das algas.

Essas hipóteses podem ser indicadas ainda para explicar as diferenças numéricas detectadas na biomassa total entre as transecções A e B. Nos bosques estudados, a biomassa total foi numericamente maior na transecção B próxima à foz, onde a salinidade é maior. A salinidade pode também influenciar na distribuição e na biomassa de Rhodophyta que numericamente apresenta maior biomassa no bosque com menor salinidade (T.A), enquanto Chlorophyta apresenta maior biomassa no bosque onde a salinidade é maior (T.B).

Estudos realizados com algas da espécie *Bostrychia radicans* coletadas na costa leste dos Estados Unidos, por Karsten et al. (1994), indicam que o melhor desenvolvimento dessa espécie ocorreu em salinidades variando de 15 a 25. Esses valores são semelhantes aos valores médios de salinidade encontrados nos dois locais avaliados, proporcionando um ambiente favorável ao desenvolvimento dessas algas.

As variações temporais na distribuição de macroalgas estão relacionadas à temperatura, tempo de emersão e níveis de maré, enquanto que variações espaciais são influenciadas pela luminosidade e salinidade (YOKOYA et al., 1999).

Através da ANOVA *three-way* foi possível detectar as interações entre a variável biomassa com os fatores estação do ano, transecção e distância da margem. As biomassas de Rhodophyta e de Chlorophyta apresentaram interação significativa entre as estações (verão e inverno) e as transecções (T.A e T.B). A interação entre as transecções e a distância da margem, dos locais amostrados também foi significativa para os dois grupos de algas. A influência da sazonalidade sobre o desenvolvimento

das macroalgas está mais relacionada à pluviosidade e conseqüentemente à variação da salinidade no ambiente do que à temperatura. O teste de Tukey indica que ocorreram maiores valores de biomassa de algas vermelhas e de algas verdes no inverno do que no verão nas duas transecções. Em relação à distância da margem o teste de Tukey mostrou que ocorreu maior biomassa de Rhodophyta na franja do manguezal, próximo ao rio, e diminui em média em direção ao interior do bosque nas duas transecções no verão e no inverno. Os valores de biomassa de Chlorophyta apresentaram-se em média, iguais nos quatro locais das transecções A e B nas duas estações do ano, recobrando principalmente os substratos pneumatóforos e solo.

O gradiente de dessecação na transecção apresenta uma variação na biomassa no sentido da margem em direção ao interior do manguezal. Essa diferença pode estar relacionada à frequência de inundação e ao substrato. Nessa região, a frequência de alagamento é alta e as algas não sofrem o estresse provocado pela dessecação (CUNHA et al., 2000), favorecendo seu desenvolvimento. O tipo de substrato lodoso não é um ambiente favorável ao desenvolvimento da maioria das espécies das algas bentônicas. O tipo de substrato duro, como pneumatóforos, raízes e troncos torna-se mais favorável ao desenvolvimento de macroalgas (DE PAULA et al., 1989).

Os fatores abióticos são apontados em diversos estudos como determinantes para o desenvolvimento de comunidades aquáticas, em relação à dominância de espécies em ambiente euhalino, mesohalino e oligohalino, bem como na distribuição espacial e cobertura da comunidade algácea em ambientes de manguezal (YOKOYA et al., 1999; BOUZON & OURIQUES, 1999; MACHADO & NASSAR, 2007; CUNHA & COSTA, 2002; CUNHA & DUARTE, 2010).

A salinidade do bosque A, mais a montante do rio, onde ocorre o limite do manguezal, apresenta-se dentro da classificação do CONAMA para águas salobras, com salinidade entre 0,5 e 30. O bosque B apresenta maior salinidade devido à sua proximidade com o canal de Bertioga. Nessa transecção, o aporte de água salgada é alto e por esse motivo, é classificada como água salina, com salinidade igual ou superior a 30 (CONAMA 357/2005).

A salinidade das transecções A e B apresentaram diferença estatística na interação entre a estação do ano e a transecção. A ANOVA mostrou que T.B é estatisticamente diferente da T.A nas duas estações.

O pH verificado nos dois bosques de manguezal do Rio Itapanhaú apresentou

caráter neutro nas duas transecções, proporcionando condições favoráveis ao crescimento algáceo. O valor do pH estabelecido como padrão em águas salobras e salinas ocorre entre 6,5 a 8,5 (CONAMA 357/2005).

A ANOVA mostrou interação significativa entre a variável pH e os fatores estação do ano e transecções e também entre estação do ano e distância da margem. Os resultados indicados no teste de Tukey mostraram que as duas transecções apresentaram valores de pH semelhantes no período do inverno com caráter neutro. No período do verão, a T.B apresentou pH menor e com caráter ácido do que o pH neutro registrado na T.A. Essa alteração pode estar relacionada à interferência antrópica devida à proximidade da Transecção B com a área urbanizada.

A precipitação pluvial da região pode estar relacionada com uma tendência de sazonalidade na distribuição das macroalgas, podendo exercer influência em relação à frequência de alagamento e na salinidade. Segundo Cunha & Costa (2002) durante o período de maior pluviosidade, a precipitação melhora as condições para o desenvolvimento das algas. Porém, no presente estudo a riqueza da comunidade algácea e sua biomassa foram numericamente maiores no período seco. Esse resultado pode estar relacionado à atípica pluviosidade elevada durante o período do estudo.

A luminosidade mostrou-se estatisticamente maior no inverno, o que pode implicar no maior percentual de recobrimento do substrato nesse período. Em um estudo sobre a produção de serapilheira realizado por Lamparelli et al. (2000) no manguezal do Rio Itapanhaú, a queda de folhas apresenta um pico no outono e as menores taxas ocorreram em setembro. Esse resultado pode explicar a maior abertura do dossel verificado no presente estudo, pois as coletas de inverno ocorreram no final do período seco.

A área de recobrimento apresenta em média, numericamente, um aumento na cobertura dos substratos avaliados na estação seca em relação à estação chuvosa. Um estudo não publicado pelo Prof^o. Dr. João Marcos Miragaia Schmiegelow (UNISANTA – Departamento de Biologia. Informação pessoal, 2009) avaliou a área de recobrimento de macroalgas em diferentes locais do Sistema Estuarino de Santos e detectou em Bertioga a maior cobertura do substrato (23,2%) por essa comunidade no período de estiagem.

Esse resultado pode estar relacionado com a maior abertura do dossel e

consequentemente o aumento no potencial luminoso mensurado nesse período.

Barrios & Garcia (2013) estudaram a composição e distribuição da comunidade de macroalgas associadas às raízes de mangue nas localidades de caño Mánamo, Venezuela e relatam a resistência desses organismos em relação às variações de salinidade e baixos níveis de iluminação. Yokoya et al. (1999) concluíram que a variação espacial das macroalgas no manguezal está relacionada aos fatores ambientais de salinidade e luminosidade.

A alta incidência de luz pode contribuir para o aumento da dessecação. Em áreas mais sombreadas, ocorre maior biomassa devido a menores efeitos da dessecação, a ampla distribuição das macroalgas em ambiente de manguezal está associada à adaptação e tolerância dessas espécies à dessecação (CUTRIM, 1998).

Numericamente, ocorreu um aumento na distribuição espacial das macroalgas no bosque B nas duas estações do ano. Nesse bosque a salinidade é maior e esse fator pode estar relacionado à distribuição espacial da comunidade algácea, corroborando os resultados apresentados nesse estudo em relação aos valores de biomassa. Resultados semelhantes são apresentados em estudos desenvolvidos em outras localidades da região sudeste (MACHADO & NASSAR, 2007).

Em geral, as transecções não apresentaram um gradiente no recobrimento do substrato, ocorrendo alterações ao longo do transecto na T.A, como o aumento no percentual de cobertura nas regiões intermediárias A2 e A3. Nesses locais, a disponibilidade de pneumatóforos servindo como substrato foi maior que na região próxima à orla e na porção final da transecção. Resultado semelhante foi detectado em Vila Velha, Pernambuco (Fontes et al., 2007b).

O gradiente na distribuição espacial em T.B na estação seca pode estar relacionado ao aumento na abertura do dossel durante esse período, contribuindo com maior luminosidade nos pontos em que ocorreram as mensurações do recobrimento. Conforme discutido anteriormente, alguns autores indicam o fator luminosidade como determinante para maior área de cobertura das algas em diferentes substratos no manguezal (CUTRIM, 1998; YOKOYA et al. 1999).

A cobertura espacial das macroalgas bentônicas no manguezal do Rio Itapanhaú também está relacionada à disponibilidade de substratos duros nesse ambiente. Este estudo mostra que há um predomínio de algas aderidas aos pneumatóforos e troncos, substratos ideais para o desenvolvimento da comunidade algácea no manguezal. Isso

também ocorreu em um estudo não publicado por Schmiegelow no Sistema Estuarino de Santos (informação pessoal, 2009). Resultados semelhantes foram verificados por Fernandes et al. (2005) em Bragança – PA, onde a distribuição espacial das algas ocorreu em raízes e troncos das espécies arbóreas que compõem a paisagem do manguezal. O solo não representa um substrato adequado para o desenvolvimento das algas por apresentar-se constantemente encharcado.

Em relação à cobertura de pneumatóforos, o recobrimento é igual nas quatro localidades da T.A conforme apresentado pela ANOVA *three-way* tanto no verão como no inverno. Na T.B a ANOVA *three-way* mostrou diferença entre as localidades, sendo a região da franja (L1) a maior em cobertura de pneumatóforos que os demais locais (L2, L3, L4) também nas duas estações do ano. O recobrimento do caule não apresentou interação significativa entre os fatores. O teste de Tukey indicou diferença no percentual de recobrimento de caule, no inverno é maior que no verão. Em relação às transecções, T.B apresenta maior percentual de recobrimento de caule do que na T.A. Os locais intermediários são maiores percentuais de recobrimento de caule que a porção final e a franja do manguezal. A ANOVA detectou interação significativa entre a estação do ano e a transecção, na T.B o percentual de recobrimento do solo é maior que na T.A.

A conclusão da análise mostrou maior relação entre a distância da margem e o percentual de recobrimento do que com os outros fatores ambientais testados (salinidade e pH). A distância das localidades exerce influência devido à maior frequência de alagamento na franja do manguezal e maior período de dessecação nos locais intermediários e na porção final em direção à terra firme.

Os resultados apresentados não permitem concluir sobre um padrão de zonação na distribuição espacial das macroalgas no manguezal do Rio Itapanhaú, o que sugere a necessidade de desenvolver estudos em todas as estações do ano para estabelecer um padrão na distribuição espacial e temporal das algas nesse ambiente.

CONCLUSÕES

O manguezal do Rio Itapanhaú apresentou composição e biomassa de macroalgas bentônicas semelhantes a outros manguezais da região sudeste e demais regiões brasileiras. Foram encontrados 12 táxons, sendo oito Rhodophyta e quatro

Chlorophyta. Essas algas são encontradas aderidas principalmente em pneumatóforos, seguido do substrato caule e em menor quantidade no solo. Houve predomínio de algas vermelhas na transecção A, onde a salinidade média é menor que na B onde predominaram as algas verdes, sugerindo uma relação entre a salinidade e a composição da comunidade.

A biomassa total encontrada no Rio Itapanhaú foi $79,0 \pm 72,6$ g.m², sendo $(39,3 \pm 63,9)$ g.m² Rhodophyta e $(39,7 \pm 55,5)$ g.m² Chlorophyta. O período seco apresentou biomassa foi maior, esse resultado é diferente dos valores encontrados em estudos anteriores para outras localidades que indicam maior biomassa no período chuvoso. Os valores de biomassa obtidos em cada transecção confirmaram o resultado observado na composição algácea com predomínio de Rhodophyta na T.A e de Chlorophyta na T.B. A posição em relação à margem do rio também exerceu influência na distribuição e biomassa das algas no manguezal possivelmente devido ao período de dessecação a que esses organismos são expostos. Observou-se um gradiente no sentido da margem para o interior do manguezal, com biomassa maior na região 1 decrescendo ao longo da transecção até a porção final do transecto.

O maior valor de recobrimento do substrato foi observado no período seco. Não foi observado um padrão na distribuição espacial das macroalgas, exceto no período do inverno na T.B onde ocorreu um gradiente na cobertura dos substratos no sentido da margem para terra firme. O substrato pneumatóforo apresentou o maior percentual de cobertura, seguido do substrato caule e a menor cobertura do substrato nesse ambiente ocorreu no solo.

Fatores abióticos como salinidade e luminosidade, levantados nesse estudo, podem influenciar a composição, a distribuição espacial e a biomassa das macroalgas no manguezal, sugerindo a necessidade de aprofundamento no assunto.

A principal justificativa para o desenvolvimento de mais estudos deve-se à necessidade de monitoramento dessa região. A composição e a distribuição espacial e temporal das algas bentônicas nesse manguezal podem ser alteradas caso seja concluída a obra de transposição para aproveitamento da bacia do Rio Itapanhaú para o abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo decorrente da diminuição da vazão de água doce e do maior aporte de água salgada no rio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRIOS, Jorge E.; MÁRQUEZ, Brightdoom; JIMÉNEZ, Mayré. Macroalgas asociadas a *Rhizophora mangle* L. en el golfo de Santa Fe, Estado Sucre, Venezuela. 2003.
- BARRIOS, Jorge; GARCÍA, Gabriela. Macroalgas Asociadas A Raíces De Mangle De Caño Mánamo, Estado Delta Amacuro, Venezuela. Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela, v. 52, n. 1, 2013.
- BLOCH, Christopher P.; KLINGBEIL, Brian T. Anthropogenic factors and habitat complexity influence biodiversity but wave exposure drives species turnover of a subtropical rocky inter-tidal metacommunity. *Marine ecology*, v. 37, n. 1, p. 64-76, 2016.
- BURKHOLDER, Paul R.; ALMODÓVAR, Luis R. Studies on mangrove algal communities in Puerto Rico. *Florida Scientist*, p. 66-74, 1973.
- CEMADEN, cemaden.gov.br/mapainterativo - 350635902A. CEMADEN. JardimLido, BERTIOGA – SP [-23.847][[-46.142]. Acesso em 2018-01-20
- CETESB. 1991. Avaliação do estado da degradação dos ecossistemas da Baixada Santista. CETESB, São Paulo.
- CHEN, R. & TWILLEY, R.R. 1999. Patterns of mangrove forest structure and soil nutrient dynamics along the Shark river estuary, Florida. *Estuaries* 22(4): 955-970.
- COELHO, P. A. *et al.* A fauna bêntica do Estado de Pernambuco. *Oceanografia: um cenário tropical* (E. Eskinazi-Leça, S. Neumann-Leitão & MF Costa, eds.). Bagaço, Recife, p. 477-528, 2004.
- COLPO, Karine Delevati; NEGREIROS-FRANSOZO, Maria Lucia. Comparison of the population structure of the fiddler crab *Uca vocator* (Herbst, 1804) from three subtropical mangrove forests. *Scientia Marina*, p. 139-146, 2004.
- CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Publicada no DOU nº 053, 18/03/2005. Disponível em <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em 27/04/2018.
- CORDEIRO-MARINO, M., 1978. Rodofíceas Bentônicas Marinhas do Estado de Santa Catarina. *Rickia - Arquivos de Botânica do Estado de São Paulo, Série Criptogâmica*, v.7.
- CUNHA, S. R. *et al.* Seaweed Distribution And Biomass In A Mangrove Of Baía Da Babitonga, SC: Preliminary Results Distribuição E Biomassa De Macroalgas Em Um Manguezal Da Baía Da Babitonga, SC: Resultados Preliminares. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 2000.
- CUNHA, S. R. da; COSTA, C. S. Gradientes de salinidade e frequência de alagamento

- como determinantes da distribuição e biomassa de macroalgas associadas a troncos de manguezais na Baía de Babitonga, SC. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v. 6, n. 1, p. 93-102, 2002.
- CUNHA, S. R.; DUARTE, N. R. Taxas fotossintéticas e respiratórias de macroalgas do gênero *Bostrychia* (Rhodomelaceae, Rhodophyta). *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v. 6, n. 1, p. 103-110, 2010.
- CUTRIM, Marco Valério Jansen. Distribuição espaço-temporal de macroalgas em troncos e pneumatóforos de *Avicennia Germinans* (L.) Stearn em duas áreas de mangues da ilha de São Luís-MA. Brasil. 1998. Tese de Doutorado.
- CUTRIM, Marco Valério Jansen; DA SILVA, Edison Fernandes; DE AZEVEDO, Andrea Christina Gomes. Distribuição vertical das macroalgas aderidas em rizóforos de *Rhizophora mangle* Linnaeus nos manguezais de Parna-Açu e Tauá-Mirim (Ilha de São Luís/MA-Brasil). *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, v. 17, n. 1, 2004.
- DE PAULA, Édison José; UGADIM, Yumiko; KANAGAWA, Amelia laeca. Macroalgas de Manguezais da Ilha de Maracá-Estado do Amapá, Brasil. *INSULA Revista de Botânica*, v. 19, p. 95-114, 1989.
- DÍAZ-TAPIA, Pilar *et al.* The genera *Melanothamnus* Bornet & Falkenberg and *Vertebrata* SF Gray constitute well-defined clades of the red algal tribe Polysiphonieae (Rhodomelaceae, Ceramiales). *European Journal of Phycology*, v. 52, n. 1, p. 1-30, 2017.
- ESTON, V. R. *et al.* Mangrove macroalgae in southeastern Brazil: spatial and temporal patterns. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 51, n. 4, p. 829-837, 1992.
- ESTUPIÑAN, Rodrigo Andres Baos; VELASCO, Sandra Morales. Algas asociadas a un manglar en el pacifico colombiano. Municipio de Buenaventura-Valle del Cauca. *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, v. 5, n. 2, p. 84-89, 2007.
- FARRAPEIRA, C. M. R. *et al.* Zonación vertical del macrobentos de sustratos sólidos del estuario del río Massangana, Bahía de Suape, Pernambuco, Brasil. *Biota Neotropica*, v. 9, n. 1, p. 87, 2009.
- FERNANDES, M.E.B. *et al.* Distribuição espacial das macroalgas associadas às florestas de mangue na península de Ajuruteua, Bragança - Pará. *Boletim Do Laboratório De Hidrobiologia*, 18:11-17. 2005.
- FONTES, Khey Albert Azevedo; LISBOA, Aycon Tinoco; CASTRO, Rones Dos Santos. Macroalgas aderidas em pneumatóforos de *Avicennia germinans* (L.) Stearn na praia de Boa Viagem, São José de Ribamar–Maranhão. *Acta Tecnológica*, v. 11, n. 1, p. 33-45, 2017.
- FONTES, Khey Albert Azevedo; PEREIRA, Sonia Maria Barreto; ZICKEL, Carmen Silvia. Macroalgas do “Bostrychietum” aderido em pneumatóforos de duas áreas de

- manguezal do Estado de Pernambuco, Brasil. Iheringia. Série Botânica., v. 62, n. 1/2, p. 31-38, 2007a.
- FONTES, Khey Albert Azevedo; PEREIRA, Sonia Maria Barreto. Biomassa e frequência das macroalgas aderidas em pneumatóforos de *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman no manguezal De Vila Velha, Itamaracá, PE. Ecology, v. 85, p. 177-190, 2007b.
- FORTES, A. C. M. Estudo taxonômico e aspectos ecológicos das Rhodophyta no manguezal da ilha de Santos (complexo estuarino Piauí-Fundo-Real, Sergipe). Dissertation, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1992.
- FRANCESCHINI, Iara Maria et al. Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica. Artmed Editora, 2009.
- GARCIA, Abel Furlan et al. Macrofauna associada à comunidade Bostrychietum em diferentes ambientes no litoral norte de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2013.
- GARCIA, Abel Furlan; BUENO, Marília; LEITE, Fosca Pedini Pereira. The Bostrychietum community of pneumatophores in Araçá Bay: an analysis of the diversity of macrofauna. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, v. 96, n. 8, p. 1617-1624, 2016.
- HADLICH, Rosany Marly. Contribuição ao levantamento taxonômico das algas marinhas bentônicas do mangue do Itacorubi-Florianópolis-Ilha de Santa Catarina-Brasil. I-Chlorophyta. INSULA Revista de Botânica, v. 14, p. 121, 1984.
- HADLICH, Rosani Marly; BOUZON, Zenilda Laurita. Contribuição ao levantamento taxonômico das algas marinhas bentônicas do mangue do Itacorubi-Florianópolis-Ilha de Santa Catarina-Brasil-II Rhodophyta. INSULA Revista de Botânica, v. 15, p. 89, 1985.
- ICM-BIO, Atlas dos Manguezais do Brasil / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. – Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 176 p.: il, ISBN 978-85-61842-75-8, 2018.
- KANO, Cecilia Hissami et al. *Caloglossa* species diversity (Delesseriaceae, Rhodophyta) based on morphology and DNA data with emphasis on southeastern Brazil. Brazilian Journal of Botany, v. 40, n. 2, p. 551-564, 2017.
- KAMER, Krista; FONG, Peggy. A fluctuating salinity regime mitigates the negative effects of reduced salinity on the estuarine macroalga, *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, v. 254, n. 1, p. 53-69, 2000.
- KARSTEN, Ulf et al. Physiological ecotypes in the marine alga *Bostrychia radicans* (CERAMIALES, RHODOPHYTA) from the east coast of the USA 1. Journal of Phycology, v. 30, n. 2, p. 174-182, 1994.

- KING, R. J.; PUTTOCK, C. F. Macroalgae associated with mangroves in Australia: Rhodophyta. *Botanica marina*, v. 37, n. 3, p. 181-192, 1994.
- LAMPARELLI, Claudia Condé *et al.* Structure And Productivity In A Mangrove Forest In Bertioga Region Of Southern Brazil, 2000.
- LUGO, Ariel E.; SNEDAKER, Samuel C. The ecology of mangroves. *Annual review of ecology and systematics*, v. 5, n. 1, p. 39-64, 1974.
- MATTEUCCI, S. D., & Colma, A. Metodología para el estudio de la vegetación (No.581.5 MAT). Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y tecnológico, 1982.
- MACHADO, Gisa Eneida M.; NASSAR, Cristina AG. Assembléia de macroalgas de dois manguezais do Núcleo Picinguaba—Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, Brasil. *Rodriguésia*, p. 835-846, 2007.
- MELVILLE, Felicity; PULKOWNIK, Alex. Seasonal and spatial variation in the distribution of mangrove macroalgae in the Clyde River, Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 71, n. 3-4, p. 683-690, 2007.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. Biodiversidade, Zona costeira e Marinha - Manguezais. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/zona-costeira-e-marinha/manguezais>. Acesso em 24 de abril 2018.
- NASSAR, C., 2012. Macroalgas marinhas do Brasil: guia de campo das principais espécies. Technical Books Editora.
- OLIVEIRA, E. C. Brazilian mangal vegetation with special emphasis on the seaweeds. *Hydrobiology of the mangal*, p. 55-65, 1984.
- RODRIGUES, Fabiola de Oliveira et al. Manguezais da Baixada Santista: uma proposta para classificação. In: Manguezais da Baixada Santista: uma proposta para classificação. Cetesb, 1990.
- PEÑA-SALAMANCA, Enrique. El complejo Bostrychietum: la flora de algas asociadas a las raíces del manglar en la costa pacífica colombiana. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, v. 41, n. 160, p. 338-348, 2017.
- POST, E. 1938. Weitere Daten Zur Verbreitung des Bostrychietum II. *Hedwigia* 78: 202-215.
- POST, Erika. Zur Verbreitungs-Ökologie des Bostrychietum. *Hydrobiologia*, v. 31, n. 2, p. 241-316, 1968.
- SABESP, 2015. ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - EIA. Obras de Aproveitamento da Bacia do Rio Itapanhaú para Abastecimento da RMSP Processo IMPACTO 166/15, Volume I-Textos. Tomo 1 - Capítulos 1 a 5. Prime Engenharia

- SANTOS, A. L. G.; FURLAN, S. A. Manguezais da Baixada Santista, São Paulo-Brasil: uma bibliografia. VI Seminário Latino-americano de Geografia Física. Disponível em: [http://www. uc. pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema3/ana_lucia](http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema3/ana_lucia), 2010.
- SCHAEFFER-NOVELLI Y. Manguezais brasileiros. Professorial Thesis. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 42.2, 1991.
- SCHMIEGELOW, João Marcos Miragaia. Manguezais do sistema estuarino de Santos (SP): Estrutura e produção de Serapilheira. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2009
- SCHMIEGELOW, João Marcos Miragaia; GIANESELLA, Sônia Maria Flores. Absence of zonation in a mangrove forest in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 62, n. 2, p. 117-131, 2014.
- SENA, F.S.D. Diversidade de espécies de macroalgas associadas ao Manguezal da Ilha Barnabé, Baixada Santista, SP, Brasil, com base em DNA Barcode. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 2016.
- SENA, Fernando Santos et al. Macroalgal community of pneumatophores in a mangrove of Barnabé Island (Baixada Santista), SP, Brazil: preliminary analysis. *Communications in Plant Sciences (2237-4027)* volume 2, issues 3-4, p.149-151, 2012
- SYSTAT SOFTWARE, I. SYSTAT 11. 2004.
- STEINKE, T. D. et al. The distribution of algae epiphytic on pneumatophores of the mangrove, *Avicennia marina*, at different salinities in the Kosi System. *South African journal of botany*, v. 69, n. 4, p. 546-554, 2003.
- WYNNE, Michael J. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: fourth revision. 2017.
- YOKOYA, NAIR S. et al. Temporal and spatial variations in the structure of macroalgal communities associated with mangrove trees of Ilha do Cardoso, São Paulo state, Brazil. *Brazilian journal of botany*, v. 22, n. 2, p. 195-204, 1999.
- ZAR, J. H. *Biostatistical analysis*, 5th. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, v. 1, p. 389-94, 2010.
- ZUCCARELLO, Giuseppe C. et al. Genetic diversity of the mangrove-associated alga *Bostrychia radicans/Bostrychia moritziana* (Ceramiales, Rhodophyta) from southern Central America. *Phycological research*, v. 59, n. 2, p. 98-104, 2011.

ARTIGO SUBMETIDO

Occurrence of benthic macroalgae in two mangrove forests in a subtropical estuary

Edineia Farraboti¹; João M. M. Schmiegelow¹; Nair S. Yokoya²; Miguel Petrere Junior¹

¹Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas Costeiros e Marinheiros, Rua Oswaldo Cruz, 277 (Boqueirão), 11045-907 Santos, SP, Brazil.

²Instituto de Botânica, Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo, Av. Miguel Estéfano, 3687, CEP 04301-012, São Paulo, SP, Brazil.

Corresponding author: farraboti@hotmail.com

Abstract

The algae community in a mangrove has great ecological importance. These organisms exhibit adaptations and resistance to a wide salinity range and desiccation, which may influence the composition of mangrove phytoflora. We carried out two surveys in February and August 2017. We conducted both in two mangrove forests on the Itapanhaú River in Bertioga, São Paulo, SE - Brazil, where two 250m transects, Transect A and Transect B (TA and TB) were set. TA was upstream river and TB near its mouth. The two transects were divided into four sampling sites, one in the mangrove fringe, two intermediaries and one in the final portion, close to the mainland. At each sampling site, benthic macroalgae adhered to the pneumatophore, stem and ground substrates were collected. We detected 12 taxa, being eight *Rhodophyta* and four *Chlorophyta*. The results showed that *Rhodophyta* predominated in T.A where the salinity is numerically smaller than TB where *Chlorophyta* was commoner.

Keywords – Itapanhaú River; Macroalgae; Bostrychietum; Rhodophyta; Chlorophyta.

Introduction

The mangrove is a highly productive ecosystem, located in tropical and subtropical estuarine areas in the world (LUGO & SNEDAKER, 1974). This habitat has a great ecological value for providing environmental services, as well as shelter enhancing survival and breeding conditions for many animal and plant species (SCHAEFFER-NOVELLI, 1991).

Trunks and roots of the mangrove vegetation represent a stable substrate, where benthic algae adhere (COELHO et al., 2004; COLPO et al., 2004). Like all photosynthetic organisms, macroalgae play a key role in the mangrove as they contribute to its primary production (BURKHOLDER & ALMODOVAR, 1973; FORTES, 1992; KAMER & FONG, 2000).

The macroalgae assemblages constitute the Bostrychietum, composed mainly by the genera *Bostrychia*, *Catenella* and *Caloglossa* (POST, 1968). Another association, which occurs in mangroves, is constituted by macroalgae of the Phylum Chlorophyta. Usually these algae are associated to the Bostrychietum, or forming a tangle of algae on the ground. The species that predominate in this association belong to the genus *Rhizoclonium*, *Boodleopsis* and *Cladophoropsis* (HADLICH, 1984).

We carried out the present study in two mangrove forests on the banks of the Itapanhaú River, which is in danger of transposition with the reversion of its waters to supply the Metropolitan Area of São Paulo. The flow reduction might shift the transition zone between the Restinga and Mangrove sectors two to three kilometers upstream (SABESP, 2015).

There are few studies characterizing the occurrence of benthic macroalgae in mangroves. This paper lists the algae community species in this fragile habitat.

Material and methods

The study area is the mangrove of the Itapanhaú River, in the municipality of Bertioga - SP. The site has a tropical and humid climate; the average annual rainfall for the region is 2,689 mm, with an average temperature of 22.4°C (climate-data.org).

We established two transects (TA and TB) in two mangrove forests. We placed transection A upstream Itapanhaú River at the border of the mangrove area, 7km from Transect B, located near the mouth of the river, 500m from the Bertioga Canal (Figure 1).

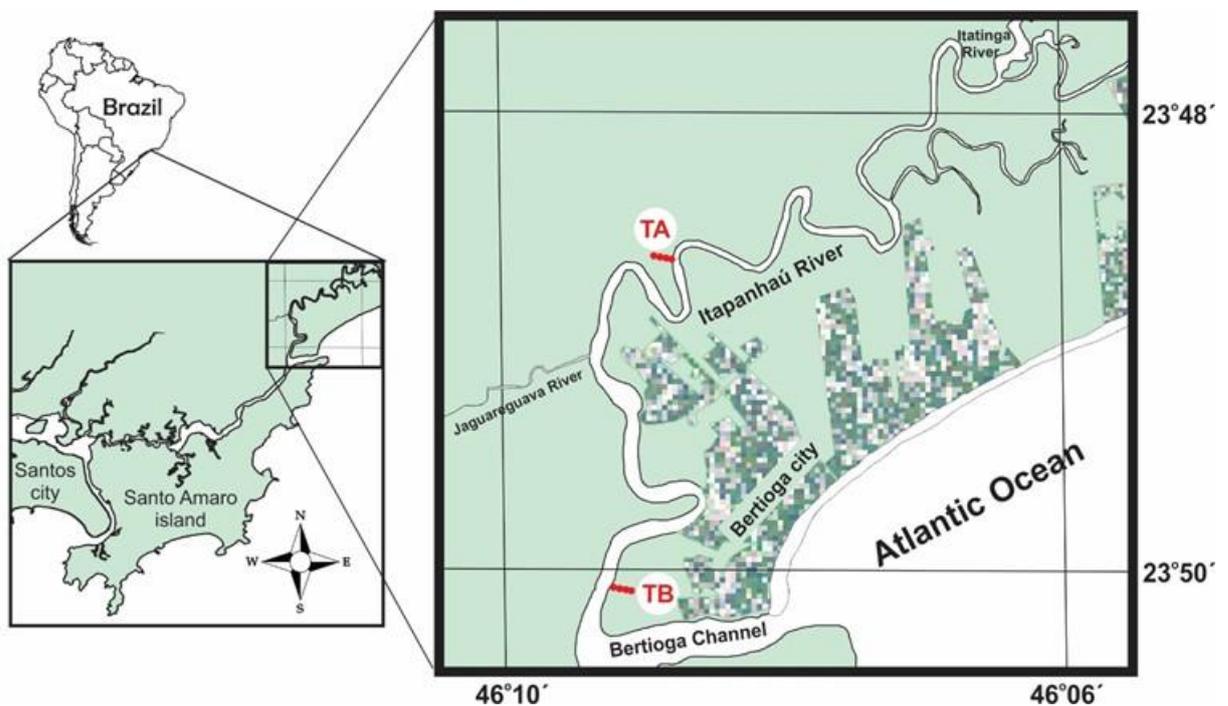


Figure 1. Map of Brazil, the municipality Bertioga in state of São Paulo. Sampled sites: Transect A (TA), upstream and Transect B (TB) downstream Itapanhaú River.

The two transects have a total length of 250m from the river bank, divided into four sites

equidistant 80m from each other, one in the mangrove fringe 10m from the margin, two intermediate points and the last at the end portion of the mangrove near the restinga area (Table 1).

The sites for TA are named A1, A2, A3 and A4 and as B1, B2, B3 and B4 for T.B. In each place a total area of 314m² was established. The collections occurred in February and August 2017 (austral summer/rainy and winter/dry periods respectively).

Table 7. Sampling sites geographical coordinates and its distance from the river.

Transect	Local	Latitud	Longitud	Distance from the river margin (m)
A	A1	23°48'56"S	46°08'46"W	10
	A2	23°48'56"S	46°08'49"W	90
	A3	23°48'55"S	46°08'52"W	170
	A4	23°48'55"S	46°08'54"W	250
B	B1	23°51'09"S	46°09'12"W	10
	B2	23°51'09"S	46°09'09"W	90
	B3	23°51'10"S	46°09'06"W	170
	B4	23°51'11"S	46°09'04"W	250

Datum WGS 84

We randomly collected the algae from three substrates: pneumatophore, stem and ground, by scraping the substrate. In the laboratory, we fixed the material in formalin diluted in 4% seawater. Afterwards we washed the algae and identified them in a stereomicroscope at species level (CORDEIRO-MARINO, 1978; HADLICH, 1984; HADLICH, 1985; NASSAR, 2012; SENA, 2016). The validation of scientific nomenclature data followed Wynne (2017). One may consult the specimens of the identified taxa in the Herbarium of the Botany Institute of São Paulo.

Results

We collected twelve species of benthic macroalgae in the Itapanhaú River mangrove. Among these, eight are Rhodophyta: *Bostrychia calliptera* (Montagne) Montagne; *Bostrychia montagnei* Harvey; *Bostrychia radicans* f. *radicans* (Montagne) Montagne; *Bostrychia moritziana* (Sond. ex Kütz.) J. Agardh; *Caloglossa ogasawaraensis* Okamura; *Caloglossa confusa* Kravesky, J.A. West & M. Kamiya; *Catenella caespitosa* (Withering) L. Irvine e *Vertebrata foetidissima* (Cocks ex Bornet) Díaz-Tapia & Maggs (DÍAZ-TAPIA *et al.*, 2017)

and four are Chlorophyta: *Boodleopsis pusilla* (Collins); *Cladophoropsis membranacea* (C. Agardh) Børgesen; *Pseudorhizoclonium africanum* (Kützinger) Boedeker; *Rhizoclonium riparium* (Roth) Harvey); the occurrence of macroalgae in transects is shown in Table 2.

Table 2. Occurrence of macroalgal species identified in Transect A and B (TA, TB) in the mangrove of the Itapanhaú River during the rainy and dry periods

SPECIES	RAINY		DRY	
	T. A	T. B	T. A	T. B
PHYLUM RHODOPHYTA				
Order Ceramiales				
Family Rhodomelaceae				
<i>Bostrychia calliptera</i>	*	*	*	*
<i>Bostrychia montagnei</i>		*		*
<i>Bostrychia moritziana</i>		*	*	
<i>Bostrychia radicans</i> f. <i>radicans</i>	*	*	*	*
<i>Vertebrata foetidissima</i>				*
Family Delesseriaceae				
<i>Caloglossa confusa</i>	*		*	
<i>Caloglossa ogasawaraensis</i>	*		*	*
Order Gigartinales				
Family Caulacanthaceae				
<i>Catenella caespitosa</i>	*		*	
PHYLUM CHLOROPHYTA				
Order Bryopsidales				
Family Udoteaceae				
<i>Boodleopsis pusilla</i>		*	*	*
Order Cladophorales				
Family Boodleaceae				
<i>Cladophoropsis membranacea</i>		*	*	*
Order Cladophorales				
Family Cladophoraceae				
<i>Pseudorhizoclonium africanum</i>	*	*	*	*
<i>Rhizoclonium riparium</i>	*	*	*	*

The Bostrychietum community, formed by the genera *Bostrychia*, *Catenella* and *Caloglossa*, predominated in the covering of the pneumatophore and stem substrates in the rainy and dry periods and occurred at all points of collection in TA; in the ground substrate there was no occurrence of Bostrychietum in any of the transects in the two seasons. Also in the ground substrate, the occurrence of just *B. radicans* specimen was observed in small quantities associated to the Chlorophyta species during the rainy and dry periods.

We collected small amounts of green algae of the genus *Rhizoclonium* and *Pseudorhizoclonium* associated with Bostrychietum and adhered to stem and pneumatophore substrates in TA in both periods.

The genera *Boodleopsis*, *Cladophoropsis*, *Rhizoclonium* and *Pseudorhizoclonium* predominated in the ground, stem and pneumatophore substrates in TB in the rainy and dry periods.

We detected a higher occurrence of the *B. calliptera*, *B. radicans*, *P. africanum* and *R. riparium* species in the Itapanhaú River mangrove in the rainy and dry periods in the TA and TB. *V. foetidissima* was only found at B2 in the dry period.

Tables 3 and 4 present the occurrence of red algae and green algae classified by substrate, in the four regions of Transects A and B in the summer and winter, highlighting the higher occurrence of Rhodophyta in Transect A and higher occurrence of Chlorophyta in Transect B.

Table 3. Occurrence of the species collected in the mangrove of the Itapanhaú River in the rainy period. The colors in the table represent different genera: those of reddish color are the genera of *Rhodophyta* and greenish the genera *Chlorophyta*.

TRANSECT A			TRANSECT B			
	Pneumatophore	Stem	Ground	Pneumatophore	Stem	Ground
1	<i>B. radicans</i>	<i>B. radicans</i>		<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>
	<i>B. calliptera</i>	<i>B. calliptera</i>		<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>
	<i>C. caespitosa</i>	<i>C. caespitosa</i>		<i>R. riparium</i>	<i>P. africanum</i>	<i>R. riparium</i>
		<i>C. ogasawaraensis</i>			<i>B. radicans</i>	
		<i>R. riparium</i>			<i>B. calliptera</i>	
				<i>B. montagnei</i>		
2	<i>B. radicans</i>	<i>B. radicans</i>		<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>
	<i>B. calliptera</i>	<i>B. calliptera</i>		<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>
	<i>C. caespitosa</i>	<i>C. caespitosa</i>		<i>R. riparium</i>	<i>R. riparium</i>	<i>R. riparium</i>
	<i>C. ogasawaraensis</i>				<i>P. africanum</i>	
	<i>P. africanum</i>					
3	<i>B. radicans</i>	<i>B. radicans</i>		<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>
	<i>B. calliptera</i>	<i>B. calliptera</i>		<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>
	<i>C. caespitosa</i>	<i>C. caespitosa</i>		<i>R. riparium</i>	<i>P. africanum</i>	
	<i>C. ogasawaraensis</i>	<i>C. ogasawaraensis</i>		<i>P. africanum</i>	<i>B. radicans</i>	
	<i>R. riparium</i>	<i>R. riparium</i>			<i>B. moritziana</i>	
		<i>P. africanum</i>				
4	<i>B. radicans</i>	<i>B. radicans</i>		<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>
	<i>B. calliptera</i>	<i>B. calliptera</i>		<i>R. riparium</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>
	<i>C. caespitosa</i>	<i>C. caespitosa</i>			<i>P. africanum</i>	<i>B. radicans</i>
	<i>C. ogasawaraensis</i>					
	<i>Caloglossa sp.</i>					

Table 4. Occurrence of the species collected in the mangrove of the Itapanhaú River in the dry period. The colors in the table represent different genera: those of reddish color are the genera of Rhodophyta and greenish the genera Chlorophyta.

TRANSECT A			TRANSECT B			
	Pneumatophore	Stem	Ground	Pneumatophore	Stem	Ground
1	<i>B. radicans</i>	<i>B. radicans</i>		<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>
	<i>B. calliptera</i>	<i>B. calliptera</i>		<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>
	<i>C. caespitosa</i>	<i>C. caespitosa</i>		<i>R. riparium</i>	<i>B. montagnei</i>	
	<i>R. riparium</i>			<i>P. africanum</i>	<i>B. calliptera</i>	
2	<i>B. radicans</i>	<i>B. radicans</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>
	<i>B. calliptera</i>	<i>B. calliptera</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>
	<i>C. caespitosa</i>	<i>B. moritziana</i>	<i>P. africanum</i>	<i>B. montagnei</i>	<i>R. riparium</i>	
	<i>C. ogasawaraensis</i>	<i>C. caespitosa</i>		<i>B. radicans</i>	<i>B. radicans</i>	
	<i>C. confusa</i>	<i>R. riparium</i>		<i>V. foetidissima</i>	<i>B. calliptera</i>	
	<i>P. africanum</i>				<i>C. ogasawaraensis</i>	
3	<i>B. radicans</i>	<i>B. radicans</i>		<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>
	<i>C. caespitosa</i>	<i>B. moritziana</i>		<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>
	<i>B. calliptera</i>	<i>B. calliptera</i>		<i>B. montagnei</i>	<i>R. riparium</i>	<i>B. radicans</i>
	<i>C. ogasawaraensis</i>	<i>C. apomeiotica</i>		<i>C. ogasawaraensis</i>	<i>B. calliptera</i>	
	<i>C. confusa</i>	<i>C. confusa</i>				
	<i>P. africanum</i>	<i>P. africanum</i>				
	<i>B. pusilla</i>					
	<i>R. riparium</i>					
4	<i>B. radicans</i>	<i>B. radicans</i>		<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>	<i>B. pusilla</i>
	<i>B. calliptera</i>	<i>B. calliptera</i>		<i>P. africanum</i>	<i>C. membranacea</i>	<i>C. membranacea</i>
	<i>C. caespitosa</i>	<i>C. caespitosa</i>		<i>R. riparium</i>	<i>R. riparium</i>	<i>P. africanum</i>
	<i>C. ogasawaraensis</i>				<i>B. calliptera</i>	

The figure 2 highlights the general appearance of the benthic algae identified in the two mangrove forests of the Itapanhaú River.

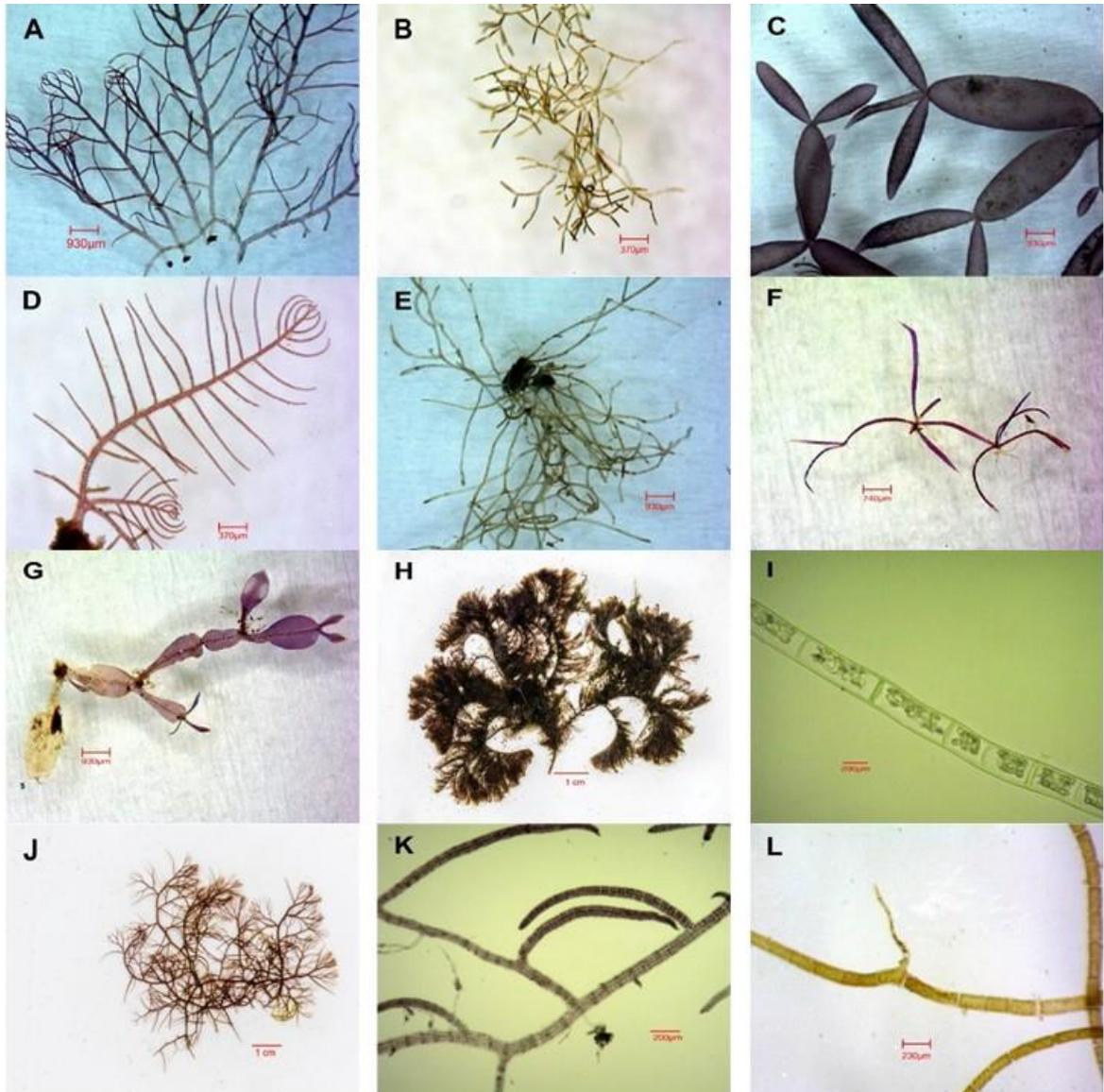


Figure 2. Benthonic macroalgae in the Itapanhaú River mangrove, Bertioga - SP. General aspect A- *Bostrychia radicans*; B- *Boodleopsis pusilla*; C- *Catenella caespitosa*; D- *Bostrychia calliptera*; E- *Cladophoropsis membranacea*; F- *Caloglossa ogasawaraensis*; G- *Caloglossa confusa*; H- *Bostrychia montagnei*; I- *Rhizoclonium riparium*; J- *Bostrychia moritziana*; K- *Vertebrata foetidissima*; L- *Pseudorhizoclonium africanum*. Photographs taken by E. Farraboti

Discussion

The number of taxa identified in the Itapanhaú River mangrove was expected for this region and presented similar composition to other mangroves of the Brazilian southeast according to Eston (1991); Yokoya et al. (1999); Machado & Nassar (2007) and Sena (2016). The mangroves of the state of São Paulo coast occur in estuarine habitats with muddy substratum, high water turbidity and wide variations of salinity, presenting low diversity of wide macroalgae species (OLIVEIRA, 1984). These factors influence the composition and diversity of the algal assembly in this habitat.

The occurrence of the species identified in this study shows similarity in composition compared to other localities. In Barnabe Island, in Santos (SP), Sena et al. (2016) recorded the occurrence of 15 taxa. The species list described in a mangrove in Ubatuba, SP showed similar richness, where Machado & Nassar, (2007) identified 13 species of algae. In the Cardoso Island, SP Yokoya et al. (1999) found 18 macroalgae taxa in the mangrove. Fontes et al. (2017) reported similar composition at Boa Viagem Beach in S. José de Ribamar, MA, with nine species described. In São Luiz do Maranhão, MA Cutrim (1998) identified 19 species.

In mangroves, *Bostrychietum* is fixed to the trunk, root and pneumatophore (POST, 1938; POST, 1968; YOKOYA et al., 1999). This association predominated in pneumatophore and stem. Melville & Pulkownik, 2007; Fontes et al., 2007; Garcia et al., 2016; also described algae adhering to pneumatophores, with *Bostrychia* and *Catenella* predominating.

Rhodophyta occurred at all collection points in TA in the summer and winter. In TB, the predominant macroalgae association consists of *Chlorophyta*. Among the red algae, there was a predominance of the genus *Bostrychia* in this transection, with *B. radicans*, *B. calliptera* and *B. montagnei*. *B. radicans* is frequently cited as a species that shows high resistance to variations in salinity (CUNHA & COSTA, 2002). In the Colombian Pacific coast, Estupiñan & Velasco (2007) concluded that in relation to the abundance in the *Bostrychietum* community, the genus *Bostrychia* presents a greater coverage in relation to *Catenella* and *Caloglossa* presenting the lowest coverage values, evidencing the eurihaline characteristic of *Bostrychia*, which can tolerate drastic salinity changes over short periods of time. The abundance of the genus *Bostrychia* also presented greater coverage in the mangrove of the Itapanhaú River.

We observed in the present study, a difference in the qualitative composition of the algae species when comparing the two transections. In the rainy and dry season red algae predominate in TA upstream, while green algae predominate in Transection B, near the river mouth. Salinity variation may influence this difference in the two forests, since the two transects present

different salinities due to their location along the river.

Acknowledgements

To Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) by granting a master's degree to the first author. UNISANTA - PPGECOMAR that provided all the material and infrastructure needed to plan and carry out this project. To the Instituto de Botânica - Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo, where the samples were identified. For the reviewers for the contributions to this manuscript. To the Parque Estadual Restinga de Bertioxa and Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Centro.

Authors' Contribution

All the authors contributed to the idealization and accomplishment of this project. EF and JMMS participated in the field collection and were responsible for the sample design. EF and NSY made the identification of algae. EF and MPJ drafted the text. Everyone participated in the review of the article.

References

- Burkholder PR, Almodóvar LR (1973) Studies on mangrove algal communities in Puerto Rico. *Florida Scientist*, 66-74.
- Coelho PA, Tenório DO, Ramos-Porto M, & Mello RLS (2004) A fauna bêntica do Estado de Pernambuco. *Oceanografia: um cenário tropical* (E. Eskinazi-Leça, S. Neumann-Leitão & MF Costa, eds.). *Bagaçó*, Recife, 477-528.
- Colpo KD, Negreiros-Fransozo ML (2004) Comparison of the population structure of the fiddler crab *Uca vocator* (Herbst, 1804) from three subtropical mangrove forests. *Scientia Marina*, 139-146.
- Cordeiro-Marino M (1978) Rodofíceas Bentônicas Marinhas do Estado de Santa Catarina. *Rickia - Arquivos de Botânica do Estado de São Paulo, Série Criptogâmica*, 7.
- Climate-Data.org (2018) Dados climáticos para cidades mundiais. <https://pt.climate-data.org/location/34769>. Accessed on: 2018-01-20.
- Cunha SR, Costa CS (2002) Gradientes de salinidade e frequência de alagamento como determinantes da distribuição e biomassa de macroalgas associadas a troncos de manguezais na Baía de Babitonga, SC. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 6 (1): 93-102.
- Cutrim, MVJ (1998) Distribuição espaço-temporal de macroalgas em troncos e pneumatóforos de *Avicennia germinans* (L.) Stearn em duas áreas de mangues da ilha de São Luís-MA. Brasil.

Doctoral Thesis, Universidade Federal do Maranhão, MA.

Díaz-Tapia P, McIvor L, Freshwater DW, Verbruggen H, Wynne MJ, & Maggs CA (2017) The genera *Melanothamnus* Bornet & Falkenberg and *Vertebrata* SF Gray constitute well-defined clades of the red algal tribe Polysiphonieae (Rhodomelaceae, Ceramiales). *European Journal of Phycology*, 52 (1): 1-30. <https://doi.org/10.1080/09670262.2016.1256436>

Eia Rima, Estudo de Impacto Ambiental (2015). Obras de Aproveitamento da Bacia do Rio Itapanhaú para Abastecimento da RMSP Processo IMPACTO 166/15, Volume I-Textos. Tomo 1 - Capítulos 1 a 5. Prime Engenharia.

Eston VR, Yokoya NS, Fujii MT, Braga MRA, Plastino EM, Cordeiro-Marino M (1991) Mangrove macroalgae in southeastern Brazil: spatial and temporal patterns. *Revista Brasileira de Biologia*, 51 (4): 829-837.

Estupiñan RAB, Velasco SM (2007). Algas asociadas a un manglar en el pacifico colombiano. Municipio de Buenaventura-Valle del Cauca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 5 (2): 84-89.

Fontes KAA, Lisboa AT, Castro RS (2017) Macroalgas aderidas em pneumatóforos de *Avicennia germinans* (L.) Stearn na praia de Boa Viagem, São José de Ribamar–Maranhão. *Acta Tecnológica*, 11 (1): 33-45.

Fontes KAA, Pereira SMB, Zickel CS (2007) Macroalgas do “Bostrychietum” aderido em pneumatóforos de duas áreas de manguezal do Estado de Pernambuco, Brasil. *Iheringia. Série Botânica*, 62 (1/2): 31-38.

Fortes ACM (1992) Estudo taxonômico e aspectos ecológicos das Rhodophyta no manguezal da ilha de Santos (complexo estuarino Piauí-Fundo-Real, Sergipe). Master Dissertation, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 194p.

Garcia AF, Bueno M, Leite FPP (2016) The Bostrychietum community of pneumatophores in Araçá Bay: an analysis of the diversity of macrofauna. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 96 (8): 1617-1624. <https://doi.org/10.1017/S0025315415001964>

Hadlich RM (1984) Contribuição ao levantamento taxonômico das algas marinhas bentônicas do mangue do Itacorubi-Florianópolis-Ilha de Santa Catarina-Brasil. I-Chlorophyta. *INSULA Revista de Botânica*, 14: 121.

Hadlich RM, Bouzon ZL (1985) Contribuição ao levantamento taxonômico das algas marinhas bentônicas do mangue do Itacorubi-Florianópolis-Ilha de Santa Catarina-Brasil–II Rhodophyta. *INSULA Revista de Botânica*, 15: 89.

Kamer K, Fong P (2000) A fluctuating salinity regime mitigates the negative effects of reduced salinity on the estuarine macroalga, *Enteromorpha intestinalis* (L.) link. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 254 (1): 53-69.

Lugo AE, Snedaker SC (1974) The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5(1): 39-64.

Machado GEM, Nassar CAG (2007) Assembleia de macroalgas de dois manguezais do Núcleo Picinguaba - Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, Brasil. *Rodriguésia*, 58 (4): 835-846.

Melville F, Pulkownik A (2007) Seasonal and spatial variation in the distribution of mangrove macroalgae in the Clyde River, Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71 (3-4): 683-690.

Nassar C (2012) Macroalgas marinhas do Brasil: guia de campo das principais espécies. Technical Books Editora.

Oliveira EC (1984) Brazilian mangal vegetation with special emphasis on the seaweeds. *Hydrobiology of the mangal*, 55-65p.

Post E (1938) Weitere Daten Zur Verbreitung des Bostrychietum II. *Hedwigia* 78: 202-215.

Post E (1968) Zur Verbreitungs-Ökologie des Bostrychietum. *Hydrobiologia*, 31 (2): 241-316.

Schaeffer-Novelli Y (1991). Manguezais brasileiros. Professorial Thesis. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, SP, 42: 2.

Sena FSD (2016) Diversidade de espécies de macroalgas associadas ao Manguezal da Ilha Barnabé, Baixada Santista, SP, Brasil, com base em DNA Barcode. Master Dissertation, Universidade de São Paulo, SP.

Yokoya NS, Plastino EM, Braga M, Rosário A, Fujii MT, Cordeiro-Marino M, Harari J (1999) Temporal and spatial variations in the structure of macroalgal communities associated with mangrove trees of Ilha do Cardoso, São Paulo state, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 22 (2): 195-204.

Wynne MJ (2017) A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: fourth revision. *Nova Hedwigia*, 145: 1-202.